

MARÍLIA P. CASTRO CID

**DA APRENDIZAGEM DOS ALUNOS
À CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO DO
PROFESSOR DE BIOLOGIA
*UM ESTUDO NO ÂMBITO DA GENÉTICA***

ORIENTAÇÃO DO PROF. DOUTOR ANTÓNIO JOSÉ DOS SANTOS NETO

Esta tese não inclui as críticas e sugestões feitas pelo júri

UNIVERSIDADE DE ÉVORA
2004

MARÍLIA P. CASTRO CID

**DA APRENDIZAGEM DOS ALUNOS
À CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO DO
PROFESSOR DE BIOLOGIA
*UM ESTUDO NO ÂMBITO DA GENÉTICA***

ORIENTAÇÃO DO PROF. DOUTOR ANTÓNIO JOSÉ DOS SANTOS NETO

Tese apresentada à Universidade de Évora para obtenção do Grau de Doutor em
Ciências da Educação

Esta tese não inclui as críticas e sugestões feitas pelo júri

Co-financiamento do Fundo Social Europeu
Através do Concurso nº 4/5.3/PRODEP/2000



147 193



UNIVERSIDADE DE ÉVORA
2004

AGRADECIMENTOS

O percurso desenvolvido, para que a conclusão do trabalho que agora se apresenta fosse possível, foi longo e pautado por muitos momentos de desânimo e incerteza, mas também por períodos de grande entusiasmo e crescimento. Um caminho assim não se percorre sozinho. Sem o apoio dos que, de diferentes modos, estiveram sempre presentes, não teria sido possível dar resposta a tal desafio. Conscientes do valor do seu contributo, expressamos a nossa gratidão sincera a todos os que, com o seu saber, a sua amizade ou o seu apoio afectivo e material, participaram na concretização deste trabalho e que, como tal, dele constituem parte integrante. Pela sua importância, agradecemos em particular:

- Ao Professor Doutor António Neto, pelo seu saber e disponibilidade inesgotável, pelo abrir de caminhos, pela confiança, apoio e incentivo que sempre transmitiu e pela partilha solidária e desapegada da sua experiência profissional e humana.
- Ao Professor Doutor Vítor Trindade, que sempre me apoiou, pela sua amizade e responsabilidade no impulso e desenvolvimento de todo o meu percurso nesta universidade.
- Ao Professor Doutor Manuel Patrício, pelo seu contributo primordial para a forma de ser quem sou na profissão.
- Ao Luís Sebastião, pela amizade franca e pelo afecto com que sempre me quis premiar ao longo do caminho pessoal e académico já partilhado, e, enquanto actual Presidente do Conselho do Departamento de Pedagogia e Educação, pelas facilidades concedidas na criação das condições necessárias à realização deste trabalho.
- À Constança Machado, pelo seu apoio e pelos seus aconselhamentos lúcidos e pertinentes; à Ângela Balça, pelo incentivo e preocupação permanentes; à Adelaide Claudino, à Clarinda Pomar e ao Vítor Oliveira, pelas suas palavras amigas, em especial nas alturas mais críticas da realização deste estudo.

- A todos os outros colegas e amigos que, de diversas formas, contribuíram para a concretização deste trabalho e que não esqueço.
- À Comissão Executiva da Escola Secundária Severim de Faria, na pessoa do seu Presidente, Dr. Carlos Percheiro, por acolher e tornar possível a realização do trabalho de campo.
- Aos professores e alunos que participaram no estudo empírico, em especial à professora Teresa Horta, pela disponibilidade e entusiasmo com que respondeu ao desafio de trabalhar em parceria e pelo que contribuiu para enriquecer as propostas de investigação, na sua transposição para a prática da sala de aula.
- À minha família, em especial à minha mãe, ao meu marido, à minha filha e aos meus irmãos, pelo apoio incondicional e pelos momentos de menor disponibilidade física e afectiva.

À memória de meu tio David

À minha mãe

Ao Cid e à Catarina

RESUMO

A educação científica continua, hoje mais do que nunca, a merecer atenção especial, imersos que estamos na chamada era do conhecimento, grande parte do qual é de origem científica e tecnológica. A ciência escolar pode, nesse sentido, desempenhar um papel fundamental na promoção da *literacia científica* de todos os cidadãos, o que implica dar a conhecer a ciência, nas suas diversas dimensões – como produto, como processo e como empreendimento social –, a um vasto e heterogéneo público. Compreender alguns dos factores que podem influenciar o sucesso no alcance desses objectivos foi o principal móbil desta investigação.

Para isso, foram estudadas as dificuldades de aprendizagem dos alunos, utilizando como terreno de pesquisa a área específica da *genética*, visto os seus conceitos e problemas levantarem dificuldades de compreensão e funcionalidade particulares, por ser um tema recorrente na discussão pública e, ainda, pela sua importância no próprio edifício biológico. O conhecimento das principais dificuldades de aprendizagem e representações dos alunos num tópico específico é fundamental para a construção do *conhecimento pedagógico do conteúdo* correspondente, conhecimento que o professor usa para abordar os conteúdos a ensinar de uma forma compreensível para os alunos.

O estudo empírico desenvolveu-se em duas fases distintas. Na primeira, foram entrevistados alunos e professores (no âmbito da disciplina de Ciências da Terra e da Vida), cujas respostas, em confronto com a literatura, permitiram compreender algumas das dificuldades de aprendizagem dos alunos. Esta etapa visou, deste modo, criar o enquadramento conceptual necessário ao desenvolvimento da fase interventiva do estudo, a qual teve essencialmente por base a leccionação da unidade didáctica Hereditariedade, numa turma concreta do 11º ano de escolaridade, assegurada pela investigadora em colaboração com a professora titular da turma. A intervenção, realizada durante o terceiro período do ano lectivo 2001/2002, numa escola secundária de Évora, foi, do ponto de vista investigativo, sustentada por uma *aproximação ao estudo de caso e à investigação-acção*. A recolha de dados correspondente envolveu a elaboração de uma ficha de diagnóstico inicial e de um teste de pensamento lógico para caracterização do estado de partida dos alunos e o recurso a uma ficha de diagnóstico final e a um questionário de atitude para a caracterização do estado de chegada. Foram ainda entrevistados alunos da turma e a professora da mesma, para aprofundamento de questões estruturantes da pesquisa.

Da análise comparativa entre o estado de partida e o de chegada, pareceram emergir alguns indicadores de mudança nos alunos, tanto a nível conceptual como atitudinal. Os resultados obtidos reforçam, além disso, a evidência de que as dificuldades dos alunos em genética, recorrentemente referenciadas na literatura, assumem particular acuidade na compreensão do processo de resolução de problemas e na integração do conhecimento declarativo e processual. A percepção dos professores entrevistados relativamente a essas dificuldades pareceu, no entanto, ficar aquém das reais insuficiências evidenciadas pelos alunos no desempenho das tarefas.

Como implicações pedagógicas mais relevantes derivadas do estudo são de relevar as seguintes: a) o reconhecimento e a antecipação das dificuldades de aprendizagem dos alunos tem efeitos positivos nos processos de ensino e de aprendizagem; b) a mediação do professor é fundamental, sobretudo enquanto ajuda aos alunos na construção de uma estrutura conceptual coerente e na integração dos diferentes níveis de organização dos conceitos e processos em genética.

No que diz respeito à formação de professores, este tipo de investigação revelou inegáveis potencialidades na aproximação entre a investigação e a escola, contribuindo para a construção de uma sólida base de conhecimento do professor e para o seu envolvimento nas práticas investigativas.

PALAVRAS-CHAVE: *educação em ciências; complexidade; literacia científica; aprendizagem; dificuldade de aprendizagem; resolução de problemas; genética; motivação; metacognição; ensino da biologia; conhecimento pedagógico do conteúdo; didáctica das ciências.*

ÍNDICE GERAL

Índice de Quadros.....	xii
Índice de Figuras.....	xvii
INTRODUÇÃO.....	1
1. Enquadramento do Tema.....	2
2. Problemática da Investigação.....	10
3. Estrutura do Trabalho.....	12
CAPÍTULO I – DA CIÊNCIA À EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS.....	19
1. Ciência e Educação em Ciências.....	20
2. Educação e Literacia Científica: Consequências para o Currículo Escolar.....	26
3. Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ética.....	37
4. A Educação em Biologia.....	45
5. A Construção do Conhecimento da Ciência e a Construção do Conhecimento do Aluno: Fundamentos Epistemológicos e Psicológicos.....	50
5.1 – A Construção do Conhecimento Científico.....	51
5.2 - A Construção do Conhecimento Pessoal.....	56
CAPÍTULO II – A APRENDIZAGEM DAS CIÊNCIAS.....	62
1. Perspectivas da Aprendizagem Humana.....	63
2. Dimensões do Desenvolvimento Cognitivo.....	69
2.1. O Pensamento e a Linguagem.....	69
2.2. O Pensamento Lógico do Adolescente.....	73
2.3. A Importância dos Contextos.....	78
3. Conhecimentos Prévios dos Alunos e Aprendizagem de Novos Conteúdos.....	83
4. Concepções Alternativas e Mudança Conceptual.....	86
5. Factores Afectivos e Motivacionais.....	93
6. Os Estilos Cognitivos.....	99

7. A Dimensão Metacognitiva.....	105
8. Aprendizagem e Dificuldades de Aprendizagem em Biologia: o Caso Específico da Genética.....	114
CAPÍTULO III – RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM CIÊNCIAS.....	121
1. O Conceito de Problema.....	122
1.1. De Exercício a Problema.....	125
1.2. Tipos de Problemas.....	127
2. A Resolução de Problemas.....	129
2.1. A Resolução de Problemas como Competência Cognitiva.....	130
2.2. Resolução de Problemas Específicos.....	132
2.3. Modelos de Resolução de Problemas.....	135
2.4. Dimensão Afectiva da Resolução de Problemas.....	140
3. Resolução de Problemas e Aprendizagem das Ciências.....	143
3.1. Resolução de Problemas como Tarefas Investigativas.....	146
3.2. Resolução de Problemas em Biologia: o Caso Específico da Genética.....	149
3.3 Dificuldades na Resolução de Problemas.....	157
CAPÍTULO IV – DO CONHECIMENTO DO PROFESSOR À DIDÁCTICA DAS CIÊNCIAS.....	160
1. A Importância do Conhecimento do Professor.....	161
1.1. O Conhecimento Prático.....	165
1.2. O Conhecimento Pedagógico do Conteúdo.....	171
1.3. Desenvolvimento Profissional do Professor de Ciências.....	184
2. O Lugar da Didáctica das Ciências.....	191
2.1. Didáctica e Investigação.....	192
2.2. Didáctica e Formação Inicial.....	198
2.3. Didáctica e Desenvolvimento Profissional.....	202

CAPÍTULO V – METODOLOGIA.....	206
1. Pressupostos Metodológicos Gerais.....	207
2. Uma Aproximação ao Estudo de Caso e à Investigação-Acção.....	219
2.1. Estudo de Caso.....	219
2.2. Investigação-Acção.....	224
3. Desenho do Estudo.....	228
3.1. Fase Descritiva.....	229
3.2. Fase Interventiva.....	229
3.3. Linhas Orientadoras da Intervenção na Sala de Aula.....	230
4. Procedimentos Investigativos Empíricos.....	244
4.1. Recolha de Dados.....	244
4.2. Análise de Dados.....	253
CAPÍTULO VI – RESULTADOS.....	259
1. Entrevistas Prévias: Triangulação com a Literatura.....	261
1.1. Entrevistas a Alunos.....	261
1.2. Entrevistas a Professores.....	296
2. A Intervenção na Sala de Aula.....	310
2.1. Estado de Partida dos Alunos.....	310
2.2. Informação Recolhida ao Longo das Aulas.....	332
3. Entrevistas Pós-Intervenção.....	352
3.1. Entrevistas a Alunos.....	352
3.2. Entrevista à Professora da Turma da Intervenção.....	368
CAPÍTULO VII – DISCUSSÃO E CONCLUSÃO.....	375
1. O Percurso.....	376
2. Os Resultados e as suas Implicações.....	381
2.1. Fase Descritiva.....	381
2.2. Fase Interventiva.....	385
3. Um Regresso aos Fundamentos.....	395
4. As Limitações.....	400
5. Recomendações e o Futuro em Perspectiva.....	402

BIBLIOGRAFIA.....	406
ANEXOS.....	444
Anexo 1 – Materiais Usados nas Aulas (<i>exemplos</i>)	
Anexo 2 – Fichas de Diagnóstico (<i>inicial e final</i>)	
Anexo 3 – Teste de Pensamento Lógico	
Anexo 4 – Questionário de Atitude para com a Hereditariedade	
Anexo 5 – Guiões das Entrevistas Prévias (<i>de alunos e de professores</i>)	
Anexo 6 – Guiões das Entrevistas Pós-intervenção (<i>alunos e professora</i>)	
Anexo 7 – Protocolos Escritos de Entrevistas Prévias (<i>exemplos</i>)	
Anexo 8 – Protocolos Escritos de Entrevistas Pós-intervenção (<i>exemplos</i>)	
Anexo 9 – Modelo de Resolução de Problemas de Especialistas em Genética	

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1	— Representação esquemática da sequência didáctica.....	239
Quadro 2	— Esquemas operatórios presentes no Teste de Pensamento Lógico...	248
Quadro 3	— Chave de classificação utilizada no Teste de Pensamento Lógico...	249
Quadro 4	— Classificação dos alunos na disciplina de CTV- 11º ano.....	261
Quadro 5	— Opinião dos alunos sobre a disciplina.....	262
Quadro 6	— Grau de dificuldade nos tópicos de biologia.....	264
Quadro 7	— Dificuldades associadas pelos alunos à Hereditariedade.....	266
Quadro 8	— Tipo de actividades realizadas pelos alunos.....	267
Quadro 9	— Frequência das respostas à Questão 7.1. <i>Qual a localização dos cromossomas?</i>	270
Quadro 10	— Frequência das respostas à Questão 7.2. <i>Qual a constituição dos cromossomas?</i>	271
Quadro 11	— Frequência das respostas à Questão 7.3. <i>Qual a importância dos cromossomas?</i>	271
Quadro 12	— Frequência das respostas à Questão 8.1. <i>Qual a localização dos genes?</i>	272
Quadro 13	— Frequência das respostas à Questão 8.2. <i>Qual a constituição dos genes?</i>	273
Quadro 14	— Frequência das respostas à Questão 8.3. <i>Qual a importância dos genes?</i>	274
Quadro 15	— Frequência das respostas à Questão 9.1. <i>Mitose: Raciocínio relativo ao número de cromossomas nas células novas da pele.....</i>	275
Quadro 16	— Frequência das respostas à Questão 9.2. <i>Mitose: Raciocínio relativo ao ADN nas células novas da pele.....</i>	276
Quadro 17	— Frequência das respostas à Questão 9.3. <i>Mitose: Raciocínio relativo à informação genética nas células novas da pele.....</i>	278

Quadro 18	—	Frequência das respostas à Questão 9.4. <i>Mitose: Raciocínio relativo à informação genética nas células da pele, olho ou músculo no mesmo indivíduo</i>	279
Quadro 19	—	Frequência das respostas à Questão 10.1. <i>Meiose: Raciocínio relativo ao número de cromossomas nos gâmetas</i>	281
Quadro 20	—	Frequência das respostas à Questão 10.2. <i>Meiose: Raciocínio relativo à informação genética nos gâmetas</i>	282
Quadro 21	—	Frequência das respostas à Questão 10.3. <i>Meiose: Raciocínio relativo à informação genética nos gâmetas e nas células somáticas</i>	284
Quadro 22	—	Resposta à Questão 11.1. <i>Resolução de um problema de genética</i>	286
Quadro 23	—	Resposta à Questão 11.2. <i>Relação do problema de genética com os cromossomas</i>	288
Quadro 24	—	Resposta à Questão 11.3. <i>Número de cromossomas implicados no problema de genética</i>	288
Quadro 25	—	Resposta à Questão 11.4. <i>Esquema da relação cromossomas/símbolos usados no problema de genética</i>	289
Quadro 26	—	Resposta à Questão 11.5. <i>Noção de probabilidade na resolução do problema de genética</i>	290
Quadro 27	—	Resposta à pergunta 12.1. <i>Importância dos conhecimentos de genética para a vida em sociedade</i>	291
Quadro 28	—	Resposta à pergunta 12.2. <i>Noção de organismo transgénico</i>	292
Quadro 29	—	Resposta à pergunta 12.3. <i>Tomada de decisão perante uma questão social relativa à genética</i>	294
Quadro 30	—	Resposta à pergunta 12.4. <i>Preparação dos alunos para decisões que implicam conhecimentos de genética</i>	294
Quadro 31	—	Resposta à pergunta 12.5. <i>Sugestões dos alunos para uma melhor preparação para o futuro</i>	295

Quadro 32	—	Tópicos preferidos pelos alunos da turma.....	312
Quadro 33	—	Tópicos de que os alunos menos gostaram.....	312
Quadro 34	—	Respostas dos alunos à pergunta 4 <i>De que achas que trata a hereditariedade?</i>	314
Quadro 35	—	Respostas dos alunos à pergunta 5b <i>Onde achas que se localizam (os genes)?</i>	315
Quadro 36	—	Respostas dos alunos à pergunta 5c <i>De que são constituídos (os genes)?</i>	316
Quadro 37	—	Respostas dos alunos à pergunta 5d <i>Qual te parece ser a importância que os genes têm para os organismos?</i>	317
Quadro 38	—	Respostas dos alunos à pergunta 6d <i>Qual a sua importância (do ADN)?</i>	318
Quadro 39	—	Respostas dos alunos à pergunta 7a <i>No teu organismo, onde se localizam os cromossomas?</i>	319
Quadro 40	—	Respostas dos alunos à pergunta 7b <i>De que são constituídos (os cromossomas)?</i>	319
Quadro 41	—	Respostas dos alunos à pergunta 7c <i>Qual a importância dos cromossomas no organismo?</i>	320
Quadro 42	—	Respostas dos alunos à pergunta 8a <i>Mitose: raciocínio relativo ao número de cromossomas nas células novas da pele</i>	321
Quadro 43	—	Respostas dos alunos à pergunta 8b <i>Mitose: raciocínio relativo ao ADN nas células novas da pele</i>	322
Quadro 44	—	Respostas dos alunos à pergunta 8c <i>Mitose: raciocínio relativo à informação genética nas células novas da pele</i>	324
Quadro 45	—	Respostas dos alunos à pergunta 8d <i>Mitose: raciocínio relativo à informação genética nas células da pele, músculo ou pulmão</i>	325
Quadro 46	—	Respostas dos alunos à pergunta 9a <i>Meiose: Raciocínio relativo ao número de cromossomas nos gametas</i>	327

Quadro 47	—	Respostas dos alunos à pergunta 9b <i>Meiose: Raciocínio relativo à informação genética nos gâmetas</i>	328
Quadro 48	—	Respostas dos alunos à pergunta 9c <i>Meiose: Raciocínio relativo à informação genética nos gâmetas e nas célula somáticas</i>	329
Quadro 49	—	Exemplos de questões que os alunos podem colocar-se para resolver problemas.....	336
Quadro 50	—	Tópicos preferidos pelos alunos da turma.....	339
Quadro 51	—	Tópicos de que os alunos menos gostaram.....	339
Quadro 52	—	Respostas dos alunos à pergunta 4b <i>De que são constituídos (os genes)?</i>	341
Quadro 53	—	Respostas dos alunos à pergunta 4c <i>Qual a importância dos genes?</i>	342
Quadro 54	—	Respostas dos alunos à pergunta 5a <i>No teu organismo, onde se localizam os cromossomas?</i>	343
Quadro 55	—	Respostas dos alunos à pergunta 5b <i>De que são constituídos (os cromossomas)?</i>	344
Quadro 56	—	Respostas dos alunos à pergunta 5c <i>Qual a importância dos cromossomas no organismo?</i>	344
Quadro 57	—	Respostas dos alunos à pergunta 6a <i>Meiose: Raciocínio relativo ao número de cromossomas nos gâmetas</i>	346
Quadro 58	—	Respostas dos alunos à pergunta 6b <i>Meiose: Raciocínio relativo à informação genética nos gâmetas</i>	347
Quadro 59	—	Respostas dos alunos à pergunta 6c <i>Meiose: Raciocínio relativo à informação genética nos gâmetas e nas células somáticas</i>	348
Quadro 60	—	Correlações do Teste de Pensamento Lógico (TPL) com os testes de avaliação de conhecimentos realizados pelos alunos ao longo de todo o ano lectivo e sua significância.....	350
Quadro 61	—	Grau de dificuldade nos tópicos de biologia.....	353

Quadro 62	— Razões porque gostaram do tópico Hereditariedade.....	355
Quadro 63	— Razões porque gostaram das aulas de Hereditariedade.....	355
Quadro 64	— O mais difícil de compreender no tópico Hereditariedade.....	358
Quadro 65	— O mais difícil de compreender nos problemas de genética.....	359
Quadro 66	— O mais importante para se ter sucesso na resolução de problemas de genética.....	360
Quadro 67	— Razões por que não acertaram respostas no teste de avaliação.....	362
Quadro 68	— Resolução do problema de genética.....	364
Quadro 69	— Resposta à pergunta 7.3. <i>Esquema da relação cromossomas/</i> <i>/símbolos usados no problema de genética.....</i>	366
Quadro 70	— Resposta à pergunta 7.4. <i>Noção de probabilidade na resolução do</i> <i>problema de genética.....</i>	366
Quadro 71	— Respostas à pergunta 8 <i>O que te pareceu mais difícil neste</i> <i>problema?.....</i>	367

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	—	Categorias que contribuem para o conhecimento pedagógico do conteúdo (<i>adaptado de Morine-Dersheimer e Kent, 1999</i>).....	176
Figura 2	—	Modelo das relações entre os domínios do conhecimento do professor (<i>adaptado de Magnusson et al., 1999</i>).....	178
Figura 3	—	Domínios do conhecimento do professor (<i>adaptado de Carlsen, 1999</i>).....	182
Figura 4	—	Processo de reorganização contínua do conhecimento profissional (<i>adaptado de Porlán e Rivero, 1998</i>).....	188
Figura 5	—	Mapa de conceitos relativo ao desenvolvimento dos conteúdos conceptuais relacionados com a hereditariedade (<i>adaptado de Ayuso e Banet, 2002</i>).....	241
Figura 6	—	Opinião dos alunos sobre a disciplina de CTV numa escala de 7 (<i>Tenho gostado muito</i>) a 1 (<i>Não tenho gostado nada</i>).....	311
Figura 7	—	Expectativa dos alunos em relação ao tópico Hereditariedade numa escala de 7 (<i>Acho que vou gostar muito</i>) a 1 (<i>Acho que não vou gostar nada</i>).....	313
Figura 8	—	Opiniões iniciais e finais dos alunos sobre a disciplina de CTV numa escala de 7 (<i>Tenho gostado muito/Gostei muito</i>) a 1 (<i>Não tenho gostado nada/Não gostei nada</i>).....	338
Figura 9	—	Expectativas iniciais e opiniões finais dos alunos sobre o tópico Hereditariedade numa escala de 7 (<i>Acho que vou gostar muito/Gostei muito</i>) a 1 (<i>Não tenho gostado nada/Não gostei nada</i>).....	340
Figura 10	—	Pontuação obtida pelos alunos no teste de atitude para com o tópico Hereditariedade (<i>pontuação mínima – 19; pontuação máxima – 133</i>).....	349



INTRODUÇÃO

1. Enquadramento do Tema

A educação é um processo intrinsecamente complexo e como tal deve ser encarado e abordado, contrapondo esta perspectiva à tendência habitual de dissipar a complexidade dos fenómenos educativos e mostrar a sua ordem através de leis e princípios.

Dar resposta a essa complexidade implica analisar o acto educativo através de um olhar múltiplo e sistémico que permita abordagens diversas mas cooperantes, singulares mas plurais. A didáctica tende hoje, precisamente, a corresponder a esse perfil, sendo cada vez mais encarada como um “saber totalizante”, ao qual corresponde um “vasto tecido interdisciplinar e transdisciplinar” (Patrício, 2003, p. 24).

A didáctica, como refere Patrício (2003), é vulgarmente entendida como o domínio do conhecimento que tem por objecto o processo de ensino, tal como o sugere, aliás, a origem grega do termo. O acto de ensino tem, contudo, como finalidade última o acto de aprendizagem e o próprio aprender a ensinar implica o aprender do que se vai ensinar, o aprender de como se vai ensinar e o aprender do processo de aprendizagem do aluno.

Um ensino que não configure a aprendizagem é, afirma ainda Patrício (2003), absurdo, não podendo a didáctica “deixar de compreender, integralmente, a unidade ontologicamente incidível do ensinar e do aprender, do aprender e do ensinar” (p. 24).

Este estudo partiu, exactamente, da necessidade de melhor compreender a aprendizagem para melhor a poder promover¹ e, em consequência, melhor preparar o ensino. O processo de transformar um conteúdo específico em ensino exige por parte do professor uma categoria específica de conhecimento que Shulman (1986b) designou por *conhecimento pedagógico do conteúdo*² e que resulta precisamente da combinação da compreensão do conteúdo, da compreensão das dificuldades mais prováveis dos alunos e de formas e representações que possam ser adaptadas à construção activa de conhecimentos por parte destes. Shulman (1987) considera, então, que o professor tem, em primeiro lugar, de conhecer o conteúdo que ensina, os objectivos a atingir, os alunos e o contexto no qual o ensino tem lugar; tem, em seguida, de transformar os seus próprios conhecimentos em representações; ensinar em função dessas transformações e, por fim, avaliar e reflectir no seu ensino.

Podemos então dizer que a problemática deste trabalho girou em torno de três eixos fundamentais, conteúdos, estudantes e professores, os quais, segundo Trindade (2003), configuram os três vértices do triângulo – *triângulo didáctico* – em que assenta a didáctica.

A opção pelas questões da aprendizagem derivou também da tomada de consciência de alguns indicadores desfavoráveis que vão afectando a imagem

¹ Esta necessidade de melhorar a aprendizagem dos alunos na escola, com base na investigação educacional, sai reforçada quando vemos que essa preocupação deu azo já a um projecto de intervenção nacional, nos Estados Unidos, designado por *Improving Student Learning* (National Research Council, 1999), o qual se baseia num Programa Estratégico de Investigação Educacional, a realizar em quinze anos, empenhado em incorporar na prática educativa os resultados da investigação em cognição humana, aprendizagem, desenvolvimento e motivação.

² Alguns autores – Ponte (1995), por exemplo – preferem a expressão *conhecimento didáctico* a conhecimento pedagógico do conteúdo. Neste trabalho faremos distinção entre as duas expressões, considerando o conhecimento pedagógico do conteúdo como uma componente importante do conhecimento didáctico, não subsumindo, no entanto, todo o vasto tecido multidisciplinar que integra a didáctica, em especial a didáctica das ciências.

da educação em ciências, como é o caso do afastamento dos jovens de estudos científico-tecnológicos, sentido tanto a nível do ensino secundário como do ensino universitário. O alargamento do ensino das ciências³ parece, assim, não ter tido os desejados reflexos numa melhor compreensão da importância da ciência para a sociedade e para a cultura, nem uma melhor apreensão da ciência⁴ na sua dimensionalidade plural.

Os resultados obtidos pelos alunos portugueses em diversas provas e estudos realizados, quer a nível nacional quer internacional, plasmam a dimensão do problema e justificam essa preocupação. As provas de aferição de 2002, por exemplo, destinadas a avaliar as competências consideradas essenciais em Matemática e Língua Portuguesa na escolaridade básica, mostram, infelizmente, resultados médios muito fracos, especialmente nas competências matemáticas (com as dificuldades a atingirem a sua expressão máxima na resolução de problemas não rotineiros), e com tendência a piorar ao longo da escolaridade (do 4º para o 9º ano).

O estudo internacional PISA 2000 (*Programme for International Student Assessment*), que pretendeu avaliar a literacia científica dos alunos de quinze anos dos países integrantes da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económicos (OCDE), mostra, por seu lado, que os resultados médios dos alunos portugueses são inferiores aos obtidos, em média, no espaço dessa organização.

Esta crise no ensino e na aprendizagem das ciências não é, no entanto, sentida apenas em Portugal. Países desenvolvidos como os Estados Unidos têm, surpreendentemente, visto os seus alunos a não integrarem o grupo dos melhor posicionados. Apesar de todo o esforço e investimento aplicados, a classificação obtida no programa TIMMS (*Trends in International Mathematics and Science Study*), em 1995 e em 1999, mostra não ter havido

³ O termo “ciências” é, em geral, utilizado neste trabalho como designando o conjunto das chamadas ciência físico-naturais: física, química, biologia, ciências da Terra e ciências do Universo (Santos, 1991b).

⁴ Na impossibilidade de uma definição única e universal de ciência, consideramo-la como Sjöberg (1997) a define: “A ciência é um elemento fundamental da nossa cultura, que deu forma à nossa visão do mundo, com fortes ligações ao nosso pensamento filosófico e que dá corpo a ideais, normas e formas de pensamento que estão no âmago da nossa cultura”.

melhoria significativa nos alunos americanos (a nível do 8º ano) nesse período, revelando como a inversão de tal situação é difícil e morosa.

O desenvolvimento da *literacia científica e tecnológica* é, como estes estudos de algum modo denotam, uma necessidade sentida em todos os países desenvolvidos e em vias de desenvolvimento, precisamente pelo papel de relevo que a ciência e a tecnologia adquiriram nas sociedades actuais. A participação dos cidadãos em democracia exige uma preparação básica para se lidar com os problemas e as opções que se colocam à sociedade, os quais englobam frequentemente uma componente científica. Educar em ciências é também, deste modo, educar para a cidadania.

A literacia científica justifica-se, então, porque o exige, como imperativo, a nossa cultura actual, pelo seu aspecto cívico e, também, como forma de compreender o mundo físico, para fazer frente à superstição e à lenda que continuam a permear o nosso dia-a-dia, agora reforçadas pela proliferação das pseudociências que pretendem tudo explicar.

Uma educação científica mais efectiva implica, contudo, impedir o currículo de se restringir a uma lista de factos, apenas proporcionando aos alunos *ideias inertes*, ideias que Whitehead (1967) considera perniciosas por impedirem que o conhecimento se mantenha “vivo”. O mais indicado parece ser trabalhar com os alunos um número limitado de tópicos e conceitos-chave, numa perspectiva de estruturação conceptual integrada (NRC, 2002).

Nesse sentido, quase todas as reformas curriculares têm apostado em padrões de referência (como é o caso, nos Estados Unidos, dos *National Science Education Standards*) que estabelecem o que é considerado essencial em termos de ensino para a literacia científica. Segundo Hurd (2001), estas orientações não têm, apesar de tudo, relevado suficientemente as mudanças que estão a ocorrer nas ciências, em particular no campo da biologia. A biologia é hoje palco de uma explosão de conhecimento e de uma predominância no campo investigativo das ciências físico-naturais sem precedentes, indicadores que levam Hurd a considerar estarmos no início de uma revolução biológica onde as grandes linhas de força são a biotecnologia e a medicina.

O que pode dar unidade à biologia (que se reparte na actualidade por centenas de campos específicos interdisciplinares) é, de acordo com Hurd, o seu enquadramento no contexto da vida humana e no contexto do crescimento e desenvolvimento dos seres humanos, perspectiva que leva aquele autor a defender um currículo consequentemente caracterizado pela biologia humana.

Neste enquadramento de centralidade da ciência, e da biologia em especial, como uma das componentes nucleares da nossa cultura actual e na que se perspectiva para o futuro próximo, e tendo em conta um dos princípios educativos nucleares preconizados em todos os currículos modernos – *a educação em ciências para todos* –, o projecto conducente a este estudo teve a sua génese neste tipo de preocupações e nas suas implicações em termos de aprendizagem e de ensino, uma problemática central também na abordagem da disciplina de Didáctica da Biologia e no acompanhamento dos estágios dos alunos dessas disciplinas, a que nos temos vindo a dedicar há alguns anos⁵.

O quadro teórico que, a partir daí, se desenvolveu procurou, nesse sentido, ter em linha de conta os grandes referenciais para a educação em ciências, visando contribuir para uma representação coerente de mudança no ensino das ciências (a nível básico e secundário), numa procura de sinergias entre ensinar e aprender ciências, ensinar e aprender acerca das ciências e ensinar e aprender através das ciências.

A educação em ciências, encarada numa perspectiva global, tem desse modo a ver com a promoção da literacia científica dos indivíduos, com o desenvolvimento pessoal de quem aprende e com a participação fundamentada, lúcida e esclarecida na sociedade.

Tendo tais pressupostos como pano de fundo, o problema que se tornou central neste estudo foi o de compreender as condicionantes que se colocam à aprendizagem bem sucedida e significativa da ciência escolar, procurando uma visão multidimensional. Para isso, as perspectivas a ter em conta abriram-se a diversos domínios e actores: relatos de estudos publicados, vozes de alunos e de professores e a própria realidade da sala de aula.

⁵ Referimo-nos aqui a disciplinas integrantes da licenciatura em Ensino de Biologia e Geologia da Universidade de Évora.

A escolha concreta da área específica da *genética*⁶ prendeu-se com a sua importância, imprescindível à compreensão da própria biologia moderna e com a actualidade do tema, não só em termos sociais como da sua dimensão intrinsecamente humana, conjugadas com a constatação das dificuldades recorrentemente diagnosticadas, postas em relevo em variadas pesquisas efectuadas a alunos de diferentes nacionalidades, faixas etárias e interesses.

Apesar das afinidades entre as investigações feitas em diversos países, a situação educativa e sociocultural é distinta em cada um, considerando-se, por isso, pertinente estudar estas questões também nas nossas escolas. Daí ter-se optado por entrevistar alunos – após o ensino formal do tópico em estudo – e professores – com experiência de leccionação na disciplina correspondente (Ciências da Terra e da Vida, 11º ano) – para obtenção de dados relativos à situação decorrente do sistema educativo português, embora sem pretensão de generalizar os resultados obtidos a esse domínio global, dada a variedade local e contextual dos mesmos.

A expressão *dificuldade de aprendizagem* acabou por ganhar, ela própria, uma dimensão simultaneamente múltipla e singular, em resultado da confluência dos diferentes contributos – sobretudo psicológicos – que se pretenderam integrar num todo articulado. O entendimento do conceito de aprendizagem nela implicado pressupõe, assim, o comprometimento activo do sujeito (aqui o aluno) na assimilação e acomodação de conhecimento nas suas estruturas cognitivas e na compreensão significativa; o estabelecimento de novas conexões entre a informação nova e a já existente; a sua facilitação através da mediação social, contextualizada; e o uso de estratégias metacognitivas e motivacionais, criando-se, deste modo, condições para uma maior autonomia do educando em todo o processo.

⁶ Usamos os termos “genética” e “hereditariedade” ao longo deste relatório mas não os entendendo como sinónimos. *Hereditariedade* é utilizado, em geral, sempre que nos referimos ao tópico programático que tratámos (por ser essa a forma como está designado) e *genética* sempre que nos referimos a uma área de conhecimento mais vasta, que hoje engloba não só os padrões de hereditariedade mas também os seus mecanismos.

O tópico “Hereditariedade” foi trabalhado de acordo com o programa da disciplina de Ciências da Terra e da Vida, do 11º ano, em vigor no ano lectivo 2001/2002 (data do estudo empírico) e com base nos seguintes documentos: Ministério da Educação (1991). *Ciências da Terra e da Vida, Biologia, Geologia: Organização curricular e programas*. Lisboa: DGEBS/ME; Ministério da Educação (1996). *Ciências da Terra e da Vida (10º e 11º anos): Orientações de gestão de programas*. Lisboa: DES/ME.

A *resolução de problemas*, por implicar exigências inegáveis a nível cognitivo e motivacional, surgiu como cenário privilegiado para a convergência de dificuldades de aprendizagem diagnosticadas no tópico que serviu de campo para pôr em acção a pesquisa empírica e, como tal, acabou por ser um dos focos da investigação. A expressão “resolução de problemas” surge, no entanto, aqui enquadrada numa dupla asserção: como competência a desenvolver por todos os cidadãos decorrente das grandes finalidades do ensino das ciências e como estratégia holística que envolve processos complexos de pensamento. Numa perspectiva de ensino, e em termos mais genéricos, trata-se de privilegiar actividades não rotineiras e contextualizadas, capazes de promoverem nos alunos a construção de conceitos, procedimentos e atitudes⁷ que lhes permitam aproximar a ciência à compreensão e resolução das questões do dia-a-dia; implicando, por outro lado, compreender como os conhecimentos conceptuais e processuais, as atitudes e motivações se interligam para resolver um problema, no sentido de ajudar o aluno a ser capaz de o fazer com êxito.

No desenvolvimento das competências ligadas à resolução de problemas importa considerar, na senda de Vygotsky (1979), o papel da interacção social, enquanto origem e motor dos processos de aprendizagem e de desenvolvimento humanos. A mediação do professor na aprendizagem e desenvolvimento dos alunos é assim tida como fundamental para pôr em marcha a maturação de funções mentais de nível elevado, que o professor possibilita se actuar ao nível da respectiva *zona de desenvolvimento potencial*, uma zona de intervenção correspondente ao conjunto de tarefas que o aluno, não sendo capaz de realizar sozinho, o consegue fazer, no entanto, em diálogo com outros mais competentes, sem experimentar bloqueamentos afectivos e cognitivos importantes.

⁷ As atitudes, segundo Trindade (1996), correspondem a estruturas básicas da pessoa, as quais lhe permitem adoptar uma determinada postura interpretativa e de realização, perante o mundo. Sempre que se entende atitude no contexto da aprendizagem das ciências, considera-se mais adequado falar-se em atitude científica e entendê-la como “predisposição para, ou uma intenção de, utilizar processos cognitivos específicos e comportar-se de certo modo, de maneira consistente, quando o sujeito é confrontado com problemas ou situações problemáticas a que atribui um qualquer valor social” (p. 33).

Pode, neste contexto, afirmar-se mesmo que Vygotsky veio enriquecer a perspectiva construtivista da aprendizagem e do ensino das ciências, integrando-lhe a importante dimensão social (Hodson e Hodson, 1998). A epistemologia construtivista tem, de algum modo, sido dominante no campo da didáctica das ciências, embora sujeita a interpretações diversas (Gil Pérez et al., 1999). Em termos gerais, esta perspectiva implica uma participação activa dos aprendentes na construção dos conhecimentos e não a simples reconstrução pessoal dos conhecimentos já elaborados pelo professor ou pelo manual escolar. Construir o conhecimento implica, por sua vez, um sujeito pensante, que não tem alternativa senão construir aquilo que conhece com base na sua própria experiência (Glaserfeld, 1996).

A perspectiva construtivista subjacente a este tipo de posições surge no quadro de muitas outras propostas que, no presente, pretendem contribuir para o desenvolvimento de um modelo holístico e dialéctico de ensino e de aprendizagem que se substitua ao da transmissão/recepção de conhecimentos já elaborados, apostando numa convergência básica que dê continuidade ao estabelecimento da didáctica das ciências como campo de conhecimentos.

Qualquer proposta com estas características não poderá, todavia, ser vista como uma panaceia capaz de solucionar todos os problemas do ensino e da aprendizagem das ciências, sob pena de se converter numa ideologia. Deverá, antes, ser perspectivada como uma tentativa de chegar mais perto da verdade, inatingível na sua essência em virtude de todo o ponto de vista ser situado, mas com a esperança de que signifique “mais verdade que outras afirmações concorrentes sobre o mesmo tema” (Savater, 1999, p. 61).

2. Problemática da Investigação

Procurando o compromisso atento com os diferentes pressupostos teóricos de referência e aprofundando outros em consequência, o desenvolvimento do estudo empírico foi orientado pela tentativa de encontrar possíveis respostas para as seguintes questões de partida:

1. Com que dificuldades de aprendizagem se deparam os alunos de biologia? E na genética em particular?
2. Como se explicam essas dificuldades? Qual a sua natureza?
3. Como se podem ultrapassar tais obstáculos?

E teve como principais objectivos os que a seguir se formulam:

1. Contribuir para a compreensão dos factores influentes na aprendizagem das ciências por parte dos alunos, particularmente no caso da genética.
2. Actuar ao nível da interface entre o conhecimento do conteúdo e o conhecimento pedagógico, ou seja, do conhecimento pedagógico do conteúdo, no âmbito da genética.
3. Propor diferentes estratégias didácticas a aplicar em sala de aula, potencialmente superadoras das dificuldades de aprendizagem diagnosticadas nos alunos.
4. Avaliar o impacto de algumas dessas abordagens em termos da aprendizagem e da resolução de problemas de genética, bem como de motivação dos alunos para as tarefas correspondentes.

A metodologia seguida para concretizar os objectivos de partida enquadrou-se numa perspectiva de investigação educativa aberta, flexível e participada, comprometida com a resolução de problemas colocados a partir da própria realidade educativa. Uma perspectiva que, mais do que se limitar a descrever e compreender a realidade, pretendeu induzir alguma transformação dessa mesma realidade.

Nesse sentido, procurou tirar-se partido de duas grandes estratégias ou desenhos de investigação concordantes com as considerações genéricas referidas, o *estudo de caso* e a *investigação-acção*: o estudo de caso orientando a investigação no exame detalhado do grupo-turma e a metodologia de investigação-acção na condução da intervenção ao nível da sala de aula. A investigação foi, assim, preparada no sentido de permitir fornecer os meios para a reflexão sobre a prática e a concretização de um conjunto de acções que encaminhassem para a mudança, à medida que se fosse atingindo uma compreensão mais profunda dos problemas encontrados.

3. Estrutura do Trabalho

A organização global deste relatório resulta, naturalmente, de uma sistematização final deliberada, mas cujo trajecto, na verdade, foi percorrido através de uma via mais sinuosa e incerta, como incerto e indeterminado é sempre qualquer percurso investigativo: uma busca de fundamentos teóricos de partida, para estruturar a acção; um desenvolvimento no terreno com alunos e professores; um retorno aos fundamentos teóricos, decorrente da própria acção; um desenvolvimento teórico de chegada, suscitado pela reflexão sobre a prática.

Sendo o acto educativo, como já se frisou, complexo por natureza e resultante de interacções múltiplas e diversas, e tendo a investigação decorrido em sala de aula, procurou-se um quadro teórico abrangente e diversificado, mas ao mesmo tempo integrado e coeso, capaz de unir diferentes perspectivas, tanto teóricas como metodológicas.

Sintetizamos, em seguida, a estrutura do trabalho, apresentando os diferentes capítulos que o constituem. Os primeiros quatro capítulos procuraram dar corpo ao referencial teórico construído. Neles se fundamentam teoricamente as questões de partida, através da área mais abrangente da educação e, em particular, da educação em ciências, percorrendo o pensamento de alguns dos autores que nos vão ajudando a iluminar a complexidade inerente ao processo de aprendizagem, para, no final, se retirarem as suas implicações para o ensino.

A vertente empírica do estudo inicia-se no quinto capítulo com a descrição da metodologia que deu suporte à investigação, aí incluindo a instrumentação utilizada, seguindo-se a apresentação dos resultados no capítulo seis e a sua discussão e consequentes conclusões, a terminar o corpo principal do presente relatório (capítulo sete).

Capítulo 1

Partindo de uma análise global do currículo e do processo da educação – como ajuda ao desenvolvimento da pessoa, tanto na sua globalidade, como na sua singularidade –, aborda-se neste capítulo a quota parte que a escola tem nesse processo, nomeadamente ao nível do campo específico das ciências. Reflecte-se no sentido e no papel a dar à ciência e ao desenvolvimento científico-tecnológico no quadro das sociedades modernas. Nesse contexto, desenvolvem-se argumentos focalizados para as relações entre ciência e democracia, ciência e tecnologia e também ciência e ética. Apresentam-se as linhas de força das finalidades para a educação em ciências que têm em vista a literacia científica e não tanto a formação de especialistas, pois estes resultarão daquele processo e não o inverso. Defende-se, em suma, uma ciência escolar fundamentada epistemológica e psicologicamente, em que se valorizem os contextos e a resolução de problemas.

Capítulo 2

O capítulo “A Aprendizagem das Ciências” desenvolve-se a partir de contributos da psicologia (sobretudo da psicologia da aprendizagem e do desenvolvimento), numa perspectiva de transposição dos mesmos para o campo da educação em ciências (concretizando na biologia), tendo em vista uma perspectiva de reconstrução didáctica. Procura-se uma melhor compreensão dos processos de aprendizagem do aluno em situação formal de ensino, tendo em conta as vertentes cognitiva, afectiva e emocional. Todas estas dimensões potenciam a formação de um conceito integrador de aprendizagem (e de dificuldade de aprendizagem), o qual inclui factores relativos ao conhecimento prévio dos alunos, à organização cognitiva desse conhecimento, a variáveis afectivo-motivacionais e contextuais, aos elementos mais ligados à individualidade (como os estilos cognitivos ou o desenvolvimento cognitivo), e também os recursos metacognitivos, passíveis de assegurarem ao aprendente uma autonomia crescente.

Capítulo 3

“Problema” e “resolução de problemas” são termos com diversos significados e entendimentos que se procuram precisar melhor ao longo deste capítulo. Tendo em conta que uma tarefa se constitui ou não como problema em função da pessoa que a tem de realizar e sem nunca fechar a categorização de problema a um só tipo, refere-se que os problemas em questão e os mais trabalhados no âmbito do tópico programático se situam no *continuum* que vai de exercício (problema fechado) a verdadeiro problema (problemas da vida real). Para o tópico programático estudado, defende-se um percurso que tenha início em problemas mais fechados, para se passar progressivamente a problemas mais diversificados que, embora não correspondendo a problemas da vida real, destes recolham algumas características. A resolução de problemas é vista sob diversos ângulos: como competência cognitiva, como estratégia de aprendizagem, como método de ensino e como actividade que envolve competências cognitivas. No sentido de ajudar os alunos inexperientes ou com mais dificuldade neste processo, sugerem-se modelos baseados em sequências de acções que ocorrem vulgarmente na resolução de um problema, as quais possam funcionar como heurísticas que permitam desenvolver ou auxiliar o pensamento. O principal objectivo é que promovam formas de integrar o conhecimento declarativo e o processual, no sentido de uma compreensão significativa.

Capítulo 4

A sequência de capítulos precedentes faz emergir um justificativo crescente para que a problemática do conhecimento do professor se coloque de forma premente, como consequência necessária à transposição do estudo da aprendizagem para o ensino. Uma formação inadequada a esse nível pode, como consequência, levar o professor a converter o conteúdo disciplinar em curricular, como se entre um e outro não existissem diferenças epistemológicas, psicológicas e didácticas, tendo como referência os conteúdos conceptuais teóricos seleccionados de acordo com a lógica das próprias disciplinas. Apresenta-se o construto, proposto por Shulman (1986b, 1987), *conhecimento pedagógico do conteúdo*, o qual corresponde às diversas formas de representação e de formulação do conteúdo que permitem torná-lo compreensível aos alunos. Shulman (1987) sugere um modelo no qual os professores, partindo do conhecimento que possuem do conteúdo e dos

objectivos a atingir, do conhecimento dos alunos que participam e do contexto no qual o ensino tem lugar, transformam esse conhecimento em representações que possam ser adaptadas à construção activa por parte dos alunos; ensinam a seguir em função desses referentes, para depois avaliarem e reflectirem sobre todo o processo. Isto leva à possibilidade de novos conhecimentos e à construção do que se tem vindo a designar por *conhecimento profissional* do professor (um conhecimento prático que guia a sua conduta na sala de aula). A didáctica das ciências é aqui encarada como mola propulsora fundamental da educação em ciências e como núcleo integrador dos diferentes aspectos da formação docente no processo de aprender a ensinar ciências. Ao contribuir para o desenvolvimento do professor, a didáctica pode levar à renovação do ensino e à concretização dos fins da educação, tendo em atenção o aluno como ser activo, cognitivo, afectivo e social (Oliveira, 1991). Aprender a ensinar, sob este ponto de vista, acaba por acompanhar toda a vida profissional de um professor e o seu desenvolvimento, sendo a formação inicial apenas a primeira etapa formal desse percurso. O conhecimento prático pessoal pode aí ter o seu início, através da análise de situações hipotéticas ou reais, contribuindo a didáctica das ciências para fomentar a integração dessa componente prática e reflexiva na componente académica, a desenvolver no estágio pedagógico e ao longo da vida profissional. Reflecte-se ainda sobre a necessidade de reorganizar a formação de professores segundo uma visão sistémica, isto é, interligando a formação inicial e a formação contínua numa perspectiva de desenvolvimento do professor e na importância da inclusão da investigação educacional ao longo de todo o percurso.

Capítulo 5

A metodologia é aqui apresentada a partir de um enquadramento inicial, tendo por base as grandes linhas hoje em curso no âmbito da investigação em educação. Uma vez que as práticas educacionais são complexas e dependentes do contexto social e cultural em que ocorrem, defende-se a pluralidade de abordagens e a complementaridade entre o qualitativo e o quantitativo – identificados genericamente como as principais abordagens à investigação educacional. A vertente qualitativa foi a opção prevalecente pois, tendo em vista os objectivos de partida, pretendia-se uma atenção particular aos significados que os indivíduos atribuem, em concreto, aos acontecimentos e

às situações que vivenciam, percebidos que são de modo diverso por diferentes sujeitos. A diversidade metodológica é também defendida, por conferir a possibilidade de diferentes tentativas e modos de chegar mais perto do mundo dos participantes. Justifica-se, posteriormente, em que medida o *estudo de caso* e a *investigação-ação* serviram de opções metodológicas orientadoras para toda a actuação no terreno. A turma real na qual se trabalhou constituiu um caso, onde se levou a cabo uma intervenção pautada pela necessidade de compreender mais em profundidade uma realidade, em relação à qual se prefigurava alguma intenção de mudança. A grande meta a atingir nessa intervenção era a de compreender, através da relação com a prática, a natureza das dificuldades principais que os alunos manifestam geralmente na área de genética e apontar vias para superação das mesmas, tendo em conta os contextos em que têm lugar as situações de ensino-aprendizagem. As linhas mestras que deram estrutura a essa unidade do programa foram, face ao que ficou exposto, as seguintes:

- Uma perspectiva epistemológica resultante de teses de filósofos da ciência contemporâneos (como Popper, Kuhn ou Lakatos), que preconiza a desdogmatização da ciência, assume a relatividade e limitações das teorias científicas e que releva a importância da formulação de hipóteses explicativas imaginativas e abrangentes para explicar o mundo.
- Uma perspectiva construtivista do conhecimento pessoal, apoiada no potencial do sujeito para organizar as experiências e criar explicações viáveis para estas, num processo activo de compreensão e construção de significado. O diagnóstico do conhecimento prévio do aluno é considerado uma etapa fundamental para o ensino, pelo seu papel na aquisição de novo conhecimento e para o aluno o poder confrontar com o conhecimento científico, não no sentido de necessariamente o ter de substituir mas de perceber as suas insuficiências.
- Uma preocupação com a organização do conhecimento, procurando levar os alunos a integrar os diferentes conceitos e processos necessários à compreensão do tema.
- Uma valorização dos aspectos afectivos e motivacionais e incremento de competências metacognitivas, concretizadas fundamentalmente a nível da resolução de problemas de genética.

Neste capítulo caracterizam-se ainda os procedimentos investigativos concretos, incluindo a descrição dos diversos procedimentos de recolha de dados utilizados (dos questionários às entrevistas) e dos procedimentos e técnicas utilizados para a sua análise.

Capítulo 6

Refere-se este capítulo à apresentação dos resultados derivados dos dados recolhidos, a partir dos quais se inferem algumas considerações e se procuram algumas pontes com os referentes teóricos e com resultados obtidos noutros estudos similares. Os resultados aparecem organizados de acordo com as diferentes fases do estudo e na seguinte ordem:

- Numa primeira etapa, são apresentados e analisados os resultados obtidos através de entrevistas a alunos e professores (do 11º ano da disciplina de Ciências da Terra e da Vida), os quais, juntamente com a informação recolhida através de outras pesquisas citadas na literatura consultada, enquadraram conceptualmente o estudo, de forma a dar suporte à intervenção posterior na sala de aula e a permitir a triangulação de dados, conducente a uma validação mais efectiva.
- A intervenção na sala de aula correspondeu à etapa seguinte da investigação, onde se começou por caracterizar sumariamente o estado de partida dos alunos, com dados respeitantes a pré-requisitos conceptuais da unidade programática, concepções relacionadas com os conhecimentos de genética e informação sobre conteúdos atitudinais dos alunos; a estes juntaram-se ainda dados relativos ao pensamento lógico dos mesmos. Relativamente ao próprio decurso da aulas, apresentam-se algumas observações que, de forma descritiva, dão conta de alguns acontecimentos ocorridos nas mesmas. Esta etapa culmina com a referência ao estado de chegada dos alunos, com a indicação das tendências de mudança resultantes da sequência didáctica posta em prática.
- A última etapa corresponde às entrevistas realizadas na fase pós-intervenção, cujo objectivo principal era o de complementar e aprofundar alguns dos factores mais em evidência nas análises anteriores. No caso da entrevista à professora responsável pela turma em que se trabalhou, procurou-se, além disso, levantar novas questões e

estabelecer a ligação entre a aprendizagem, o ensino, a investigação e a formação de professores.

Capítulo 7

O capítulo “Discussão e Conclusão” pretende sintetizar o percurso seguido e ressaltar os aspectos mais relevantes dos resultados obtidos no estudo, discutindo-os em função dos referenciais teóricos que lhes deram suporte. Discutem-se algumas das contingências e limitações inerentes ao estudo e às suas conclusões. Sistematizam-se algumas implicações educacionais, em particular para a aprendizagem e o ensino da genética, e termina-se com uma perspectiva pedagogicamente optimista de futuro e uma proposta de continuação.

Bibliografia

Apresenta-se ainda a bibliografia fundamental consultada, a qual pretendeu constituir uma amostra representativa e diversificada do que se tem publicado no âmbito da problemática analisada neste estudo.

Anexos

A finalizar o relatório, inclui-se um conjunto de anexos destinados a complementar o corpo fundamental do trabalho, representando uma amostra dos materiais de apoio utilizados no decorrer do estudo empírico.

CAPÍTULO I

**DA CIÊNCIA À EDUCAÇÃO
EM CIÊNCIAS**

A educação é uma complexa procura no sentido de ajustar uma cultura às necessidades dos seus membros e de ajustar os seus membros e seus modos de conhecer às necessidades da cultura. (Bruner, 1996, p. 70)

A educação é sem dúvida o mais *humano* e humanizador de todos os trabalhos humanos. (Savater, 1997, p. 16)

1. Ciência e Educação em Ciências

A sociedade em que hoje vivemos é, cada vez mais, baseada na informação e no conhecimento, o que pressupõe uma cultura científica e tecnológica adequada e, em consequência, uma sólida formação na área da Educação em Ciências.

A ciência está presente em quase todos os sectores da sociedade moderna e integra, directa ou indirectamente, a vida de todos os dias. Os produtos da ciência e da tecnologia estão de tal modo imbuídos no nosso quotidiano que acabam por passar invisíveis, sendo o seu impacte apenas avaliado quando surgem a público temas sociais onde a dimensão científica e tecnológica se manifesta claramente.

Esta importância da ciência e da tecnologia nos últimos séculos resulta do seu contributo com conhecimentos novos e estimulantes para a compreensão de nós mesmos e do mundo. É certo que a ciência não explica tudo nem é uma fonte exclusiva de conhecimento; contudo, ela oferece um conhecimento fidedigno (Millar e Osborne, 1998) e valioso, pois acaba por ser “aquilo que temos de mais próximo de um conhecimento fiável e desinteressado” (Ziman, 1999, p. 450).

Na sua evolução, o conhecimento científico pode mesmo apresentar o mundo de formas novas e surpreendentes e promover transformações na qualidade e estilo de vida dos cidadãos, evidentes quando se comparam diferentes gerações, bastando para isso atentar nas mudanças que os produtos científico/tecnológicos têm promovido no funcionamento da sociedade.

As relações da ciência com a tecnologia e com a sociedade devem, desse modo, estar presentes na educação dos alunos para que estes possam perceber as interações entre essas áreas mas também aprender a distingui-las; para que não confundam, por exemplo, a ciência com a tecnologia e compreendam que a “ciência produz conhecimento e a tecnologia utilidade” (Coutinho, 2003). Esta noção é importante visto que, modernamente, pode considerar-se que a ciência e a tecnologia se co-constituem e que esse paralelismo está na base de todo o progresso sócio-económico, sendo cada vez mais difícil distinguir as suas fronteiras (Coutinho, 2003).

A ciência e a tecnologia têm, com efeito, transformado não só o ambiente físico mas também o modo como as pessoas pensam acerca de si mesmas, acerca do universo em que vivem e do seu lugar no seio dele. O conhecimento científico e a própria abordagem à pesquisa científica, baseada em dados e num raciocínio cuidadoso, aberto ao escrutínio da comunidade de investigadores, têm influenciado de forma decisiva a cultura nas sociedades modernas. Esta influência pode ser vista até na arte e na literatura, nas estruturas organizativas das instituições e em muitos dos valores hoje defendidos (Millar e Osborne, 1998).

Ensinar ciências justifica-se, deste modo, pela ampliação do conhecimento sobre o mundo em que vivemos, mas também pela ajuda que as ideias científicas podem dar na tomada de decisões pelos cidadãos (por exemplo, relativamente à saúde e estilo de vida em geral) e na sua preparação para emitirem opiniões ou participarem activamente na discussão pública de alguns temas actuais que, de um ou outro modo, possam envolver a ciência.

Não possuir algum conhecimento científico mínimo acaba por se poder tornar equivalente a não saber ler, sendo, por isso, indispensável que os jovens adquiram literacia científica, requisito considerado essencial para a sua

integração na cultura comum.

O relatório *Beyond 2000*, apresentado por Millar e Osborne (1998), perspectiva, a esse propósito, o futuro da educação em ciências e apresenta o enquadramento que os autores consideram fundamental para a emergência de novos currículos de ciências e basilar para a literacia científica de todos os jovens no novo milénio. Os autores defendem que o estudo da ciência deverá fazer parte da educação até à idade de dezasseis anos, para que todos possam acompanhar a ciência contemporânea, conhecendo e compreendendo os seus conceitos básicos.

Levar a ciência a todos os cidadãos, de forma a permitir-lhes a compreensão fundamental das descobertas e métodos da ciência, justifica-se, na opinião de Carl Sagan (2002), pelas seguintes razões:

1. A ciência, não obstante as inúmeras oportunidades de má utilização, permite que as nações emergentes possam sair da pobreza e do atraso.
2. A ciência constitui um sistema de alerta essencial para os perigos das novas tecnologias.
3. A ciência permite o acesso a questões relativas às origens, natureza e destino da espécie humana, da vida, do planeta e do universo.
4. Os valores da ciência e os da democracia coincidem; ambas exigem a livre troca de ideias e requerem um raciocínio adequado, uma argumentação coerente, padrões de evidência e de honestidade rigorosos.

A ciência e a democracia surgem, assim, em relação sinérgica, já que as sociedades democráticas anseiam a igualdade de oportunidades no acesso ao conhecimento dos seus cidadãos e, por outro lado, a própria ciência depende, em essência, de um espírito livre e crítico na análise dos diferentes fenómenos naturais e sociais, essencial num mundo democrático (UNESCO, 1999; Annan, 2004; IAC, 2004).

A educação em ciências pode aqui ser chamada a potenciar estas duas dimensões e a promover uma sociedade em que os cidadãos possam expressar a sua humanidade, através de escolhas racionais acerca da sua vida e, ao

mesmo tempo, sejam capazes de se unir para influenciar o sentido da própria sociedade. Para isso, segundo Longbottom e Butler (1999), os cidadãos têm de aprender a fazer perguntas fundamentais, a procurar as razões de ser das coisas e dos fenómenos e a estar preparados para mudar quando necessário.

A ciência parece, então, ter um papel determinante até para a própria coesão da sociedade democrática. É frequente o recurso à ciência e aos cientistas na resolução de muitas disputas sociais, algo que Ziman (1999) reforça da seguinte maneira: “sem a ciência como árbitro independente, muitos conflitos sociais apenas poderiam ser resolvidos recorrendo à autoridade política ou apelando directamente à força” (p. 450).

Não obstante a sua natureza falível e incerta, a ciência tem, na verdade, tido um papel essencial, ao longo da história da humanidade, no combate à ignorância, à doença e a muitos flagelos sociais. A própria *Carta Internacional dos Direitos Humanos* tem sido, em grande medida, ampliada devido à ciência, ao deitar por terra ideias como a de raças inferiores, por exemplo (Sagan, 2002).

Este estatuto da ciência não é, no entanto, algo definitivamente adquirido, geral e imutável. É nesse pressuposto que Holton (1998) alerta para o surgimento de um movimento de reacção que, na sua opinião, tem vindo a desafiar, desde há alguns anos, a própria legitimidade da ciência e da tecnologia no tecido social e a negar o poder civilizador do pensamento científico.

A quantidade de trabalho científico produzido em todo o mundo cresce a um ritmo exponencial, duplicando entre os dez e os vinte anos. Apesar disso, ou talvez por essa razão, o público em geral tem aparentemente vindo a afastar-se da ciência, talvez pelo elevado grau de abstracção desse conhecimento ou mesmo pela velocidade a que essas novas descobertas se sucedem.

A utilização que, por vezes, se faz da ciência tem também contribuído para levar muitas pessoas a descrerem da sua bonomia. O armamento, a degradação ambiental ou a clonagem humana são apenas alguns exemplos dos problemas que vão saindo a debate, um pouco por toda a parte, como ameaças à dignidade humana. O progresso científico e tecnológico tem, na verdade,

feito nascer nas sociedades deste princípio de século e de milénio sentimentos de ameaça e de insegurança e, até, temores irracionais (Sagan, 2002).

A superação do desfasamento entre a ciência e a sociedade passa, segundo Holton (1998), por um ensino melhor, com uma presença mais forte das ciências, mas também pela reavaliação dos usos e abusos da ciência e pela responsabilização dos cientistas e de todas as pessoas de cultura na divulgação do conhecimento ao público em geral, de forma a “trazer de novo a ciência ao contacto recíproco com os interesses da maioria das pessoas” (p.73).

Esse crescente desinteresse cultural pela ciência manifesta-se sobretudo na população juvenil, uma realidade preocupante detectada não só por autores americanos como europeus. No caso português, referimos já que os indicadores sobre o nível de cultura científica da população portuguesa apontam para valores relativamente baixos, os quais representam, segundo muitos analistas, um forte obstáculo ao desenvolvimento sócio-económico nacional (Cachapuz, Praia e Jorge, 2002).

Os dados que o Ministério da Educação (1999) apresentou há poucos anos sobre a procura de cursos da área científico-tecnológica não são, a esse respeito, muito animadores pois, entre, por exemplo, 1985/86 e 1994/95, a opção dos alunos por esses cursos, à entrada do ensino secundário, apontava para uma clara redução.

Tal evidência tem vindo a ser fonte de preocupação em muitos países ocidentais, nos quais a sociedade se distancia cada vez mais da ciência⁸, tornando difíceis as decisões que impliquem conhecimento científico, facto que vem agravar a impossibilidade manifesta de levar todas as pessoas a um conhecimento profundo de todas as áreas controversas da ciência e da tecnologia, algo que nem os próprios cientistas conseguem realizar.

⁸ Os resultados do eurobarómetro *Les Européens, la science et la technologie*, divulgado pela Comissão Europeia (2001), retratam uma situação no mínimo preocupante: apenas 29,1% dos europeus se consideram bem informados e interessados no domínio da ciência e da tecnologia, enquanto que, no outro extremo, 45,8% afirmam não se sentir nem informados nem interessados, havendo ainda 14,7% que se declaram interessados mas não informados.

Os cientistas não dominam, com efeito, muito do conhecimento especializado dos campos em que não trabalham. Segundo Mayor (1995), o que na realidade os distingue é “a convicção de que o podem compreender se quiserem; confiança essa não partilhada pelos não cientistas” (p. 152). É esta confiança que este autor defende dever e poder ser alargada a toda a comunidade, referindo, para isso, o caso da SIDA, em que muitas pessoas e associações implicadas, cujos representantes não são especialistas, são, contudo, capazes de localizar e adquirir informação relativa a áreas como a virulogia e a imunologia e transformá-la em conhecimento útil.

O valor social e cultural da literacia científica e tecnológica sai, assim, reforçada, pelo próprio poder que a ciência tem, no sentido não só do desenvolvimento individual como na resolução de muitos dos problemas sociais.



2. Educação e Literacia Científica: Consequências para o Currículo Escolar

A expressão *literacia científica*, enquanto ideia força, surgiu nos anos cinquenta (Hurd, 1958). Apesar de o seu significado ter vindo a mudar ao longo do tempo, está hoje indissociavelmente ligado às grandes finalidades do ensino das ciências, em especial as estabelecidas para a educação básica. Hurd expressou um sentido de urgência, devido às grandes transformações científico-tecnológicas em curso na época, veiculando uma preocupação que ia para além da formação de cientistas tecnicamente treinados, para relevar a necessidade de todos os estudantes apreciarem a ciência como componente cultural.

Apesar deste alerta, acabou, no entanto, por ser o mau desempenho dos alunos a impulsionar as reformas no ensino das ciências que tiveram lugar durante as décadas de sessenta e setenta. A tendência dominante nesse âmbito passou a ser, então, o desenvolvimento curricular, com ênfase numa ciência pura, encarada do ponto de vista dos cientistas e cuja finalidade seria produzir técnicos nestas áreas, de modo a preencher as necessidades das sociedades em crescimento.

Os projectos curriculares que surgiram nessa altura (como o *Biological Sciences Curriculum Study*, por exemplo) tinham como foco central a apresentação de uma imagem formal da estrutura de disciplinas separadas e dos seus modos de descoberta específicos.

Os currículos foram, assim, elaborados essencialmente por cientistas, visando uma ciência escolar pura e rigorosa, com vista à formação de especialistas e técnicos. Estes currículos proporcionavam, nessa medida, poucas aplicações da ciência e escassas ligações às experiências diárias dos alunos, ficando estes supostamente com preparação a nível dos produtos e processos da ciência, mas desligada do seu contexto quotidiano.

As dificuldades que tais propostas curriculares levantaram, tanto a alunos

como a professores, pela sua formalidade e pelo próprio enviesamento da visão de ciência que um currículo orientado em termos de aprendizagem por descoberta pode criar nos alunos, levaram muitos educadores a pôr em causa a ênfase dominante na estrutura disciplinar estabelecida, à custa dos interesses e das necessidades de desenvolvimento dos alunos.

O balanço realizado ao longo dos anos setenta e oitenta mostrou, na verdade, que as mudanças não tiveram o efeito esperado e que o ensino das ciências continuava a processar-se de acordo com os moldes tradicionais, embora em alguns casos se conseguisse observar um ensino mais centrado nos alunos e a utilização de uma maior diversidade de meios alternativos de ensino (Hart e Robottom, 1990). Não admira por isso que, da análise dos resultados das investigações sobre o impacte desses projectos e dos estudos subsequentes, tenham surgido, em consequência, novas orientações para o ensino das ciências.

A relação entre ciência e sociedade, a par das aplicações tecnológicas da ciência, foram, nesta altura, anunciadas como finalidades fundamentais do currículo de ciências e a expressão *literacia científica* usada para descrever um estudo mais lato da ciência, especialmente na relação com as suas aplicações diárias.

A literacia científica viria, desse modo, a ganhar proeminência adicional quando a NSTA (*National Science Teachers Association*) a identificou como a meta mais importante da educação em ciências e a caracterizou, em 1982, como a formação de indivíduos cientificamente cultos, aptos a compreender como a ciência, a tecnologia e a sociedade se influenciam mutuamente e a usar esse conhecimento nas suas decisões na vida quotidiana.

Muitos currículos se desenvolveram a partir da asserção apontada como lema por aquela associação americana: *Science-Technology-Society; Science Education for the 1980s*, com o objectivo de fornecer aos estudantes conhecimentos acerca das interfaces ciência/sociedade e desenvolver a capacidade de tomada de decisões acerca de temas sociais relacionados com as ciências.

Para dar resposta a esta nova perspectiva, e como salienta Hurd (1986), vários

programas foram desenvolvidos durante os anos oitenta, tendo em conta algumas orientações comuns: (a) temas sociais, científicos e tecnológicos em termos de responsabilidades cívicas; (b) ênfase nas relações entre a ciência e a tecnologia; (c) ênfase em conceitos modernos de ciência e tecnologia; (d) desenvolvimento de estratégias intelectuais associadas à aquisição e utilização do conhecimento.

A este tipo de currículos foram, entretanto, apontadas, também, algumas fragilidades, sobretudo no que tem a ver com a abordagem de temas de grande complexidade, muitos dos quais implicam um conhecimento muito profundo da ciência e da tecnologia e mesmo de análise das forças políticas e sociais envolvidas, muito para além do exigido pelos currículos mais tradicionais.

Os baixos níveis de desempenho dos alunos em ciências que, de forma recidiva, se continuaram a fazer sentir um pouco por toda a parte, e a necessidade de fazer face aos desafios da sociedade de informação actual têm feito germinar propostas conducentes a níveis mais elevados de literacia científica.

Uma das iniciativas que, a esse respeito, mais tem influenciado o movimento de reformas em curso no ensino das ciências é o Projecto 2061 (*Science for All Americans*), desenvolvido pela Associação Americana para o Avanço da Ciência (AAAS, 1989), com o intuito de estabelecer as metas da educação em ciências no sentido de clarificar o domínio da literacia científica para todos. Este Projecto define como grandes objectivos a atingir os seguintes: (a) familiaridade com o mundo natural e respeito pela sua integridade; (b) conhecimento de algumas interfaces entre a matemática, a tecnologia e as ciências; (c) compreensão de alguns dos conceitos-chave e princípios da ciência; (d) capacidade para pensar cientificamente; (e) consciência de que a ciência, a matemática e as tecnologias são empreendimentos humanos e do que isso implica em termos das suas potencialidades e limitações; e, (f) capacidade de usar o conhecimento e o pensamento científicos para fins pessoais e sociais.

Para que todos os alunos atinjam esses objectivos, a organização americana NRC (*National Research Council*, 1996) especificou os padrões de referência (*National Science Education Standards*) necessários à literacia científica, com

base em cinco assunções fundamentais, extensivas a todos os cidadãos:

1. Usar informação científica para fazer escolhas na vida quotidiana.
2. Ser capaz de tomar parte nas discussões públicas e de debater temas importantes que envolvem a ciência e a tecnologia.
3. Partilhar o entusiasmo e a satisfação pessoal que pode advir da compreensão do mundo natural.
4. Desenvolver competências⁹ que permitam aprender, raciocinar e pensar criativamente, assim como tomar decisões e resolver problemas, através da compreensão da ciência e dos seus processos.
5. Acompanhar o evoluir global dos acontecimentos.

Estas orientações apontam para uma compreensão alargada e funcional de ciência com vista à sua compreensão pública. Dada a sua abrangência, DeBoer (2000) recomenda que os padrões de referência estabelecidos (*standards*) sejam vistos como um bom ponto de partida para orientarem o desenvolvimento do currículo de forma positiva e benéfica, e não encarados como um guia rígido, sob pena de limitar a actuação do professor. Para além disso, sublinha, ainda, não haver uma forma única e certa de ensinar ciências, sendo o mais importante que os alunos aprendam algo que achem interessante, de forma a continuarem a estudar ciências, formal ou informalmente, no futuro.

Para participar activamente e de forma responsável numa sociedade democrática é, então, necessário compreender o papel que a ciência aí desempenha, não atendendo apenas ao seu potencial na resolução de problemas sociais, mas também aos limites e obstáculos implicados nessa resolução. O currículo escolar tem, assim, de fornecer a estrutura nuclear das ideias científicas que permitam chegar à compreensão de temas específicos, mas tem também de incluir necessariamente uma reflexão sobre a natureza do conhecimento científico. Millar (1997) sugere, nesse sentido, que os alunos, através de actividades práticas adequadas, sejam levados a entender que os dados não estão ordenados por natureza e não levam de forma aproblemática

⁹ Adoptamos aqui a noção de competência de Perrenoud (1996, 1998), associada à capacidade de mobilização, por parte do sujeito, de todos ou parte dos seus recursos cognitivos e afectivos para fazer face a uma família de situações complexas, resultando numa acção relativamente adaptada à situação.

à verdade e, mais ainda, que o consenso não emerge de forma simples e sem negociação.

O desafio que se coloca é o de promover o estatuto do núcleo duro do conhecimento aceite e conciliá-lo, de forma consistente, com a natureza incerta da ciência mais ligada a temas sócio-científicos. A proposta de Millar é a de incluir na ciência escolar a análise de casos, históricos e contemporâneos, para que os alunos percebam as formas de chegar ao consenso na comunidade científica e aprendam a identificar as características das disputas que culminam na ausência de consenso. Por outro lado ainda, é importante que se dê maior ênfase à incerteza e ao erro e se evite qualquer tipo de sugestão quanto à existência de um método infalível de chegar ao conhecimento. Por último, Millar aponta como uma das falhas na generalidade dos currículos a inexistência de espaço para abordar situações de probabilidade e risco, fundamentais na análise de temas sócio-científicos.

Ficar somente ao nível das considerações científicas e tecnológicas no ensino das ciências será, desse modo, algo redutor e limitativo, sendo talvez por isso que Matthews (1994) tem vindo a defender a contextualização histórica nos currículos de ciências, incluindo-a no conjunto das dimensões que considera fundamentais quando a meta é a literacia científica:

1. Compreender conceitos, leis, princípios e factos fundamentais.
2. Apreciar e utilizar, de forma apropriada, metodologias e atitudes científicas variadas.
3. Estabelecer a ligação entre a teoria científica e a vida de todos os dias e ser capaz de reconhecer processos químicos, físicos e biológicos no mundo à sua volta.
4. Reconhecer diversas e variadas formas de interligação entre a ciência e a tecnologia e entre estas e a sociedade.
5. Compreender partes da história da ciência e a forma como a ciência moldou e foi moldada pelas forças sociais.

O passado é, assim, importante para compreender o presente mas, na análise de Hurd (2000), o currículo de ciências para o século XXI deve também pôr a tónica no futuro já que é no futuro que os jovens vão actuar. Coerentemente, propõe a inclusão de temas não resolvidos que confrontam a ciência e a

sociedade contemporâneas, visando uma educação em ciências que tenha em conta a responsabilidade de todos em ajudar a construir o futuro.

Apesar de todas as propostas de mudança curricular que têm sido apresentadas, em Portugal, como noutros países, os currículos actuais parecem não conseguir afastar-se da ênfase na ciência como corpo de conhecimentos, isenta de valores, objectiva e descontextualizada – apresentada como uma sucessão de factos a serem aprendidos (Millar e Osborne, 1998). Uma perspectiva ainda longínqua da inclusão integrada dos três vectores considerados por Kirkham (1989) fundamentais para um currículo de ciências equilibrado: conteúdos, processos e contextos.

Os conteúdos, envolvendo uma compreensão básica do que é central na ciência e que permite explicar os fenómenos naturais ou, como afirma Millar (1996), “modelos mentais ou histórias acerca do comportamento do mundo natural” (p. 13), os quais “veiculam formas de pensamento acerca do que acontece e do que se observa e possibilitam, ainda, prever o que pode acontecer em situações novas” (p. 14). Para Kirkham, o conteúdo científico significa factos, símbolos, terminologia, conceitos, ideias e modelos de ciência e deve ser acessível e útil, fornecendo informação sobre temas sociais e permitindo que o aluno possa compreender o mundo para melhor o apreciar.

Os processos da ciência têm, igualmente, de estar presentes nos currículos porque a compreensão do conteúdo da ciência implica necessariamente compreender as formas pelas quais o conhecimento científico se obtém. Isso passa pela compreensão de conteúdos procedimentais (como rigor, confiabilidade ou validade) mas também pela compreensão do papel da teoria em ciência (teorias entendidas como conjecturas estabelecidas com base na evidência disponível mas sem se remeterem completamente a ela e onde a imaginação tem lugar).

Os contextos, por fim, envolvendo aspectos individuais, sociais e do próprio currículo, através da valorização das ideias dos alunos, da contextualização da ciência e das suas aplicações da ciência em novas situações, tendo em conta que a ciência escolar se tornou inseparável das questões sociais e dos valores humanos.

O que se verifica, no entanto, é que, mesmo em situações em que os currículos apontam para uma valorização dos processos investigativos da ciência ou da importância desta como uma actividade humana ligada à resolução de problemas da sociedade, a maior parte da avaliação sumativa dos alunos continua a basear-se na reprodução da informação factual memorizada, com ligações fracas às situações fora da sala de aula onde têm de aplicar o seu conhecimento e competências científicas e onde a capacidade de filtrar, escolher e analisar informação se torna imperiosa (Millar e Osborne, 1998). Já Dewey (1916/1997), nos primórdios do século XX, rejeitava uma educação escolar exclusivamente virada para a promoção de aprendizagem rotineira e repetitiva, defendendo, em contrapartida, uma escola capaz de proporcionar aos alunos situações de experiência autêntica, sob pena de estes aprenderem uma massa técnica de informação, ficando ocultas as ligações à vida quotidiana.

Por maioria de razão, as sociedades actuais e do futuro necessitam, em primeiro lugar, de indivíduos com uma compreensão alargada da ciência, tanto no que diz respeito ao seu trabalho, como para poderem exercer a sua cidadania. A relevância de temas como a manipulação genética ou a clonagem não se compadece, na realidade, com uma sociedade aquiescente e acrítica ou hostil e desconfiada. É, por essa razão, necessário que os cidadãos tenham alguma noção dos métodos científicos e da forma como se obtêm os dados, que apreciem os limites e as potencialidades dos meios de prova, que façam uma avaliação sensata dos riscos e que reconheçam as implicações éticas e morais das escolhas que a ciência pode pôr em acção.

As razões que estão na base de muitos alunos continuarem a terminar a escolaridade obrigatória aparentemente com sucesso mas pouco familiarizados com as ideias científicas que se lhes deparam nos contextos quotidianos fora da escola e pouco interessados em desenvolver esse conhecimento no futuro são, segundo a análise de Millar e Osborne (1998), as seguintes:

1. O currículo de ciências corresponder, muitas vezes, a um “catálogo” de ideias sem coerência ou relevância, com ênfase exagerada no conteúdo, o qual é depois ensinado fora dos contextos que lhe poderiam dar relevância e sentido.

2. Faltar um modelo global de desenvolvimento das capacidades e competências científicas dos alunos dos ensinos básico e secundário, o que torna muito difícil aos professores dos primeiros anos prepararem adequadamente os alunos para os ciclos seguintes e aos do secundário a construção do conhecimento e das competências em função do que foi adquirido nas fases anteriores.
3. A avaliação ser baseada em exercícios e tarefas que dependem quase exclusivamente da memorização rotineira e reprodução do que foi memorizado, em total dissonância com as exigências dos contextos em que os alunos poderão vir a usar o conhecimento ou as competências científicas no futuro.
4. O facto de a ciência aparecer no currículo completamente desligada da tecnologia, contribuindo para que a ciência surja de forma desgarrada e irrelevante para as preocupações e interesses dos alunos.
5. Ser dada pouca ênfase à discussão ou análise de temas científicos que fazem parte da vida contemporânea.

O currículo de ciências deveria, ao contrário, promover competências que permitissem aos alunos tornar funcional o seu conhecimento científico fora da escola. Para isso, as principais finalidades da educação científica contemporânea deveriam, de acordo com Millar e Osborne (1998), abarcar os pontos seguintes:

1. Manter e desenvolver a curiosidade dos jovens acerca do mundo natural à sua volta e reforçar a sua confiança na capacidade de o compreender, fortalecendo o sentido de procura, entusiasmo e interesse na ciência.
2. Ajudar os alunos a adquirir um conhecimento alargado e geral das ideias e estruturas explicativas mais importantes em ciência e dos respectivos procedimentos de pesquisa.

Qualquer mudança curricular orientada nesse sentido implica uma aposta na redução do detalhe do conteúdo, com vista a criar espaço para desenvolver uma maior variedade de actividades de aprendizagem e adequar o ensino aos ritmos de aprendizagem e às capacidades e interesses dos alunos. Esta é uma abordagem que se enquadra na concepção de aprendizagem de Dewey (1933), segundo a qual os alunos devem ser colocados perante situações

problemáticas que identificam e interiorizam, como forma de estimular a sua criatividade e melhorar as suas atitudes.

Tais mudanças têm forçosamente de ser acompanhadas de modelos adequados de avaliação, capazes de ultrapassar largamente a tendência para testar a quantidade de informação que os alunos são capazes de debitar. A avaliação realizada com fins diagnósticos e formativos tem aqui um papel determinante, pelos seus reflexos positivos e significativos na aprendizagem dos alunos. A avaliação com fins sumativos, por seu lado, deveria ser também reequacionada de maneira a encorajar professores e alunos a centrarem-se de forma mais clara nos aspectos mais importantes da aprendizagem da ciência, tendo em conta as grandes finalidades e apostando na compreensão holística das ideias científicas mais importantes.

Millar e Osborne (1998) exemplificam, a esse respeito, alguns tipos de avaliação que consideram mais consentâneos com as exigências de um currículo actual para a área das ciências:

1. *Interpretação de artigos científicos divulgados pelos media.* Excertos de artigos extraídos de jornais poderão ser usados para avaliar se os alunos compreendem o seu conteúdo científico, se conseguem identificar e avaliar a qualidade dos dados apresentados, reagir de forma ponderada perante os riscos que eles ou outros possam correr e dar a sua opinião em relação a possíveis acções futuras de indivíduos, governo ou organizações.
2. *Compreensão de ideias explicativas fundamentais em ciência.* Avaliar se os alunos compreenderam, por exemplo, o mecanismo da hereditariedade, não se limitando a defini-lo, mas, sobretudo, conseguindo usá-lo para explicar os fenómenos da vida de todos os dias
3. *Capacidade para perguntar e responder com base em dados.* Avaliar se os alunos são capazes de representar dados de várias maneiras, de formular e interpretar as ilações que se podem retirar dos dados e de detectar erros e desonestidade na forma como os dados estão apresentados ou foram seleccionados.
4. *Capacidade para reconhecer o papel dos dados nas discussões que têm em conta argumentos teóricos competitivos.* A ciência contemporânea confronta o cidadão actual com argumentos incertos e falíveis.

De relevar, em consequência, a necessidade de se ter de variar também o tipo de instrumento de avaliação a utilizar para obter uma informação válida do conhecimento e compreensão dos alunos. Embora seja possível incluir a avaliação de algumas daquelas capacidades e competências em testes sumativos, para outras só criando situações em que os alunos possam interpretar, experimentar ou escrever reflectidamente sobre os temas em estudo, sem constrangimentos de tempo.

Subjacente a toda esta abordagem é visível o papel da linguagem na ciência e na literacia científica – linguagem como meio para fazer ciência, linguagem para compreender a ciência e, ainda, linguagem como um fim, no sentido em que é usada para comunicar pesquisas, procedimentos e conhecimentos teóricos aos outros, para que possam tomar decisões informadas (Hand et al., 2003). A literacia científica, neste sentido, envolve tanto a fluência nos padrões linguísticos discursivos como a educação científica.

A linguagem em ciências não inclui, assim, apenas a linguagem matemática ou técnica mas toda a linguagem oral e escrita necessária para os cientistas interpretarem, descreverem e apresentarem os pontos de vista e os argumentos científicos.

Como refere Valente (2002), “a chave para entender um assunto está no entender a sua linguagem”. No caso das ciências, “ensinar a usar a linguagem da ciência é fundamental para aprender ciência” (p. 3), o que passa por criar oportunidades de os alunos usarem as palavras, percebendo o seu significado. Só assim os alunos se vão apropriando do discurso necessário para a compreensão e descrição das estruturas de conhecimento associadas aos temas e problemas científicos. Esta preocupação deverá estender-se às palavras técnicas, em especial as que têm significado diferente da linguagem comum, mas também às palavras não técnicas e às palavras de ligação, pela barreira que constituem à aprendizagem das ciências.

Para o desenvolvimento de competências neste domínio, o documento *Ciências Físicas e Naturais – Orientações curriculares para o 3º ciclo do*

*ensino básico*¹⁰ (Ministério da Educação, 2001) apresenta algumas sugestões particularmente pertinentes e extensíveis a diferentes faixas etárias:

Uso da linguagem científica, mediante a interpretação de fontes de informação diversas com distinção entre o essencial e o acessório, a utilização de modos diferentes de representar essa informação, a vivência de situações de debate que permitam o desenvolvimento das capacidades de exposição de ideias, defesa e argumentação, poder de análise e de síntese e a produção de textos escritos e/ou orais onde se evidencie a estrutura lógica do texto em função da abordagem do assunto. (p. 6)

A literacia científica de todos os cidadãos implica, em suma, um currículo estruturado em torno de grandes finalidades e centrado nos alunos e uma avaliação em consonância com o que se pretende alcançar, onde ressalte a multidimensionalidade da ciência e as suas ligações à tecnologia, à sociedade, ao ambiente e à ética.

¹⁰ A autoria deste documento pertence a uma vasta equipa de docentes e investigadores coordenada por Cecília Galvão.

3. Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ética

Muito do que origina o afastamento dos alunos e do público em geral dos assuntos da ciência tem a ver, como já se frisou, com os efeitos desviantes que o próprio desenvolvimento científico/tecnológico tem provocado na sociedade. A utilização da tecnologia cria, na verdade, a necessidade de se estar atento ao seu carácter imprevisível e irreversível, para que a possamos usar e não ser usados por ela. A prática científico-tecnológica tem, então, uma interacção com a sociedade e as suas consequências implicam juízos éticos que envolvem não só os cientistas, como a sociedade no seu conjunto. As palavras de Edgar Morin (1994) são, a esse respeito, bem elucidativas: “A ciência é um assunto demasiado sério para ser entregue unicamente nas mãos dos cientistas (...) transformou-se num problema cívico, um problema dos cidadãos” (p.103).

Para Morin, a época da “não pertinência dos julgamentos de valor sobre a actividade científica está terminada” (p. 97). O problema da experimentação em seres humanos ou em embriões, por exemplo, demonstra bem a inevitabilidade da não disjunção entre problemas éticos e científicos e de a ciência reflectir sobre si própria.

A ciência é, na verdade, tal como defende Sagan (2002), uma espada de dois gumes. Os avanços na medicina e na agricultura, por exemplo, têm salvo muito mais vidas do que as que se perderam em todas as guerras na história, mas, por outro lado, a ciência tem também depositado demasiado poder nas mãos de quem dele pode abusar. Daí obrigar todos, mas os cientistas em particular, a uma nova responsabilidade: “mais atenção às consequências a longo prazo da tecnologia, uma perspectiva global e transgeracional (...) [pois] os erros estão a tornar-se demasiado caros” (p. 27). No mesmo sentido, Morin (1994) sublinha que os cientistas e as suas organizações deveriam mostrar um maior grau de consciência, prudência e responsabilidade, empenhando-se no controlo da sua própria produção científico-técnica, visto esta transcender o sub-sistema científico e interagir com o social e o ecológico.

Estes novos problemas mostram a realidade complexa da ciência actual e sugerem que a sua resolução extravasa uma visão meramente internalista que não enquadre e respeite as articulações entre a Ciência, a Tecnologia, a Sociedade, o Ambiente e a Ética.

A Declaração sobre a Ciência e a Utilização do Conhecimento Científico, resultante da Conferência Mundial sobre a Ciência, que se realizou em 1999, na Hungria, sob a égide da UNESCO e do Conselho Internacional da Ciência, com o título *Ciência para o século XXI – Um novo compromisso*, mostra como esse novo olhar sobre a ciência é hoje uma preocupação internacional.

Esta Declaração acentua a necessidade de um debate democrático sobre a produção e o uso do conhecimento científico e releva a importância dos contributos interdisciplinares, envolvendo quer as ciências humanas quer as ciências sociais no tratamento das questões controversas que se levantam.

Os participantes nesta conferência advogaram uma ciência para o conhecimento, para a paz, para o desenvolvimento, para a sociedade e ao serviço da saúde, tendo por base considerandos que, como os que a seguir se transcrevem, mostram bem o papel que se prevê e se deseja para a ciência e a educação em ciências no futuro das sociedades (UNESCO, 1999, pp. 5-7):

- o estado actual das ciências naturais e a direcção que estão a tomar, o impacto social que têm tido e o que a sociedade espera delas;
- que no século XXI a ciência tem de se tornar um bem partilhado, beneficiando todos os povos numa base de solidariedade, que a ciência é um poderoso recurso para a compreensão de fenómenos naturais e sociais (...);
- a necessidade cada vez maior de conhecimento científico nas decisões públicas e privadas (...);
- (...) que a educação científica é essencial para o desenvolvimento humano, para a criação de uma capacidade científica endógena e para uma cidadania informada e activa;
- (...) que o futuro da humanidade se vai tornar mais dependente da produção, distribuição e uso equitativo do conhecimento do que jamais foi;
- o actual processo de globalização e o papel estratégico que nele tem o conhecimento científico e tecnológico;

- que a investigação e o uso de conhecimento científico devem respeitar os direitos humanos e a dignidade dos seres humanos (...);
- que algumas aplicações da ciência podem ser prejudiciais para os indivíduos e para a sociedade, para o ambiente e para a saúde humana, podendo mesmo ser ameaçadoras da continuidade da existência da espécie humana, e que a contribuição da ciência é indispensável à causa da paz e do desenvolvimento e à segurança mundial;
- que os cientistas e outros agentes importantes têm uma responsabilidade especial na tentativa de evitar aplicações da ciência que sejam eticamente erradas ou tenham impactos adversos;
- a necessidade de praticar e aplicar as ciências de acordo com requisitos éticos apropriados, desenvolvidos a partir de um debate público alargado.

Partindo deste conjunto de razões, os autores propõem uma *Ciência em Sociedade e para a Sociedade*, ou seja, uma investigação científica que vise o bem-estar da humanidade e uma informação livre relativa a todas as utilizações e consequências possíveis das novas descobertas, para que se possam debater as questões éticas de modo adequado. Para além disso, reforçam a ideia de que todos os cientistas se devem comprometer com “elevados padrões éticos” e que a sua responsabilidade social exige que partilhem o seu conhecimento e que comuniquem com o público.

A comunidade científica surge, assim, com responsabilidade acrescida na difusão do saber, para permitir que o grande público adquira conhecimentos suficientes ao funcionamento da democracia, por um lado, e, por outro, a uma certa autonomia das decisões pessoais. Os dados dos debates científicos são aqui fundamentais, para que a população possa criar uma opinião crítica face às múltiplas opiniões científicas, pseudocientíficas e ideológicas que normalmente circulam (Fourez, 1991).

De acordo com Frazer e Kornhauser (1986), os cientistas e os professores de ciências têm a responsabilidade social e ética de apresentar o conhecimento de uma forma acessível e compreensível e as suas contribuições abarcam diferentes dimensões, quando se trata de problemas sócio-científicos:

1. Apresentar a complexidade dos problemas e a influência de diferentes parâmetros na sua abordagem (científicos, tecnológicos, sócio-

- económicos, culturais ou outros).
2. Chamar a atenção para os efeitos que o uso da ciência e da tecnologia pode trazer a longo prazo e do seu impacte na sociedade e no ambiente.
 3. Apresentar a inter-relação de razões e consequências em diferentes áreas, não apenas nas mais tradicionais.
 4. Abordar as dimensões globais mas também os dilemas individuais que se colocam.
 5. Incentivar a motivação dos alunos a lidar com estes problemas e a procurar possíveis soluções.
 6. Apresentar os dados de forma crítica, reflectindo sobre a sua natureza, validade e significado.
 7. Organizar os dados e fazer com que a transferência de conhecimento ocorra e chegue ao público.

Os debates raramente se resolvem, contudo, com base apenas em resultados científicos, já que os problemas implicam em geral interacções com outras áreas da sociedade, fazendo com que o consenso se torne difícil e dependente do contexto sociocultural. Assim, a comunidade científica partilha com outros agentes sociais a responsabilidade no debate crítico e público que possa influenciar as decisões individuais e colectivas.

Os profissionais ligados à educação em ciências têm, por sua vez, um importante papel a desempenhar na substituição das crenças pseudocientíficas¹¹ que invadem a sociedade actual por algo mais criativo, imaginativo e desafiador. Um caminho possível e viável é o de que os alunos adoptem valores e atitudes da prática científica (que, embora não exclusivos desta prática, nela se colocam em termos de princípio), como a criatividade, o pensamento crítico ou a análise racional dos factos, já que “o conhecimento científico actual é a melhor compreensão que temos do mundo, tal como a democracia é a melhor forma de organização social” (Longbottom e Butler, 1999, p. 485).

¹¹ Chama-se mais uma vez a atenção para o eurobarómetro *Les Européens, la science et la technologie*, divulgado pela Comissão Europeia (2001), o qual mostra que a maioria dos europeus considera a astrologia como um campo científico (52,7% contra 38,9%), quase sem variação em função da faixa etária considerada. O campo avaliado, nesta categoria, como mais científico foi o da medicina, logo seguido da física e da biologia (curiosamente), ocupando a astrologia o sétimo lugar.

Esta medida torna-se, nesse sentido, ainda mais importante para os alunos que não vão seguir carreiras nas áreas de ciências e que, como tal, não necessitam de saber equações químicas ou físicas pormenorizadas mas precisam de compreender o funcionamento da ciência e as suas implicações na sociedade, ferramentas fundamentais para a sua vida futura, em particular para o exercício de uma cidadania plenamente vivida e assumida.

O principal objectivo dessas ferramentas é o de ajudar os alunos a avaliar as consequências da ciência e da tecnologia, através, por exemplo, do (a) uso de pensamento probabilístico; (b) da apreciação da natureza da ciência, em termos da sua dimensão falível e imersa em valores; (c) da compreensão de que as decisões não se podem basear em julgamentos finais mas na melhor informação disponível; (d) da percepção das limitações dos modelos utilizados para prever consequências futuras relativamente a uma ou outra utilização possível dos produtos da ciência; e, (e) da ajuda na distinção entre conhecimento científico e pretensamente científico (McInerney, 1986).

Os debates públicos na área da biologia, desde o aquecimento global à clonagem, levam frequentemente os diferentes membros da sociedade a assumirem posições éticas, sem que tenham reflectido sobre as crenças e assunções que estão na base das suas opiniões. Movidos por essa necessidade sentida, Johansen e Harris (2000) desenvolveram um método para ajudar os alunos a tomarem decisões que implicam conflitos éticos.

A abordagem sugerida por aqueles autores torna indispensável que os alunos tenham em consideração argumentos opostos, que analisem custos e benefícios e que alcancem uma decisão final justa e equitativa. Como esta abordagem pode servir de guia orientador para o professor de biologia na sala de aula, aquando da discussão de temas tão controversos como os que a genética levanta hoje em dia, descrevem-se sumariamente as suas etapas:

1. *Argumentação.* Os alunos são estimulados a apresentar argumentos a favor e contra cada um dos lados de um conflito ético.
2. *Análise de diferentes pontos de vista.* Os alunos são encorajados a considerar os outros lados do problema e a perceber que não decidir é também uma decisão com consequências.

3. *Apreciação dos custos e dos benefícios.* Com base em toda a informação recolhida, os alunos devem produzir uma análise mais detalhada dos custos e benefícios de cada argumento.
4. *Decisão.* Através da discussão aberta e do debate, os alunos deverão chegar a uma conclusão ou decisão, por consenso ou maioria, por forma a estabelecerem um compromisso social e moralmente aceitável.
5. *Avaliação.* Atingida esta fase, os alunos são ainda desafiados a avaliar se foi tomada uma decisão justa e equitativa e a discutir os critérios que a definem como tal.

O treino na tomada de decisões em problemas sócio-científicos, ao permitir aos indivíduos uma análise profunda das crenças e assunções subjacentes às posições assumidas, é de uma grande abrangência, já que os temas que originam dilemas éticos estão sempre a mudar mas os valores culturais a que estão arreigados são profundos e, como tal, mais estáveis.

Os fundamentos que levam a uma decisão responsável têm, por seu lado, uma natureza ética em si mesmos, ainda que a mesma possa não ser explicitada ou assumida por quem decide. Para decidir, segundo Mayor (1995, p. 154), é necessário ter-se uma visão geral dos temas em causa e só uma abordagem holística permite avaliar as diferentes opções possíveis; para além disso, “temos de aprender a pensar de forma prospectiva, em termos dos direitos humanos inter-geracionais dos nossos filhos e dos filhos deles”; e, por fim, “precisamos duma perspectiva histórica e global”¹², de forma a não esquecer que o passado pode ajudar a mudar o presente e que o que fizemos aqui e agora é o legado que deixamos aos nossos descendentes.

Este enquadramento sugere uma ética do dever e uma ética do respeito pela pessoa, imperativos categóricos formulados por Kant do seguinte modo: “age apenas segundo uma máxima tal que possas ao mesmo tempo querer que ela

¹² Esta perspectiva global está já presente no último projecto curricular lançado pela ASE (*Association for Science Education*), designado por *Science: The Global Dimension*, precisamente com o objectivo de introduzir a discussão de temas globais no currículo de ciências britânico. Os alunos são colocados perante dilemas em contextos globais e locais e são encorajados a pensar em soluções científicas criativas. Desenvolvem, assim, elevadas competências de pensamento, ao compreenderem como os cientistas respondem perante situações reais complexas, ao ligarem o local e o global e ao anteverem desenvolvimentos científicos possíveis através da compreensão da dimensão global (ASE, 2003).

se torne lei universal” (Kant, 1995, p. 59); por outro lado, como acentua Gaarder (1995), “devemos tratar os outros homens sempre como um fim em si e não como um meio para alguma outra coisa” (p. 296). Como sugere Oliveira (2000), estes imperativos necessitam hoje de ser complementados com uma ética da responsabilidade futura que possa ter em linha de conta a preservação do homem e da vida na Terra e que Hans Jonas (1992, pp. 30-31) concretiza nas seguintes proposições:

Age de forma a que os efeitos da tua acção sejam compatíveis com a permanência de uma vida autenticamente humana sobre a Terra.

Age de forma a que os efeitos da tua acção não destruam a possibilidade futura de uma tal vida.

A prudência é mesmo considerada por Hans Jonas como o primeiro dever ético perante a incerteza e a dúvida que as possibilidades da ciência actual colocam. O reconhecimento destas limitações torna-se, de acordo com o mesmo autor, “a outra vertente da obrigação da procura do saber” (Jonas, 1992, p. 26) e cria as condições para agir com responsabilidade.

A educação é a única via que pode permitir que a responsabilidade se possa exercer ao longo das gerações e, como tal, tornou-se numa prerrogativa e num direito universal. A complexidade da ciência e das suas implicações sociais atingiu as proporções de uma autêntica revolução, na qual todos somos chamados a reflectir sobre o que queremos ser enquanto seres humanos e enquanto sociedade.

Esta ideia leva-nos à questão da complexidade, um macroconceito analisado por Morin desde as suas primeiras publicações nos inícios dos anos setenta, o qual permite uma visão mais integrada e reflexiva dos problemas. Morin (1990) desenvolve a ideia da necessidade de um pensamento complexo na sociedade actual, por oposição a um pensamento simplificador (característico da ciência até ao século XX, mas que já não serve), o qual “desintegra a complexidade do real” (p. 9) e que o analisa de forma mutiladora, redutora e unidimensional.

O pensamento complexo, ao contrário, aspira à articulação entre diferentes

domínios, reconhecendo os elos entre as diferentes entidades, que se podem distinguir mas não isolar. Isso leva à existência de uma tensão permanente no pensamento complexo entre “a aspiração a um saber não parcelar, não fechado, não redutor e o reconhecimento do inacabamento, da incompletude” e da incerteza de todo o conhecimento (Morin, 1990, p. 10).

Para se poder reflectir sobre as questões que a ciência levanta é importante reunir os elementos disjuntivos do saber, de forma a manter os conjuntos e as totalidades e não isolando os objectos daquilo que os envolve, tendo em conta que “um pensamento mutilador conduz necessariamente a acções mutiladoras” (Morin, 1990, p. 22).

A análise dos temas científicos não pode, assim, desligar-se das várias dimensões da ciência e das suas ligações à tecnologia, à sociedade, ao ambiente e à ética, ou seja, da sua complexidade. Esta perspectiva tem em conta que qualquer abordagem parcelar é pobre, mas mantém-se alerta quanto à incerteza e ao que não sabemos, factores fundamentais quando se analisam temas de biologia como os que interferem com a integridade e a dignidade do homem.

4. A Educação em Biologia

A biologia, encarada de uma forma genérica como o estudo de plantas e animais, é uma componente que tem integrado todas as culturas e religiões, ao longo do tempo. Todos os indivíduos, em todos os continentes, acabam por possuir algum conhecimento vulgar sobre os seres vivos, como seja, por exemplo, o de algumas das propriedades terapêuticas da fauna e da flora locais. Este conhecimento era passado de geração em geração, através de uma educação não formal, como forma de preparação para a vida em comunidade. Com a modernização veio a especialização e o ensino formal nas escolas, tendo o conhecimento biológico perdido, como consequência, alguma dessa importância cultural popular ligada à sobrevivência (Giordan, 2000a).

Enquanto disciplina escolar, a biologia começou por integrar o currículo visando aspectos mais descritivos da estrutura e do funcionamento de alguns tipos seleccionados de organismos. Nos anos sessenta, muitos países promoveram reformas na educação em biologia, na sequência de projectos como o BSCS (*Biological Sciences Curriculum Study*), nos Estados Unidos, ou o *Nuffield Science Programme*, no Reino Unido.

A tendência dominante no ensino das ciências que atravessou toda a década de setenta foi, como se assinalou, a da ciência dos cientistas, visando sobretudo formar mais cientistas e engenheiros, de modo a preencher as necessidades das sociedades em acelerado crescimento. “Pensar como um cientista”, “o gosto da ciência pela ciência” e a preparação para a universidade eram entendidos como finalidades e objectivos internos a cada disciplina.

A abordagem social da educação em biologia começou, no entanto, a dar os primeiros passos ainda na década de setenta, com a UNESCO a promover, em 1975, uma reunião preparatória onde se sugeria que o conteúdo da biologia escolar deveria ser relevante para a vida real e para a experiência profissional

do aprendente. Passaram a ser enfatizados alguns aspectos da biologia humana, tais como a nutrição, a reprodução e a doença. Falava-se na compreensão conceptual, na aplicação dos conhecimentos aprendidos, ligando a biologia com as necessidades sócio-económicas, o trabalho e o desenvolvimento.

Os anos oitenta levaram a ciência e a tecnologia a fazer parte integrante da educação geral na escola, com vista a tornar os futuros cidadãos pessoas produtivas e responsáveis, na perspectiva de que o desenvolvimento de uma sociedade pressupõe literacia científica e, em consequência, uma educação em ciências adequada e generalizada.

É nesse contexto que o já referido Relatório do Projecto 2061 (AAAS, 1989), na parte destinada à biologia e às ciências da saúde, reconhece expressivamente que as sociedades modernas necessitam de cidadãos que assumam a responsabilidade pela manutenção de uma boa saúde biológica e que sejam críticos relativamente a decisões sociais de âmbito biológico.

A inclusão de temas de grande relevância social e actualidade assume-se, assim, como uma exigência que se impõe aos actuais programas. Conferir essa utilidade aos conteúdos específicos de biologia implica, pois, ensinar menos tópicos, mas ensinar os mais importantes e em maior profundidade (Martins, Dias e Silva, 2000; Rutherford e Ahlgren, 1995; Millar, 1996). De acordo com Reiss, Millar e Osborne (1999), as teorias fundamentais para compreender a biologia mantêm-se como corpo estruturante de qualquer currículo e decorrem das ideias basilares do conhecimento biológico, entre elas se destacando as seguintes:

1. As células como unidades básicas de todos os organismos vivos.
2. O corpo humano como um conjunto de sistemas de órgãos inter-relacionados e sua relação com a manutenção da saúde e as causas da doença.
3. A adaptação dos organismos aos ambientes físicos e biológicos nos quais se encontram.
4. Os processos vitais nas plantas verdes, em particular a fotossíntese.
5. Os mecanismos pelos quais as características hereditárias passam para a geração seguinte.

6. A evolução das espécies por selecção natural.

Compreender as ideias-chave das ciências acaba por ter uma importância fundamental em termos intelectuais e em termos práticos, já que “toda a actividade humana se desenvolve em redor de jogos de ideias em número reduzido” (Barberá, 1992, p.35). Já Whitehead (1967), em 1929, alertava para o perigo do que denominou *ideias inertes*, ou seja, ideias que são recebidas passivamente pela mente, sem que lhes seja dado qualquer uso. Relevando a necessidade de se saber utilizar o conhecimento, defendeu a importância de as ideias teóricas deverem ter sempre alguma aplicação no currículo escolar, de forma a manter o “conhecimento vivo”. O mesmo ponto de vista defende o biólogo Maynard-Smith, ao referir que parte das dificuldades em aprender biologia radicam na presença de um “montão de malditos factos” (in Barberá, 1992, p.35).

A perspectiva de Hurd (2000), antes mencionada, de referência aos problemas não resolvidos, não deverá ser também esquecida no âmbito desta área específica. Para além disso, e como lembra Solomon (2001), será necessário actualizar o currículo dando conta aos alunos de algumas das descobertas que a ciência contemporânea vai trazendo à luz do dia, pois, previsivelmente, serão fulcrais para a literacia científica dos futuros cidadãos.

No contexto actual, à biologia estarão cometidas especiais responsabilidades, na medida em que o século XXI parece estar a ser o século de mais uma revolução na ciência, agora protagonizada pelas ciências biológicas, tendo em conta a investigação recente em biotecnologia e a sequenciação completa do genoma humano, com todas as importantes consequências que daí se esperam para o progresso da genética médica, da indústria farmacêutica, da saúde pública e de um melhor conhecimento da vida humana.

Segundo Hurd (2001), a biologia tem, na verdade, sofrido profundas alterações nos últimos cinquenta anos, aparecendo hoje muito mais voltada para a investigação estratégica ou aplicada e para a resolução de problemas centrados nos contextos humanos e sociais do que para a indagação de novas teorias, princípios ou leis.

Esta revolução está, no entanto, a exigir decisões profundas no que diz

respeito a questões éticas, legais, sociais, culturais, educacionais e de desenvolvimento, as quais afectam a vida pessoal de cada um e a sociedade de formas novas. Torna-se assim importante que, neste campo particular, biólogos, meios de comunicação social e profissionais da educação façam esforços no sentido de assegurar que os alunos e os cidadãos tenham acesso a um conhecimento básico de biologia e biotecnologia que lhes permita tomar decisões face a situações que impliquem esse conhecimento específico.

Mais uma vez surge aqui com pertinência a importância da comunicação da ciência ao público, numa sociedade cada vez com mais necessidade de adquirir, renovar e usar o conhecimento. Podemos dizer, com Vohra (2000), que uma sociedade do conhecimento implica uma *sociedade da aprendizagem*, ou seja, aquela em que se fornecem muitas e variadas oportunidades para aprender, não só na escola como no trabalho e, de uma forma geral, em toda a vida social, cultural e económica. Isto implica que se torne “o novo conhecimento mais acessível, de diversas maneiras e para mais gente” e que se torne “o conhecimento mais útil para os aprendentes”.

O caminho para lá chegar não passa, sob pena de a situação se agravar, pela criação de mais disciplinas ou pela introdução de mais conteúdos nas escolas, mas, como sugere Giordan (2000b), por promover a abertura e a tomada de consciência dos alunos para os problemas e por suscitar a sua curiosidade para o que não é óbvio nesses problemas. O essencial é proporcionar a todos os indivíduos a oportunidade de adquirirem um determinado nível de cultura através do estudo da biologia, estimulando cada pessoa para a abertura de espírito e para ser capaz de adquirir novos conhecimentos.

O ensino da biologia deveria, em consequência, ser pautado por uma atitude de questionamento, criando situações estimulantes de aprendizagem que motivem, sensibilizem ou desafiem os alunos a confrontar as suas ideias com as de outros ou com dados, experiências ou observações. Para além disso, deveria centrar-se mais na biologia humana e em questões relativas ao crescimento e desenvolvimento das pessoas, não só por irem de encontro aos interesses dos alunos, mas por ser a biologia humana, na opinião de Hurd (2001), o tema integrador das centenas de campos de conhecimento em que a biologia moderna se pulverizou.

A investigação biológica deve, de acordo com o mesmo autor, pautar o seu desenvolvimento pela reflexão sobre a qualidade das suas práticas e sobre as suas relações com a sociedade, afirmando-se como um meio ao serviço do desenvolvimento humano e da salvaguarda do planeta.

Giordan (2000b) defende, assim, uma comunidade científica orientada para a responsabilidade da comunicação da ciência ao público, aquando da discussão de controvérsias como as suscitadas pelos problemas das dioxinas na alimentação, dos organismos geneticamente modificados ou da “doença das vacas loucas”, pois esses temas despoletam a necessidade de compreensão na população, a qual deve ser potenciada como bons momentos de aprendizagem e de educação dos cidadãos.

Esta não é, no entanto, uma tarefa fácil, dada a complexidade do conhecimento actual e a pluridimensionalidade das situações que se colocam hoje em dia. As mudanças na produção e no consumo, as situações de doença e os problemas ambientais são importantes desafios que envolvem a sociedade e a biosfera, numa relação nem sempre clara. A resolução deste tipo de problemas implica, por sua vez, uma abordagem complexa pois, para além de informação, há necessidade de clarificação de valores e, mais do que isso, a própria ideia de causalidade simples não pode dar resposta a questões relativas à saúde e ao ambiente.

Num contexto como este, a educação em biologia que se impõe dificilmente será compatível com o ensino-aprendizagem de um catálogo de factos, ilustrado por um ou outro trabalho prático. Implica, ao invés, a construção pessoal de conceitos e a sua aplicação aos temas correntes, o que nos leva a tecer algumas considerações, necessariamente sumárias, sobre a forma como a ciência e o conhecimento se constroem e desenvolvem.

5. A Construção do Conhecimento da Ciência e a Construção do Conhecimento do Aluno: Fundamentos Epistemológicos e Psicológicos

Seja qual for o currículo de ciências que se analise ou projecte, ele tem necessariamente uma epistemologia implícita que, de algum modo, se repercute na ciência que é ensinada e aprendida. A reflexão sobre as questões epistemológicas que influenciam a educação em ciências torna-se, por essa razão, fundamental para tornar mais clara e credível qualquer proposta de actuação.

A natureza e a linguagem da ciência têm sido examinadas cuidadosamente nas últimas décadas, através, nomeadamente, dos contributos da história e da filosofia da ciência e da psicologia da aprendizagem. Pode dizer-se, inclusivamente, que este exame terá levado a uma mudança de paradigma, afectando decisivamente a forma como são vistas a natureza e a aprendizagem da ciência: a ciência como um construto humano e social e a aprendizagem como a construção pessoal de novo conhecimento. Esta perspectiva está em contraposição com o paradigma anteriormente dominante, o qual veiculava a ciência como uma actividade neutra e cumulativa e a aprendizagem como aquisição passiva de informação.

Os principais argumentos que dão corpo a este novo paradigma são, segundo Carr et al. (1994), os seguintes:

1. No âmbito da história e da filosofia da ciência – a percepção do mundo ser vista como subjectiva, sendo as observações influenciadas por experiências anteriores e pelas teorias existentes em relação ao mundo. A rejeição de um método científico uno e universal, com referência a dados neutros baseados na observação, pondo em seu lugar métodos plurais que dependem das circunstâncias de cada investigação e que, tal como o conhecimento, mudam e se desenvolvem consoante muda o conhecimento e as próprias técnicas.
2. Na psicologia da aprendizagem – as teorias mais recentes vêm a

aprendizagem actual como resultante da interacção com conceitos anteriormente aprendidos e como a criação de novos construtos mentais a partir dos anteriores. Nestas teorias parece haver um reconhecimento crescente da importância da dimensão afectiva e dos contextos na aprendizagem. Entende-se hoje, com efeito, que o contexto no qual decorre a aprendizagem acaba por afectar a forma como os alunos constroem o seu conhecimento, sendo por isso recomendados contextos pedagógicos com ligações fortes aos interesses dos alunos. Para que aquilo que se aprende possa ter sentido, a ciência abordada na escola deverá, por outro lado, ter em vista a sua utilização no mundo real do aluno.

5.1. A Construção do Conhecimento Científico

A educação em ciências, assim como a concretização de qualquer currículo correspondente, implicam uma compreensão alargada do que é a ciência. As concepções que, em geral, os currículos veiculam correspondem, muitas vezes, a pontos de vista incoerentes e desajustados, geralmente de natureza empirista e indutivista, que se baseiam numa justificação do conhecimento a partir dos dados fornecidos pela experiência sensível e defendem o uso sistemático e exclusivo da indução como método científico – concepções há muito postas em causa pelos filósofos da ciência e em completa dissonância com o que a literatura contemporânea defende no que diz respeito à produção científica e à ideia de ciência (Hodson, 1985, 1988; Cachapuz, Praia e Jorge, 2002).

A epistemologia contemporânea tende, de facto, para uma visão mais racionalista da ciência e dos seus métodos, ao considerar que a experiência não satisfaz completamente a razão, e que os dados empíricos não são neutros nem destituídos de componente teórica. A ideia de que as próprias observações se baseiam na teoria inviabiliza qualquer distinção clara entre dados e teoria (Millar, 1989; Santos, 1991b), tal como Vygotsky aliás, muito antes antecipara: “os factos não são entidades pré-teóricas em bruto, estão antes carregados de teoria” (in Rivière, 1985, p. 34).

A evidência observacional e experimental deixa, assim, de desempenhar um

papel tão determinante na ciência; esta não é considerada livre de especulações e dos constrangimentos da sua tradição de funcionamento; é antes vista como uma actividade humana e, como tal, falível. Popper (1984) veio contribuir decisivamente para esta visão, ao considerar que a ciência progride por conjecturas e refutações e que as suas teorias se mantêm apenas enquanto conseguem resistir aos testes e nenhuma melhor a substitua. Pode dizer-se, como afirma Morin (2002), que a epistemologia, a partir de meados de século XX, “descobriu (redescobriu) que nenhuma teoria científica pode pretender-se absolutamente certa” (p. 14).

A ciência é, neste quadro, encarada como uma actividade dinâmica, de significação cultural profunda, numa busca constante da verdade mas não de certezas absolutas, na tentativa de resolver problemas e onde a imaginação e a intuição jogam um papel importante na criação de conceitos e teorias, sempre de estatuto provisório. Como afirmam Prigogine e Stengers (1986), “a ciência faz parte do complexo de cultura a partir do qual, em cada geração, os homens tentam encontrar uma forma de coerência intelectual” (p. 28).

Partindo da análise do pensamento de filósofos da ciência como Popper, Kuhn, Lakatos e Feyerabend, Hodson (1988) sistematiza alguns pontos importantes a ser considerados nos currículos de ciência escolar e com grandes implicações para o ensino da mesma:

1. As teorias são estruturas complexas produzidas pela actividade criativa humana e não por uma mera generalização indutiva a partir de dados da observação.
2. As teorias podem ser mantidas ou elaboradas, apesar da possível existência de dados de observação aparentemente contrários; necessitam de tempo para se desenvolverem antes de serem submetidas a uma comprovação rigorosa, seja de natureza empírica ou racional.
3. Quando a observação e a teoria estão em conflito, os pressupostos fundamentais da teoria são protegidos, desviando a aparente falsificação para algumas das suas estruturas teóricas subsidiárias, quiçá para uma teoria da observação ou da instrumentação em que se apoia a recolha de dados.
4. As teorias novas permitem ao cientista olhar o mundo de uma nova forma.

As teorias científicas traduzem, desse modo, as mudanças e as complexidades das relações entre os conceitos, assim como o ponto de vista das comunidades científicas da sua época. Delas dependem, até certo ponto, os problemas, as metodologias e a avaliação dos resultados que caracterizam a actividade científica num determinado momento. O papel das teorias reveste-se assim de grande importância, pois elas intervêm inevitavelmente em qualquer acto de percepção e o seu valor para os cientistas radica, precisamente, na sua capacidade para justificar as observações.

Nenhuma teoria, no entanto, abarca todas as observações no seu domínio, havendo sempre algumas que não são explicadas satisfatoriamente. Esta situação tanto pode levar ao ajuste da teoria como ao surgimento de teorias alternativas que sejam mais abrangentes e explicativas, na busca incessante de mais verdade (não tanto de certeza).

A formulação de uma qualquer teoria envolve, no entanto, procedimentos hipotético-dedutivos, sendo depois apoiada ou não, em termos funcionais, pela observação e pela experimentação com que se confrontam. A hipótese, sob este ponto de vista, adquire um papel de articulação e de diálogo entre as teorias, as observações e as experimentações, servindo de guia à pesquisa científica (Cachapuz et al., 2002). Balizada por um fundo teórico e com grande protagonismo na explicação dos resultados obtidos, a hipótese atravessa, de acordo com Hodson (1988), três fases distintas na construção da ciência: criação, validação e incorporação no corpo de conhecimentos, fases essas que correspondem à geração de hipóteses, aos testes a que a hipótese é sujeita e aos critérios sociais de aceitação e de registo do conhecimento científico.

A nível da sala de aula, será igualmente útil que os alunos tenham consciência dessas fases do trabalho científico e saibam distinguir entre a criação e a validação das hipóteses, com vista à compreensão da própria actividade científica, no que diz respeito à confirmação ou infirmação das hipóteses. Fazer com que os alunos percebam que a confirmação positiva de uma hipótese não implica que ela seja verdadeira é um bom avanço na compreensão da natureza da ciência. Os alunos poderão, assim, ser levados a compreender que em ciência não basta criar conhecimento novo; este tem de

resistir à crítica e à comprovação por parte de outros praticantes, exercendo a comunidade científica controlo sobre a actividade dos seus membros e sobre a legitimação do conhecimento científico.

A crítica, a argumentação e o consenso constituem também elementos da racionalidade científica que estão em jogo na construção da ciência. Se se pode falar em experiências cruciais bem sucedidas em determinados casos, outros exemplos há em que várias experiências não dão resposta definitiva aos problemas, nem tão pouco põem em causa uma teoria já aceite.

A relação entre a experiência e a teoria, assim como toda a construção do conhecimento científico, constituem, na realidade, uma actividade complexa que não se compadece com explicações teóricas lineares na sala de aula, quando se pretende que os alunos aprendam ciência. A apresentação das teorias, na escola, de uma forma finalizada, sem o questionamento, a dúvida, as controvérsias que antecedem o produto final, só pode servir para reforçar nos alunos uma visão autoritária e retórica da ciência.

Para que os alunos possam compreender melhor o(s) método(s) da ciência, a ideia que se deverá passar é a de que corresponde(m) a “um caminho [não necessariamente único] para ideias cada vez mais lógicas e plausíveis, mais (re)pensadas, mais abstractas e gerais” (Cachapuz et al., 2002, p. 84). Como tal, a visão empirista/indutivista ingénuo de que o método científico é linear, sequencial e universal deverá dar lugar à ideia de que os métodos são vários e dependem de circunstâncias particulares, mudando e desenvolvendo-se à medida que mudam os conhecimentos teóricos e as técnicas.

A compreensão dos métodos usados ao longo da história das ciências pode mesmo ser fundamental para evidenciar a complexidade da construção dos conceitos científicos (inclusivamente algumas das contradições internas dessa própria construção), as razões da mudança e a evolução da própria ciência ao longo do tempo (Cachapuz et al., 2002).

A história da ciência surge, por conseguinte, como um importante recurso didáctico ao serviço da epistemologia, já que, pela análise de casos históricos, os alunos poderão aperceber-se do caminho sinuoso e incerto que as teorias e os processos têm percorrido ao longo do tempo, da natureza provisória da

explicação científica e da inter-dependência social e política da evolução científico-tecnológica.

Para além disso, vários estudos têm encontrado algum paralelismo entre a resistência à mudança por parte dos estudantes e a resistência da comunidade científica às novas ideias em ciência (Burbules e Linn, 1991). Por essa razão, o questionamento e a problematização dos conhecimentos dos alunos, no sentido de os levar a corroborar ou refutar as suas próprias ideias, pode ser uma forma de viverem a prática científica, através de um caminho de reflexão em confronto com observações, experimentações e a própria história da ciência.

A história da ciência pode, sob este ponto de vista, ter uma dimensão metacognitiva de relevo, ao ajudar os alunos a reflectir sobre os seus próprios processos de pensamento e sobre as suas concepções (Campanario, 1998).

A construção do conhecimento por parte dos alunos é, em parte, comparável à construção do conhecimento científico, no sentido em que exige mudanças profundas de natureza conceptual, metodológica e atitudinal (Gil Pérez, 1993), podendo a história da ciência jogar um papel de grande relevo nessa direcção. No dizer de Cachapuz et al. (2002, p. 88), com a história da ciência importa o seguinte:

1. Criar oportunidades para os alunos se consciencializarem da natureza do conhecimento científico como sendo não definitivo e também como os conceitos e as teorias mudam.
2. Ajudar ao questionamento da exigência de princípios objectivos e únicos, centrados apenas numa racionalidade lógica.
3. Evidenciar o papel relevante que a comunidade científica possui na legitimação do conhecimento científico, bem como as resistências que, quase sempre, os cientistas colocam à mudança de “paradigma”. Trata-se de relevar que a ciência é uma construção humana e um empreendimento antropológico-cultural (...).

5.2. A Construção do Conhecimento Pessoal

Como antes se deu a entender, o paralelismo, ainda que parcial, entre a construção do conhecimento no indivíduo e a construção do conhecimento científico, entre as ideias contemporâneas sobre a aprendizagem e sobre a epistemologia das ciências, parece poder ser estabelecido e algumas pontes efectuadas entre os dois tipos de evolução de organização lógica de conhecimento.

A perspectiva epistemológica de cunho racionalista preconiza a desdogmatização da ciência, reflecte sobre a evolução das teorias científicas e sobre a sua relatividade e limitações, ao mesmo tempo que mostra o cientista como um sujeito que capta o mundo exterior de forma activa e interveniente para formular hipóteses explicativas imaginativas e abrangentes e que não se limita a induzir passivamente teorias a partir da observação de factos.

A psicologia cognitivista apoia-se também neste potencial cognitivo do sujeito, ao valorizar a sua capacidade para organizar as experiências e construir explicações viáveis para estas, num processo activo e construtivo de compreensão e de significado.

A palavra *construtivismo* é, ela mesma, um termo usado por psicólogos, epistemólogos e educadores. Em traços gerais, este conceito encerra a ideia de que tanto os indivíduos como os grupos de indivíduos constroem significados e representações acerca de como funciona o mundo, os quais mudam ao longo do tempo, o que requer uma reorganização dos saberes pré-existentes.

No caso concreto da psicologia e da educação, começaram por dominar, inicialmente, as ideias associacionistas e condutivistas, mantendo-se mais ou menos reinantes até aos anos setenta. O fracasso destas correntes em descrever e prever como aprendem as pessoas, levou à emergência de novos pontos de vista sobre como se produz conhecimento (Leahey e Harris, 1998).

Ao contrário das concepções condutivistas, que procuravam nos estímulos externos ao indivíduo a explicação para o seu comportamento, as concepções cognitivistas actuais passaram a dar maior importância aos processos internos envolvidos na aprendizagem. A nível epistemológico, surge, em oposição às

concepções empiristas, a corrente construtivista que atribui especial importância ao papel activo do sujeito na construção do seu próprio conhecimento e à relação que ele é capaz de estabelecer entre os conhecimentos e experiências anteriores e os conhecimentos e experiências novos.

O conceito de construtivismo surge elaborado em trabalhos como os de Glasersfeld (1988), Novak (1988), Driver, Guesne e Tiberghien (1985) e nas formulações de Piaget, Ausubel, Vygotsky ou Kelly. Nas reflexões destes autores estão subjacentes alguns princípios fundamentais estruturantes da orientação construtivista e assim resumidos por Resnick (1983):

1. Quem aprende constrói significados, não reproduz simplesmente o que se lhe ensina.
2. Compreender supõe ser capaz de estabelecer relações; as informações desligadas não são retidas pela memória, de forma significativa.
3. Toda a aprendizagem depende de conhecimentos anteriores.

Estes princípios mantêm-se nas actuais tendências construtivistas, embora cada autor saliente mais um ou outro aspecto do processo de construção do conhecimento, originando diferentes pontos de vista e variantes do construtivismo: Piaget, por exemplo, deu mais importância ao conhecimento processual ou operativo; Ausubel preferiu sublinhar a importância do conhecimento declarativo (conceptual, factual ou proposicional); Kelly relevou, sobretudo, a capacidade humana de representação através de construtos ou padrões de representação hipotéticos; Vygotsky, por seu lado, salientou a interacção social como origem dos processos de aprendizagem e desenvolvimento humanos. Daqui derivam duas perspectivas fundamentais: um construtivismo pessoal, que atribui maior ênfase à influência do conhecimento interno prévio, e um construtivismo social, que privilegia as experiências externas. A distinção entre influência externa e interna é, contudo, difícil de estabelecer, devido à sua forte interdependência e dupla influência ao longo do tempo. Ter em conta a sinergia entre essas duas situações será, como defende Hewson (2001), “crucial para se ter uma compreensão sobre a aprendizagem construtivista” (p. 118).

Do ponto de vista epistemológico, importa distinguir os diferentes tipos de

conhecimento que o sujeito pode construir, uma vez que os conceitos de *conhecimento científico*, *conhecimento quotidiano* e *conhecimento escolar* estão presentes no ensino e na aprendizagem das ciências e são vistos de forma diferente pelos alunos.

O conhecimento científico, como, de uma forma sintética, Vásquez e Manassero (1999) o caracterizam, é um conhecimento provisório, reformulável, instrumental, intersubjectivo, público, replicável, probabilístico, contextualizado, mas sempre conservando uma certa tensão com os pólos contrários. Através da conjugação entre a teoria e o(s) método(s), procura, no entanto, explicações cada vez mais aproximadas da realidade.

O conhecimento quotidiano, por seu lado, decorre dos saberes comuns a uma determinada sociedade e a uma determinada época e é empregue de forma generalizada pelas pessoas que vivem nesse contexto e, como tal, configura as ideias e as actuações dos seus membros, ou seja, corresponde ao conhecimento relativo alcançado pela maioria num determinado período histórico.

Nesse sentido, os alunos, quando chegam à escola, possuem já conhecimento que constroem através dessa sua experiência como membros de uma sociedade, de um grupo, de uma família; um conhecimento que lhes é útil e que lhes permite interactuar com o meio envolvente.

O conhecimento quotidiano caracteriza-se, assim, sobretudo pela sua utilidade prática e pragmática, enquanto que o cientista põe à prova as suas teorias, esperando que sejam certas. O critério de validação das teorias no conhecimento vulgar não é a exactidão mas a correspondente utilidade efectiva para interpretar o meio envolvente. O cientista, pelo contrário, aspira a uma aproximação à verdade, procurando construir um corpo estruturado, lógico e coerente de conhecimentos.

Quando o aluno é confrontado com o conhecimento científico na escola, este vai colidir com o que o aluno construiu, fruto das suas interacções com o meio que o rodeia. Apesar de este conhecimento não ser correcto do ponto de vista científico, apresenta-se lógico aos sentidos e pode, nessa condição, funcionar como ponto de partida.

O conhecimento quotidiano foi, no entanto, durante muito tempo, encarado como um conhecimento meramente erróneo e de pouco valor face às teorias científicas. A tarefa do aluno na escola, nessa perspectiva, seria a de substituir o seu conhecimento quotidiano por um conhecimento escolar do mesmo tipo do científico.

Se para compreender o meio envolvente, de contornos bem definidos e perceptíveis, é pacífico partir do conhecimento quotidiano para construir o conhecimento escolar, já é mais problemático fazê-lo em relação às entidades não observáveis ou aos modelos idealizados, baseados em leis universais, não vinculados a realidades concretas, pois as explicações quotidianas dificilmente se aplicam a este conjunto de fenómenos, só podendo o aluno deitar mão do seu conhecimento escolar prévio.

Como o que dá sentido ao conhecimento quotidiano ou ao científico é muito diferente do que pode dar sentido ao conhecimento escolar, este vai estar dependente do clima de aprendizagem que for criado na sala de aula, tendo em vista a construção contextualizada tanto do mundo concreto como das representações teóricas da realidade.

Rodrigo (1994) considera que, em muitos casos, a transformação do conhecimento quotidiano em científico é difícil de alcançar e nem sequer é desejável, já que o aluno tem sempre de agir com o seu conhecimento quotidiano quando sai da escola. Assim, Rodrigo propõe um *construtivismo diferencial*, em oposição ao construtivismo unitário, considerando que a epistemologia que guia os três tipos de conhecimento é diversa. Esta autora defende que não se deve pretender que o aluno substitua necessariamente o seu conhecimento quotidiano pelo escolar, podendo ambos coexistir, já que são suportados por epistemologias diferentes. O aluno poderá activar conhecimentos diferentes consoante o contexto em que se encontrar.

O conhecimento escolar ideal, no nosso entendimento e no de Porlán (1993), deve ser determinado pela integração dos contributos de diversos contextos culturais, incluindo elementos provenientes do saber quotidiano e não apenas do conhecimento científico. Para Garcia (1994), do mesmo modo, estas duas formas de conhecimento não são incompatíveis entre si, devendo a escola

esforçar-se não por eliminar os conhecimentos quotidianos dos alunos e substituí-los pelos científicos, mas apostar na melhoria destes, promovendo a sua complexificação e transformação.

Podemos também encontrar aqui um paralelismo com o que Vygotsky considera a dialéctica entre o conhecimento espontâneo da criança e o conhecimento científico. O conhecimento escolar vai permitir aos alunos que o seu conhecimento quotidiano, impregnado de experiência, se expanda e que o conhecimento científico, inicialmente esquemático e carente da riqueza proveniente da experiência pessoal, atinja um nível mais elementar e concreto. Podemos afirmar que Vygotsky (1998) defende um certo continuísmo entre os dois tipos de conhecimento pois, como ele próprio sublinha, “o desenvolvimento dos conceitos espontâneos da criança é ascendente, enquanto o desenvolvimento dos seus conceitos científicos é descendente” (p.135).

Esta perspectiva de Vygotsky manifesta-se não só em termos funcionais como estruturais. Os conceitos científicos vão abrir caminho aos conceitos quotidianos, através da criação de estruturas que permitem o desenvolvimento da consciência e a evolução para uma sistematização conceptual, enquanto que os quotidianos vão evoluir no sentido de uma maior objectividade, construindo-se uma espécie de simbiose entre ambos.

A implicação destes pontos de vista para a aprendizagem das ciências encaminha-nos para uma solução integradora dos diferentes tipos de conhecimento, contrária à da ruptura epistemológica que defende uma substituição radical dos conhecimentos quotidianos prévios, tidos como alternativos ou erróneos em relação aos científicos, por um conhecimento escolar próximo da ciência. Uma visão integradora que passa, na proposta de Pozo (1999), por uma coexistência representacional das diversas formas científicas e intuitivas de conhecimento com uma integração conceptual ou hierárquica das mesmas. As formas de conhecimento mais potentes vão, assim, poder redescrever ou explicar as mais simples, sem as anularem necessariamente do ponto de vista representacional ou cognitivo pela utilidade que proporcionam nas situações quotidianas.

A forma como entendermos as relações entre estas formas de conhecimento

tem implicações directas no modo como se entende a aprendizagem e, em concreto, a das ciências. Consideraremos a aprendizagem como uma construção do conhecimento, na qual os conhecimentos prévios jogam um papel determinante em todo o processo.

CAPÍTULO II

A APRENDIZAGEM DAS CIÊNCIAS

Podemos afirmar da aprendizagem, em especial da aprendizagem das ciências, que “menos é mais”. (Bruner, 1996)

A verdadeira educação não só consiste em ensinar a pensar mas também em aprender a *pensar sobre o que se pensa* e este momento reflexivo (...) exige constatar a nossa pertença a uma comunidade de criaturas pensantes. (Savater, 1997)

1. Perspectivas da Aprendizagem Humana

A aprendizagem humana começou por ser estudada, do ponto de vista psicológico, com base em pesquisas sobre o comportamento animal que se esperava trouxessem luz também sobre o comportamento humano.

Durante quase um século, o ponto de vista dominante sobre a aprendizagem foi o de que um estímulo do meio ambiente produzia uma resposta do organismo e que, por repetição, se formava um vínculo que associava sempre um estímulo a uma determinada resposta. Como se partia do pressuposto que os princípios da aprendizagem seriam os mesmos em todo o reino animal, os estudos experimentais podiam ocorrer em qualquer animal no laboratório e ser depois estendidos aos seres humanos.

Estas teorias associacionistas ou comportamentalistas, de natureza rigidamente prescritiva, eram apoiadas pelos pontos de vista positivistas ou empiristas sobre a natureza do conhecimento, em grande expansão em meados do século XX; daí não ser de estranhar a sua grande aceitação e o facto de se terem mantido preponderantes mais ou menos até aos anos setenta (Novak, 1988).

O fracasso destas teorias em descreverem e preverem como as pessoas produzem conhecimento ou como se aprende permitiu que surgissem novos pontos de vista, mais adequados à especificidade humana e tendo em conta a capacidade de construir e desenvolver conceitos e o uso da linguagem, aspectos substancialmente diversos da aprendizagem animal.

Produzia-se, assim, uma mudança de paradigma, dando lugar a um renovado interesse pela elaboração activa de cada indivíduo. O conhecimento produz-se, segundo esta nova perspectiva, por meio de inter-relações entre a pessoa e o ambiente, pondo-se agora a ênfase na pessoa activa, capaz de dar sentido aos acontecimentos por meio da sua implicação na construção e interpretação de experiências individuais (Pope e Gilbert, 1988).

Começaram, em consequência, a ser dominantes pontos de vista cognitivos como os representados por autores como Piaget, Ausubel, Kelly, Vygotsky ou Bruner, entre outros. As teorias cognitivistas assim emergentes atendem, progressivamente aos processos mentais envolvidos na aprendizagem, começando a ser explorados aspectos como a aquisição de conceitos, a transferência da aprendizagem e a motivação.

A teoria de Piaget, em concreto, dá especial relevo aos processos internos que têm lugar no sujeito e estabelece como factor determinante no processo de aprendizagem e de construção de novos conhecimentos o nível de desenvolvimento cognitivo por ele atingido, ou seja, as estruturas cognitivas que possui e as operações lógicas que é capaz de pôr em marcha.

As estruturas cognitivas, correspondentes às redes organizacionais que suportam o conhecimento, mudam com a idade, quantitativa e qualitativamente, sendo estas mudanças qualitativas que estão na essência do estabelecimento dos estádios de desenvolvimento propostos por Piaget. Cada estádio corresponde a um período de desenvolvimento que pressupõe, por parte do sujeito, o domínio de determinadas estruturas que lhe permitem realizar um certo número de tarefas ou actividades, as quais, sem a sua aquisição, não seriam possíveis.

A aprendizagem é, na perspectiva piagetiana, condicionada pela existência ou

não dessas estruturas, ou seja, a aprendizagem de qualquer indivíduo depende do seu nível de desenvolvimento cognitivo. No entanto, o grau de dificuldade das tarefas de aprendizagem deve ser tal que permita o desenvolvimento, ou seja, que provoque conflito cognitivo, pondo em marcha processos de equilíbrio que levem a um maior desenvolvimento.

Mas, enquanto Piaget considera o nível de desenvolvimento cognitivo atingido pelo sujeito um factor condicionante da aprendizagem, Ausubel, por seu lado, considera como factor decisivo o papel da organização lógica dos conteúdos específicos e a natureza desses conteúdos (Ausubel et al., 1978).

Um dos maiores contributos da formulação de Ausubel terá sido, no entanto, a ênfase posta na aprendizagem significativa em contraste com a aprendizagem mecânica e a importância dada pelo autor ao papel do conhecimento anterior na aquisição do novo conhecimento. Para aprender significativamente, um indivíduo deve ser capaz de relacionar os novos conhecimentos com as proposições e conceitos relevantes que já conhece e que constituem a sua *estrutura cognitiva*. Na aprendizagem memorística ou rotineira, pelo contrário, o novo conhecimento pode aprender-se retendo o sujeito apenas a informação e incorporando-a, de forma arbitrária, na estrutura de conhecimentos, sem haver interacção com os conceitos e as proposições já existentes.

Também para Kelly (1963), o conhecimento anterior joga um importante papel na aquisição do novo conhecimento. O indivíduo, segundo este autor, conhece-se a si mesmo, ao seu ambiente e antecipa os acontecimentos futuros por meio de *construtos pessoais* que resultam da sua capacidade de reconhecer semelhanças e diferenças entre acontecimentos que experiencia. Os construtos são, assim, dimensões bipolares de significado que constituem o conjunto estruturado do conhecimento que o indivíduo tem para compreender e antecipar o seu mundo experiencial. O construto tem, desse modo, a dupla função de processar a informação que chega aos sentidos e antecipar os acontecimentos futuros.

A dupla dimensão do construto pessoal, integrativa e preditiva, aproxima cada ser humano de um cientista, já que põe à prova as hipóteses (construtos) do primeiro, as quais se vêem validadas ou não na sua conduta:

Todas as nossas interpretações do universo podem ser gradualmente avaliadas cientificamente se formos persistentes e formos aprendendo com os nossos erros. (Kelly, 1963, p. 15)

Cada indivíduo actua perante o universo e o meio em que vive de forma activa, na medida em que desenvolve uma actividade cognitiva, mediativa e permanente, a qual implica construção, previsão e validação prática. O facto de as representações serem individuais e idiossincráticas não implica, no entanto, que não possam ser compartilhadas com os outros. Na perspectiva de Kelly, as construções compartilham-se desde que se pertença à mesma sociedade concreta e a uma cultura determinada, em que os significados se negoceiam e acordam, num processo contínuo, sendo esta a base da interacção e da vida em comum (Minguet, 1992).

Bruner, do mesmo modo, inicialmente muito próximo das ideias de Piaget – tendo sido responsável até pela divulgação da sua obra no mundo anglo-saxónico – distancia-se, posteriormente, da teoria piagetiana e vai também dar especial relevo a factores que dependem do contexto em termos de desenvolvimento e aprendizagem. Para ele, a cultura constitui um poderoso instrumento que permite modelar e ampliar as capacidades cognitivas da pessoa e tem uma influência directa sobre os modos de pensar dos seus membros.

Existem, dessa forma, diferentes modos de representação da realidade que os indivíduos têm à sua disposição e vão construindo quando interagem. As crianças, em concreto, organizam a sua acção a partir de determinantes externos mediados pelo adulto e não através de simples pressões internas, como preconizam as teorias piagetianas (Bruner, 1989).

Não admira, assim, que Bruner tenha defendido que a maior parte da aprendizagem, na maioria dos ambientes, é realizada em comum. A criança vai apropriar-se do conhecimento, mas fá-lo numa comunidade que partilha o seu sentido de pertença a uma cultura. A descoberta e a invenção continuam, nessa linha, a ser importantes mas são-no também a negociação de significados e a sua partilha (Bruner, 1989).

A cultura, para além de dar forma à vida e à mente humana, vai conferir significado à acção, ao situar num sistema interpretativo os estados intencionais subjacentes a essa acção. Esse processo é realizado por meio da linguagem e dos modos de discurso inerentes a essa cultura, assim como através das formas de explicação lógica e narrativa e dos padrões reciprocamente dependentes da vida comunitária (Bruner, 1990).

No desenvolvimento destas suas ideias, Bruner acabaria por ser fortemente influenciado pela leitura da obra de Vygotsky, o qual valorizava a interacção social como génese e factor decisivo dos processos de aprendizagem e desenvolvimento humanos. Para este autor, o sistema de aprendizagem funcional de uma criança nunca será igual ao de outra criança, embora possam existir aspectos comuns em determinadas fases do desenvolvimento.

Para Vygotsky, a aprendizagem tem por objectivo promover a criança ao nível intelectual dos que a rodeiam, possibilidade que lhe é permitida pelo carácter eminentemente social da natureza humana. A aprendizagem que realmente importa é, segundo ele, aquela que promove o desenvolvimento, ou seja, os processos de desenvolvimento não coincidem com os de aprendizagem mas seguem estes últimos, dando origem à *zona de desenvolvimento próximo* (ou potencial). Esta corresponde à

distância entre o nível real de desenvolvimento, determinado pela capacidade de resolver independentemente um problema e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da resolução de um problema sob a supervisão de um adulto ou em colaboração com outro colega mais capaz. (Vygotsky, 1979, p. 133)

A aprendizagem vai, assim, despertar um conjunto de processos evolutivos internos capazes de operar quando a criança está em interacção e cooperação com outros. Uma vez internalizados, esses processos convertem-se em ganhos evolutivos da criança e criam possibilidades de actuação autónoma e uso independente de tais processos perante situações e tarefas novas, cada vez mais complexas.

Na teoria vygotskiana, a aprendizagem constitui, então, um processo social que tem lugar entre pessoas. A aprendizagem foi conceptualizada como uma

internalização de interacções sociais, na qual a comunicação ocupa um papel central. Tem lugar em interacção social, num contexto específico, internalizado pela pessoa. Esta internalização não corresponde a uma cópia, mas sim a uma transformação da interacção externa numa nova forma de interacção que vai guiar, posteriormente, as acções da criança. A internalização não se limita a espelhar directamente as relações sociais externas; reflecte-a, depois de a transformar. No plano inter-subjectivo, pode ser compreendida como uma interacção que a pessoa realiza consigo própria; sendo à mesma uma espécie de interacção, mas com o sujeito a assumir todos os papéis na interacção, isto é, regulando e agindo ao mesmo tempo (Hedegaard, 2001).

Como afirma Savater (1997), no seu livro *O Valor de Educar*, a criança passa por duas gestações: “a primeira no útero materno segundo determinismos biológicos e a segunda na matriz social em que se cria, submetida a variadíssimas determinações simbólicas – a linguagem, a primeira de todas – e a usos rituais e técnicos próprios da sua cultura” (p. 25).

2. Dimensões do Desenvolvimento Cognitivo

2.1. O Pensamento e a Linguagem

A relação entre pensamento e linguagem é complexa e tem sido abordada de diferentes formas, dependentes das teorias diversas que orientam os investigadores e o foco das suas investigações.

Bruner (1989) refere-se a Freud, Piaget e Vygotsky como os autores que mais terão contribuído para a construção de teorias sobre o desenvolvimento humano, onde o pensamento e a linguagem foram conceitos analisados e inter-relacionados. Ao apresentar estes três investigadores, Bruner diferencia os seus diferentes olhares de uma forma curiosa: Freud mais preocupado com o passado histórico da pessoa, Piaget com o presente e Vygotsky com o futuro. Desenvolvem-se, de seguida, alguns aspectos do pensamento destes dois últimos autores, por assumirem maior relevância na presente abordagem.

Piaget (1977b) encara o conhecimento como resultado de uma acção do sujeito sobre a realidade. Conhecer um objecto é actuar sobre ele, ou seja, realizar sobre ele uma *operação mental* adequada. Nesse processo, as operações desenvolvem-se e associam-se e fazem parte de uma estrutura de conjunto, designada por Piaget de *esquemas operatórios*.

Como a cada instante a acção é desequilibrada pelas transformações que surgem no mundo – exterior ou interior –, cada nova acção vai tender para um equilíbrio mais estável (Piaget, 1978). Toda a evolução psíquica do ser humano é, dessa forma, descrita por Piaget como a passagem de um estado de equilíbrio a outro de equilíbrio superior, marcando estádios sucessivos que exibem formas singulares de relacionamento com a realidade.

A linguagem é, por outro lado, considerada, por esse autor, um factor de desenvolvimento mas não a sua fonte. Não deixando de reconhecer que a transmissão do conhecimento é marcadamente enriquecida com a

possibilidade das trocas verbais e que, sobretudo na adolescência, é inquestionável a importância da linguagem para o pensamento verbal, Piaget (1977b) considera que “há uma inteligência antes da linguagem, mas não há raciocínio antes da linguagem” (p. 21).

A linguagem não constitui, então, uma condição suficiente de construção das operações mentais, sobretudo no que respeita às estruturas lógico-matemáticas mais elementares. Parece existir uma lógica das coordenações mais profunda do que a lógica ligada à linguagem. O estágio da inteligência sensório-motora é anterior à linguagem e é durante este período que as crianças executam materialmente as acções que hão-de interiorizar e constituir o seu pensamento. É por isso que a linguagem é tão tardia em relação ao desenvolvimento, pois é necessário um exercício prolongado de acção para construir as subestruturas do pensamento ulterior.

A linguagem é, no dizer de Piaget, solidária com o pensamento e supõe até a formação de um sistema de operações, o qual corresponde a acções executadas já não materialmente, mas interiormente e simbolicamente. Esta função simbólica – a capacidade de representar uma coisa por meio de outra – surge no período pré-operatório e leva bastante tempo a concretizar-se.

Entre os sete e os doze anos (tendencialmente)¹³ desenvolve-se, então, o período das operações concretas, onde a criança passa a ser capaz de coordenar operações no sentido da reversibilidade e no sentido do sistema de conjunto. Este período corresponde ainda a uma lógica baseada unicamente nos próprios objectos, ligada à manipulação destes.

As operações formais, inicialmente consideradas por Piaget como começando a delinear-se por volta dos doze anos e a ter o seu nível de equilíbrio por volta dos catorze-quinze anos, vão caracterizar um período de profundas transformações intelectuais que têm a sua génese nas estruturas intelectuais anteriores. Enquanto a criança, no estágio precedente, permanece presa aos objectos e acontecimentos concretos, o adolescente pode subordinar o real ao

¹³ Referem-se as idades aproximadas estabelecidas por Piaget (Inhelder e Piaget, 1976) como meramente indicativas, sabendo que investigações posteriores têm posto em causa esta universalidade, facto reconhecido, aliás, pelo próprio em obras mais tardias (Piaget, 1977b).

possível, pode pensar abstractamente sem ter de se apoiar em manipulações.

Nesta fase, quando o raciocínio se torna hipotético-dedutivo e se liberta dos seus laços concretos, é o pensamento verbal que parece fornecer as condições geradoras necessárias, embora não suficientes, para explicar o pensamento formal, sendo fundamental para o acabamento das estruturas do pensamento.

A linguagem é, porém, também neste último estágio, uma condição necessária mas não suficiente para a construção das operações lógicas. Necessária, porque sem o sistema de expressão simbólica que constitui a linguagem as operações permaneceriam no estado de acções sucessivas e essencialmente individuais, ignorando a regulação social. Mas, tanto a linguagem como o pensamento dependem da inteligência que é anterior à linguagem e independente dela (Piaget, 1978).

Vygotsky, por seu lado, procurou também entender a relação do pensamento com a linguagem e as suas implicações no processo de desenvolvimento intelectual. Existe grande divergência, no entanto, entre os dois investigadores, na medida em que a linguagem tem, para Vygotsky, um papel definitivo na organização do pensamento, reestruturando diversas funções psicológicas, como a atenção, a memória, a formação de conceitos.

Na análise de Vygotsky, a linguagem começa por ser social, tanto na sua função como nas condições da sua constituição. Corresponde a um meio de expressão e comunicação social, mas também de pensamento. A expressão comunicativa da fala, enquanto função social, funciona como o substrato da actividade interpsicológica. A função intelectual alude, por seu lado, a um nível intrapsicológico de organização da própria linguagem.

Neste processo de interiorização da linguagem externa para linguagem interna, ela é reconstruída para dar resposta à sua função intelectual. As actividades sociais em que se encontra implicado o sujeito vão, assim, determinar o sucesso dessa interiorização. Nesta internalização, Vygotsky outorga uma importância fundamental à linguagem egocêntrica da criança, a qual ocupa um lugar de transição entre uma e outra e permite o progressivo distanciamento do social. Esta redução paulatina da linguagem egocêntrica não vai significar a sua atrofia, mas sim a sua transformação em linguagem

interna.

A linguagem egocêntrica, também alvo da atenção de Piaget, tem para este um papel muito diferente, não a relacionando com a linguagem interna. Ela provém de uma socialização insuficiente da fala e desaparece, sendo a linguagem interna algo de novo e que vem do exterior com o processo de socialização.

Para Vygotsky, o desenvolvimento cognitivo evolui, por outro lado, de uma forma contínua, dialéctica e complexa – e não por estádios sucessivos –, com o pensamento e a linguagem a seguirem, de início, vias autónomas, até que, a uma certa altura do desenvolvimento ontogenético, se encontram e, em consequência, “o pensamento se torna verbal e a linguagem racional” (Vygotsky, 1998, p. 54).

A unidade entre pensamento e linguagem é, nessa perspectiva, estabelecida pelo significado da palavra. Sendo um elemento inerente à palavra e expressando esta uma generalização ou um conceito, o significado vai constituir um fenómeno verbal mas também intelectual.

A perspectiva vygotskiana permite, assim, explicar a evolução dos significados, já que estes não são por ele entendidos como uma mera acumulação de associações entre palavras e objectos. A evolução resulta de uma transformação estrutural do significado que, partindo de formas inferiores de generalização do pensamento verbal, chega a formas superiores complexas, como são os conceitos abstractos.

Bruner, por seu turno, e como já se deu a entender, passa a dar uma maior ênfase ao papel que o meio pode estabelecer no desenvolvimento intelectual da criança, depois de tomar contacto com a obra de Vygotsky. Este aspecto particular será desenvolvido mais adiante, mas vale a pena relevar já aqui a sua posição própria relativamente às questões da relação entre pensamento e linguagem.

A conceptualização de Bruner (1989) passa, neste âmbito, pela elaboração de uma teoria da representação, consubstanciada na existência de três códigos distintos: uma representação proporcionada pelas acções habituais,

relacionada com o conhecimento da realidade envolvente; uma representação através de imagens; e uma representação simbólica, mediante um esquema abstracto que pode ser a linguagem. Coerente com tal formulação, o autor defende que as crianças aprendem melhor através da manipulação de objectos concretos, para depois evoluírem para a utilização de sinais e símbolos abstractos para representar objectos e acontecimentos.

Tal como no caso de Vygotsky, o desenvolvimento não pressupõe, para Bruner, uma sequência de etapas, mas sim um domínio progressivo das três formas de representação e a sua tradução parcial de um sistema para outro. A linguagem, estabelecida ao nível simbólico, é, conjuntamente com o pensamento, fundamental para o desenvolvimento cognitivo.

Um aspecto marcante das perspectivas de Vygotsky e de Bruner e que as distingue da de Piaget é, em suma, o relevo que ambos atribuem ao papel da interacção social no desenvolvimento do indivíduo, algo que mais à frente se analisa mais detalhadamente.

2.2. O Pensamento Lógico do Adolescente

O desenvolvimento cognitivo durante a adolescência foi, na verdade, alvo de um estudo profundo e sistemático por parte de Piaget e da sua equipa de colaboradores, sendo a obra *De la logique de l'enfant a la logique de l'adolescent*, publicada em 1955, ainda a fonte de referência para a caracterização deste período do desenvolvimento (Inhelder e Piaget, 1976).

A análise piagetiana assume a cognição humana como sendo basicamente unitária e a inteligência como um todo indiferenciado, baseando-se no pressuposto de que “a compreensão dos números constitui o centro do intelecto” (Gardner, 1991, p. 29). À luz de perspectivas mais recentes, como a de Gardner, esta visão da inteligência, basicamente lógico-matemática, é considerada limitada, pois os seres humanos, na opinião deste autor, possuem uma gama de capacidades e potenciais muito mais vastos. É assim que Gardner, na sua obra *Frames of mind*, datada de 1983, acaba por estabelecer a sua *teoria das inteligências múltiplas*, concebendo sete formas diversas de inteligência: linguística, lógico-matemática, musical, motora, espacial,

interpessoal e intrapessoal. A estas, acrescenta três “novas” inteligências, em 1999, no livro *Intelligence reframed: naturalista, espiritual e existencial* (Gardner, 2001).

Apesar das críticas recorrentes apontadas à sua teoria, Piaget continua a ser considerado uma referência incontornável mesmo pelos autores que vão apresentando teorias alternativas à sua. Os múltiplos estudos realizados por Piaget e seus seguidores têm permitido manter válida parte substancial da sua teoria explicativa do funcionamento mental. Muitos resultados daí derivados têm, por exemplo, apontado no sentido de uma correlação positiva entre o pensamento lógico-formal e a aprendizagem das ciências e, em particular, a resolução de problemas (Neto, 1998). O desenvolvimento cognitivo piagetiano pode ser, como afirma Neto, “um bom preditor da resolução de problemas [em ciências]” (p. 121), ideia reforçada pelos resultados obtidos no estudo empírico pelo próprio levado a cabo.

Com base nos argumentos apresentados, descrevem-se sumariamente as características dos estádios das operações concretas e formais, não só por se relacionarem sequencialmente e hierarquicamente, resultando o segundo da ampliação integradora e superante do primeiro, como também porque, previsivelmente, boa parte da população estudantil permanecerá nos níveis concretos de pensamento, como alguns resultados investigativos parecem sugerir (Carretero, 1986).

Piaget partiu, como já foi referido, da conceptualização de estádios evolutivos de desenvolvimento, a que fez corresponder idades médias flexibilizadas em função do grau de inteligência ou da própria variação da vida social, mas que surgiam numa ordem de sucessão constante. Para além disso, considerou os estádios organizados de forma hierárquica e qualitativamente distintos entre si. Assim, cada estágio corresponde a um período de desenvolvimento que pressupõe uma determinada estrutura que permite à criança ou ao adolescente realizar um certo número de tarefas ou actividades que, sem a sua aquisição, não seriam possíveis.

No *estádio das operações concretas*, a criança ultrapassa o egocentrismo social e intelectual e inicia a construção do pensamento lógico, ou seja, a realidade é estruturada pela razão. No entanto, ela só é capaz de operar com

conteúdos particulares apoiados em situações concretas e de estabelecer relações lineares e simples entre os objectos. Por conseguinte, não existe um pensamento hipotético propriamente dito e a criança não tem capacidade de generalização ou de transferência de umas situações para outras.

No *estádio das operações formais*, o indivíduo é já capaz de realizar operações lógicas mentais, não apenas sobre os objectos, mas também sobre as suas representações. Raciocina em função de hipóteses e é capaz de utilizar *pensamento hipotético-dedutivo* ou *formal*, operando sobre o possível sem ter necessariamente de se apoiar em manipulações. O raciocínio formal procede por hipóteses e deduções, tendo a pessoa capacidade para reflectir antes de proceder a uma verificação sistemática das hipóteses. Esta conquista vai permitir-lhe maior capacidade para resolver problemas pois é capaz de organizar os dados da realidade em proposições, as quais vão poder ser combinadas de várias formas, segundo as exigências de uma nova lógica, ou lógica das proposições, ou, ainda, uma lógica de todas as combinações possíveis.

Estas operações formais funcionam como um pensamento de segunda ordem, mediante o qual o adolescente não vai já ficar limitado à aplicação de operações a objectos mas consegue fazê-lo às representações desses objectos: “o pensamento concreto é a representação de acções possíveis e o pensamento formal a representação de uma representação de acções possíveis” (Piaget, 1978, p. 93).

Os novos esquemas formais que vão aparecendo incluem vários tipos de raciocínio, só possíveis nesta fase do desenvolvimento (Dolle, 1997). Pela sua eventual relação com uma resolução significativa de problemas (de genética, no caso concreto deste estudo), julga-se pertinente incluir, de seguida, uma breve definição dos mesmos:

- *Raciocínio combinatório* – representa a capacidade dos indivíduos deste estágio de conceberem todas as relações possíveis entre os elementos de um problema e está subjacente aos outros esquemas formais. As operações combinatórias constituem, na análise de Piaget, um esquema operativo geral que o indivíduo, neste estágio, emprega em presença de problemas cuja solução exige um quadro sistemático de

combinações possíveis.

- *Raciocínio proporcional* – apresenta-se sob o ponto de vista lógico e sob o ponto de vista matemático, ou seja, não corresponde apenas a relações aritméticas entre números, mas a uma operação qualitativa e lógica que se estrutura quantitativamente.
- *Raciocínio probabilístico* – constitui uma súmula dos esquemas operatórios de proporção e combinatória e resulta de uma assimilação do acaso por parte das operações formais:

Para julgar, por exemplo, da probabilidade de pares ou de trios tirados à sorte numa urna contendo quinze bolas vermelhas, dez azuis, oito verdes, etc., é preciso ser capaz de operações, duas das quais, pelo menos, são próprias do presente nível: uma combinatória que permite tomar em consideração todas as associações possíveis entre os elementos em jogo, e um cálculo de proporções, por mais elementar que seja, que permite apreender (o que escapa aos indivíduos dos níveis anteriores) que probabilidades como três para nove ou dois para seis, etc., são iguais entre si. (Piaget e Inhelder, 1997, p. 128)

As operações formais vão fornecer ao pensamento “um poder completamente novo, que redundará em desligá-lo e libertá-lo do real para lhe permitir construir à vontade reflexões e teorias” (Piaget e Inhelder, 1997, p.128). Ao conseguir, dessa maneira, subordinar o real ao possível, o adolescente vai poder raciocinar ao nível da resolução de problemas sem se apoiar directamente nos dados empíricos, deduzindo conclusões a partir de hipóteses e não apenas de uma observação real. Para além desta, outras possibilidades se abrem para ele, com consequências directas a nível das aulas de ciências e das actividades práticas. Entre essas possibilidades, Gutiérrez (1987) sistematiza as seguintes:

1. Estabelecer relações, não só entre objectos, grupos de objectos ou fenómenos, mas também entre outras relações (proposições).
2. Realizar planos experimentais, usando o *controlo de variáveis*, ou seja, estando consciente que para controlar um factor sobre o sistema tem de manter todos os outros constantes e que deverá repetir o mesmo procedimento para cada uma das variáveis que intervenham no mesmo.
3. Utilizar modelos para explicar a realidade, não necessariamente

idealizados em termos reais e concretos, mas que podem ser explicitados em termos teóricos e abstractos, com base em hipóteses, a partir das quais podem extrair conclusões e aplicá-las na resolução de problemas práticos ou para interpretar a realidade.

Mas isso só será possível se o aluno se encontrar efectivamente neste estágio de desenvolvimento, pois, como Piaget defende, o modo como o sujeito conhece e se relaciona com o mundo é mediado pelas estruturas mentais, ou seja, pelo seu nível de desenvolvimento mental.

Resultados empíricos da investigação, como constata Gutiérrez (1987), têm apoiado este ponto da sua teoria: os alunos no estágio de desenvolvimento concreto não compreendem ou compreendem mal os temas que envolvem operações formais mas os que se encontram no operatório formal estão à vontade nos dois tipos de operações. Daí que variados autores concedam à teoria piagetiana um valor preditivo, o que permite compreender alguns comportamentos dos alunos em relação à sua própria aprendizagem, nomeadamente quando memorizam sem compreender ou quando são bem sucedidos em provas e se constata, posteriormente, que não compreenderam verdadeiramente os conceitos.

Alguns investigadores têm tentado demonstrar que é possível promover o desenvolvimento cognitivo e levar os alunos do estágio concreto a compreender os conceitos formais, mediante actividades específicas como as seguintes (Gutiérrez, 1987):

1. Provocar no aluno um *conflito cognitivo*, a partir de experiências ou problemas concretos que sejam novos para ele. Ao mesmo tempo, facilitar a oportunidade de manipular objectos e trocar ideias e informação com os colegas e o professor, com vista à reestruturação das novas ideias e novos esquemas de assimilação.
2. Introduzir o novo conceito como uma possibilidade de dar resposta ao problema colocado. Para isso, dar oportunidade para que o aluno explore, experimente e compare as possibilidades explicativas do novo conceito, com vista a sanar o conflito cognitivo suscitado (equilíbrio).
3. Possibilitar a aplicação do novo conteúdo, por parte do aluno, a

diferentes contextos, como forma de garantir que a reestruturação mental se consolide.

Embora Piaget tenha reconhecido a importância do contexto social no desenvolvimento cognitivo dos jovens, não lhe atribuiu, contudo, um papel mediador relevante em todo o processo. Autores como Bruner ou Vygotsky salientam, em contrapartida, a decisiva influência dos factores contextuais como condicionantes do desenvolvimento.

2.3. A Importância dos Contextos

Que o desenvolvimento resulta da intersecção entre o indivíduo e o seu ambiente é algo hoje dado por adquirido; já a forma de explicar como esse desenvolvimento depende das influências externas varia de autor para autor.

Piaget, como se tem vindo a expor, faz corresponder aos diferentes tipos de inteligência – sensório-motora, concreta e formal – diferentes formas de socialização – imitação, egocentrismo e cooperação –, numa relação isomórfica com as operações mentais da criança. Assim, entende o acto de conhecer como uma construção individual que emana da interacção do sujeito com o seu meio, mas este meio é visto mais como físico do que como um espaço de interacções e relações sociais.

Ao equacionar a influência do ambiente social, Piaget faz sobretudo ressaltar o seu papel enquanto factor de aceleração ou atraso do desenvolvimento, papel esse que sublinha a nível teórico, mas a que acaba por não dar especial relevo nas suas investigações empíricas. As influências sociais no desenvolvimento não constituem, assim, o aspecto central na teoria de Piaget, dando maior ênfase à forma como as crianças compreendem propriedades físicas e lógicas do mundo, enquanto actuam sobre ele como indivíduos (Fernández e Melero, 1995).

A cooperação com os outros pode, nesse sentido, ser útil se funcionar como indutora de *conflito cognitivo* quando, por exemplo, alunos com pontos de vista diferentes discutem entre si um qualquer assunto intelectual ou moral. Essa discussão, provocando desequilíbrio, pode levar a criança à tentativa de

resolução lógica do conflito interno e ao conseqüente avanço cognitivo.

Muitos estudos foram já realizados pelos seguidores de Piaget, com vista a determinar a efectividade do conflito cognitivo induzido entre pares. Segundo Tudge e Rogoff (1995), os resultados obtidos têm consistentemente evidenciado crescimento cognitivo na maior parte dessas investigações. O trabalho em pequenos grupos parece, assim, especialmente indicado para promover esse crescimento, sobretudo se compostos por elementos heterogéneos do ponto de vista do desenvolvimento cognitivo e se todos se empenharem na obtenção de uma solução conjunta.

No trabalho realizado entre pares, mais do que a diferença na competência dos alunos, o factor determinante de desenvolvimento é o grau de intersubjectividade que conseguem alcançar na compreensão de um determinado problema e a colaboração na busca de uma solução (Tudge e Rogoff, 1995).

A teoria de Vygotsky reforça de uma forma mais marcante a interacção social, pois está construída sob o pressuposto de que não pode haver desenvolvimento sem o meio social em que a criança está imersa, seja ele institucional ou interpessoal. As crianças dispõem destas soluções sociais envolventes para o processamento cognitivo através da interacção com outros mais capazes, de tal modo que, no desenvolvimento cultural da criança,

toda a função aparece duas vezes; primeiro a nível social e mais tarde a nível individual; primeiro, entre pessoas (interpsicológica), e depois, no interior da própria criança (intrapsicológica). Todas as funções superiores se originam como relações ente seres humanos. (Vygotsky, 1979, p. 94)

Através da interacção social, o funcionamento individual avança, deste modo, para um plano superior. Mas este processo implica transformação activa, com a compreensão da criança a realizar-se não por mera acumulação de pensamentos e comportamentos sociais, mas por transformação qualitativa das actividades sociais.

O conceito que Vygotsky propõe para se compreender a natureza interactiva e social do desenvolvimento da criança é, como antes se assinalou, o de *zona de*

desenvolvimento próximo, na qual a criança actua para além dos limites da sua capacidade individual, apoiada por uma pessoa mais competente. Durante a interacção social na zona de desenvolvimento próximo, a criança é capaz de participar na resolução de problemas mais avançados do que aqueles que consegue resolver autonomamente.

Graças à interacção e à ajuda de outros, o sujeito é capaz de realizar uma tarefa de uma maneira e a um nível que não faria individualmente. Vai, assim, modificando os seus esquemas de pensamento e os seus significados, desenvolvendo capacidades de actuação autónoma e uso independente desses esquemas em situações novas e cada vez mais complexas.

A actividade independente tem lugar quando a pessoa internaliza processos mentais superiores mediados culturalmente, processos que internalizou antes com ajuda.

As actividades realizadas em colaboração com alguém mais avançado em termos cognitivos são, nesta perspectiva, fundamentais para o desenvolvimento. O papel do professor neste processo e a sua importância para a aprendizagem dos alunos saem verdadeiramente reforçados, assim como a construção conjunta de soluções no trabalho entre pares. Aqui, o paralelismo entre os processos cognitivos e sociais é estabelecido pela derivação de processos cognitivos superiores individuais, a partir de processos sociais em comum.

Ao comparar Piaget e Vygotsky, Bruner (1989) considera que para Piaget o ambiente social é secundário, no processo de desenvolvimento, em relação às propriedades lógicas subjacentes ao pensamento e que caracterizam o estágio de desenvolvimento em que a criança se encontra. Relativamente a Vygotsky, em contraste, faz ressaltar o valor do diálogo e da cooperação, acentuando que este autor “formulou uma teoria generativa na qual o homem é ajudado pela sociedade a atingir o seu pleno desenvolvimento” (p. 38).

Bruner considera, mesmo, que Vygotsky colocou o problema da educação de uma forma mais clara e viável do que Piaget. Este parece não ter manifestado grande preocupação directa com essa questão, não se referindo praticamente à natureza e à função do professor que interactua com a criança. Na opinião de

Bruner, a teoria piagetiana deixa por esclarecer como deve o professor actuar para levar os seus alunos a transitar de um estágio ao seguinte, a não ser fornecer os materiais e as situações adequadas para que realizem o seu próprio desenvolvimento.

Na perspectiva vygotskiana, o professor aparece, assim, com um papel determinante, sendo a educação por ele levada a cabo a continuação do processo que cria a própria cultura, ou seja, a continuação do diálogo através do qual se constrói o mundo social. O professor, ao ter esta consciência e capacidade de a tornar acessível aos outros, vai poder levar os alunos a níveis intelectuais superiores, através da reflexão e da consciencialização dos próprios actos (Bruner, 1989).

A cultura, neste contexto, não poderá ser um conceito assumido como algo uniforme que se recebe em doses iguais. A própria variação dentro dos grupos mostra que não é algo que se possa controlar ou medir como uma característica aplicável igualmente a todos os membros de um grupo. Uma forma mais consentânea com as ideias explanadas será, possivelmente, entendê-la como

modeladora e sustentadora dos contextos em que tem lugar a actividade (...) os quais identificam os elementos constituintes através dos quais a cultura afecta o indivíduo. Estes elementos constituintes – pessoas, motivos, tarefas, textos, objectivos, crenças – representam a instanciação da cultura ao nível individual. (Gallimore e Goldenberg, 1993, p. 331)

Para Bruner (1996), a cultura forma e simultaneamente torna possíveis as operações da mente humana, no sentido em que “o aprender e o pensar estão sempre situados num enquadramento cultural e sempre dependentes da utilização de recursos culturais” (p. 4). O desenvolvimento da criança (e do adolescente) depende do contexto ou da situação em que ela tem de raciocinar. Daí que o mesmo autor considere que os pontos de vista de Piaget sobre os estádios de desenvolvimento devam ser encarados com precaução pois “a mente humana não passa a níveis mais elevados de abstracção da mesma forma que a onda com a maré”, embora devam continuar a ser tomados a sério pois há, na verdade, estádios que “determinam a rapidez e a amplitude com que a criança pode saltar para a abstracção” (p. 120).

Enquanto Piaget estabelece como pré-requisito para a construção do conhecimento o nível de desenvolvimento cognitivo atingido pelo sujeito, Ausubel, ao contrário, atribui o papel decisivo à organização lógica dos conteúdos específicos e à natureza desses mesmos conteúdos. O conhecimento prévio assume-se, deste modo, como um factor determinante da aprendizagem e construção de novos conhecimentos.

3. Conhecimentos Prévios dos Alunos e Aprendizagem de Novos Conteúdos

Os conhecimentos prévios constituem um ponto de partida e um factor crucial no desenvolvimento do conhecimento dos alunos. É graças ao que já sabe que o aluno consegue atribuir um primeiro nível de significado e de sentido e iniciar o processo de aprendizagem de cada novo conteúdo, funcionando os conhecimentos anteriores como os fundamentos para a construção de novos significados.

Os alunos adquirem e reformulam o seu conhecimento no contexto escolar e, segundo Driver, Guesne e Tiberghien (1985), armazenam mentalmente esse conhecimento organizando-o em *esquemas de conhecimento*, daí resultando a *estrutura cognitiva* do conjunto de esquemas relacionados entre si. O conceito de estrutura cognitiva, anteriormente proposto por Ausubel et al. (1978), tem para Driver um sentido mais abrangente, pois engloba, para além do conhecimento declarativo, também o conhecimento processual.

Os esquemas de conhecimento não têm, no entanto, correspondência directa com a realidade pois na sua construção interferem os outros esquemas já existentes. Daí poder dizer-se que o conhecimento constitui uma representação pessoal da realidade, a qual, como tal, difere de aluno para aluno. Os esquemas de conhecimento permitem, assim, por um lado, armazenar e ajudar a reter informação e, por outro, modificar essa informação para a acomodar na estrutura cognitiva.

Driver et al. (1985) defendem, por isso, que cada pessoa tem uma organização característica de esquemas, pois a nova informação adquirida tem poucas probabilidades de ser armazenada da mesma maneira em duas pessoas distintas.

Do ponto de vista construtivista, é fundamental ter em conta os conhecimentos que o aluno já possui relativamente a um conteúdo em concreto, quer aqueles se relacionem de uma forma directa quer indirecta com

o conteúdo em causa. Quando o aluno vai aprender um determinado conteúdo, a informação sobre este conhecimento prévio é importante para o professor, não só porque o aluno o vai utilizar para aprender, mas também porque dependem dele as relações que os alunos são capazes de estabelecer para atribuir significado à nova informação (Mauri, 1993; Miras, 1993).

A aprendizagem será tanto mais efectiva, nesta perspectiva, quanto mais relações com sentido o aluno for capaz de estabelecer entre o conhecimento pré-existente e o conhecimento novo. Dito de outro modo, os significados assim construídos serão tanto mais significativos, funcionais e estáveis, quanto mais efectiva for a possibilidade que o aluno tem de estabelecer essas relações (Mauri, 1993).

Um esquema de conhecimento corresponde, segundo Coll (1983), à representação que cada pessoa possui, num determinado momento, sobre um aspecto concreto da realidade. As representações do conhecimento, sendo pessoais, podem surgir do estabelecimento de relações que o professor pode não prever, mas em que o aluno encontra conexões. Daí a importância de se tentar compreender os conhecimentos prévios do ponto de vista dos alunos e os significados por eles atribuídos ao novo conhecimento.

Os conhecimentos prévios são, no entanto, por vezes pobres, desorganizados, erróneos ou até parcial ou totalmente inexistentes. Os alunos podem, assim, ser levados a efectuar uma aprendizagem superficial, memorizando mecanicamente os conteúdos, ou a estabelecer relações erradas com conhecimentos que supõem estar relacionados. Estas situações implicam, necessariamente, uma adequação da planificação do ensino-aprendizagem, por parte do professor, para que possa dar resposta a este tipo de problemas.

O professor tem, então, um papel fundamental na actualização permanente dos conhecimentos prévios pois, mesmo quando eles existem na estrutura cognitiva do aluno, podem não estar presentes ao longo de todo o processo de aprendizagem. Assim, a explicitação das relações dos conteúdos novos com conhecimentos anteriores feita periodicamente, através de introduções aos novos conteúdos, pequenas sínteses, resumos, recapitulações, será sempre uma boa forma para facilitar aquele processo.

Os esquemas de conhecimento dos alunos podem não ser ajustados à realidade a que se referem mas se não possuem um grande poder explicativo de diversas situações do meio envolvente, acabam por ser facilmente modificáveis. Se, pelo contrário, possuem essa capacidade explicativa, podem constituir *concepções alternativas*, funcionando como verdadeiras teorias. Estas são construções pessoais, estáveis e resistentes à mudança que são, muitas vezes, úteis no dia-a-dia para resolver problemas práticos e são, em geral, implícitas.

Muitos investigadores se têm dedicado ao estudo destas concepções e reconhecido a sua influência na aprendizagem do conhecimento científico: uns apostando numa perspectiva descontínuista no sentido da erradicação dessas concepções e sua substituição pelo conhecimento científico (Gil Pérez, 1983; Novak, 1988; Posner et al., 1982); outros numa postura de continuidade entre o conhecimento espontâneo e o conhecimento científico, valorizando a importância de ambos na educação (Vygotsky, 1998; Fensham, 1980; Pozo, 1999; Luffiego, 2001).

4. Concepções Alternativas e Mudança Conceptual

As crianças trazem para a escola representações espontâneas próprias sobre o mundo natural e tecnológico, as quais têm, em geral, implicações na aprendizagem formal dos conceitos científicos. Existem diferentes designações para estas representações, justificadas, segundo Santos (1991b), pelas diferentes concepções epistemológicas que estão na base da sua análise e da valorização e do papel que lhes forem atribuídas na construção de conhecimento novo.

Quando as representações se consideram evitáveis e contingentes em relação ao acto de conhecer, são muitas vezes tidas como irrelevantes em relação ao ensino formal e surgem designadas por *concepções erradas* ou *pré-concepções*. Quando são entendidas como construções internas, ainda que de carácter provisório, necessárias ao processo de construção do conhecimento, assumem então designações como *concepções alternativas*, *estruturas alternativas*, *ciência da criança* ou *representações espontâneas*. Estas duas últimas expressões revelam, no entanto, posturas de maior positividade em relação aos conhecimentos que as crianças já possuem antes do ensino formal.

O interesse pelas representações dos alunos como concepções alternativas aos conceitos científicos desencadeou uma pujante e influente linha de investigação que deu mesmo origem ao chamado *Movimento das Concepções Alternativas*, o qual tem posto em evidência esses modos de explicação particulares dos alunos e as dificuldades que, amiúde, causam à aprendizagem efectiva dos conceitos científicos.

Os autores mais frequentemente referidos como precursores deste movimento têm sido Piaget e Ausubel, embora os seus contributos sejam distintos. Assim, do pensamento de Piaget ressalta a noção de representação do mundo que a criança elabora espontaneamente acerca dos fenómenos naturais, ao longo do seu desenvolvimento intelectual, e que vai construindo para dar sentido às suas experiências pessoais. De Ausubel, por outro lado, é relevada a importância que atribui à estrutura cognitiva, enquanto instrumento decisivo

para a integração de novas informações e novos conceitos.

Para Ausubel et al. (1978), o conhecimento prévio é a base para ancorar novos significados e os tornar compreensíveis, uma vez que o processamento da nova informação exige um relacionamento não arbitrário com os conhecimentos anteriores. Embora não aprofundando muito as representações inibidoras da aprendizagem formal, Ausubel e os seus colaboradores relevam a estabilidade e resistência à mudança de muitas concepções prévias, as quais podem dificultar a retenção de conceitos e princípios científicos.

As teses de Ausubel suscitaram centenas de investigações centradas no conteúdo das estruturas cognitivas dos alunos e na aprendizagem de conceitos, tendo-se verificado, em muitas delas, que uma grande parte das representações dos alunos funciona como alternativa aos conceitos científicos e se mantém mesmo após o ensino escolar.

Na verdade, é hoje dado por adquirido que, sem conhecer o que as crianças pensam sobre os fenómenos naturais, o ensino pouco impacte consegue ter. Daí a importância de se conhecerem essas ideias e as suas características gerais. Apesar da abrangência das pesquisas realizadas e das diferentes metodologias e pressupostos tidos em conta, Santos (1991a) sistematiza, do modo que a seguir se apresenta, um conjunto de características comuns em relação às concepções alternativas, úteis no ensino:

1. Têm uma *natureza pessoal*, visto corresponderem a representações que cada indivíduo faz do mundo que o rodeia, de acordo com a sua forma de o ver e interpretar (Driver et al., 1985; Osborne e Freyberg, 1985).
2. Possuem uma *natureza estruturada*, pois vão-se tornando mais gerais e complexas, permitindo enfrentar uma panóplia de experiências cada vez mais vasta (Osborne e Freyberg, 1985).
3. São esquemas dotados de uma certa *coerência interna*, ou seja, são sentidas como úteis e sensatas e possuem uma lógica própria (Driver et al., 1985; Osborne e Freyberg, 1985).
4. São *resistentes à mudança*, pois persistem ao longo do tempo e resistem mesmo ao ensino formal. Os estudos têm mostrado que muitos alunos aplicam as ideias científicas em contexto escolar e não o fazem fora dele. Para além disso, tem-se verificado que, mesmo após

os alunos parecerem dar provas de as ter ultrapassado, essas concepções ressurgem mais tarde, à medida que o desfasamento temporal relativamente ao ensino formal dos conceitos científicos aumenta. Esta regressão evidencia que o ensino não é, em geral, tão efectivo como se pensa, permanecendo as concepções alternativas latentes e mascaradas pela memorização dos conceitos científicos (Driver e Erickson, 1983; Driver et al., 1985; Osborne e Freyberg, 1985).

5. Revelam, no entanto, *pouca consistência*, embora os seus autores não se apercebam, de uma forma geral, de algumas das contradições em que podem cair (Driver et al., 1985; Osborne e Freyberg, 1985).
6. *Fazem recordar*, de uma maneira geral, *modelos históricos da ciência* e sugerem conceitos científicos já ultrapassados. Este paralelismo tem sido justificado por alguma semelhança de metodologias usadas pelas crianças e pelos cientistas do passado, metodologias fortemente radicadas nas evidências do senso comum. A história da ciência pode, nesse sentido, ser usada para confrontar os alunos com as suas concepções e tentarem, desse modo, transformá-las (Santos, 1991a).
7. São *influenciadas pela linguagem comum*, sobretudo no que diz respeito a termos transpostos do conhecimento quotidiano para o conhecimento científico com ruptura de sentido, como é o caso de “animal”, “planta”, “vida” ou “característica” (Bell e Freyberg, 1985). A dificuldade está em que os alunos não se apercebem das diferenças, por vezes subtis, entre a linguagem do dia-a-dia e a linguagem da ciência, nem dos limites das metáforas e analogias usadas na educação em ciências (Driver e Erickson, 1983).

Perante a identificação e descrição das concepções alternativas, foram formulados diferentes *modelos de mudança conceptual*, conducentes à formação de conceitos científicos. Neste sentido, o modelo pioneiro proposto por Posner et al. (1982) surgiu da tentativa dos autores de explicarem como é que o conjunto de conceitos organizadores centrais das pessoas muda para outro conjunto, diferente do primeiro. Propuseram, para isso, dois tipos de mudança conceptual: a *assimilação*, para descrever o processo através do qual os indivíduos usam os conceitos que possuem para lidar com fenómenos novos; e a *acomodação*, para designar o processo pelo qual substituem e reorganizam os seus conceitos centrais. As suas pesquisas centraram-se

essencialmente nesta fase mais radical da mudança conceptual, equivalente a uma mudança drástica de paradigma (no sentido da revolução científica kuhniana), perspectiva hoje bastante criticada, nomeadamente por autores que advogam posturas mais dialécticas, como as de Vygotsky ou Kelly.

As muitas investigações levadas a cabo nesta área da educação em ciências têm, de qualquer modo, mostrado que a mudança das ideias intuitivas da criança acerca do mundo não é tarefa fácil pois, como sustenta Santos (1991b), uma ideia apresenta-se articulada de forma complexa com outra, o que implica repensar em cadeia muitas outras. Até mesmo Driver e os seus colaboradores (1985), inicialmente grandes entusiastas da substituição das concepções alternativas, preferem, mais tarde, chamar a atenção para o facto de o aluno se poder aperceber de discrepâncias entre o seu pensamento e as evidências científicas e isso não implicar necessariamente uma reestruturação das suas ideias, uma vez que essa reestruturação requer tempo e circunstâncias favoráveis. Além disso, e como sustenta Kelly (1963), é perfeitamente possível a um indivíduo manter, em coexistência, sistemas de construtos, à partida logicamente inconciliáveis.

Além disso, um outro problema do modelo clássico da mudança conceptual é que os conceitos científicos podem ser considerados pelos alunos menos inteligíveis e, por isso, menos úteis do que as suas próprias ideias e a troca não chegar a efectivar-se. A própria equipa de Posner impôs, à partida, um conjunto de condições necessárias à ocorrência de substituição, prevendo dificuldades na consecução de mudanças conceptuais profundas. Esses pressupostos, sistematizados por Santos (1991a), são os seguintes:

1. *Insatisfação relativamente às concepções existentes.* O aluno deverá ser confrontado com situações em que as suas concepções não dão resposta, para que possa ocorrer a mudança das concepções.
2. *Inteligibilidade dos novos conceitos.* As novas ideias deverão ser inteligíveis, ou seja, o aluno deve compreender os termos e símbolos, assim como as relações entre ambos, o que pode ser facilitado pelo uso adequado de analogias e metáforas.
3. *Plausibilidade dos novos conceitos.* As novas ideias serão tanto mais plausíveis quanto mais tiverem capacidade para resolver problemas até aí sem resposta, com as concepções antigas.

4. *Fecundidade das novas ideias*. Para que os novos conceitos possam ser prometedores, devem poder aplicar-se a uma variedade de situações e devem aplicar-se na solução de problemas novos, revelando-se úteis.

A importância destas perspectivas radica no facto de terem alertado para a necessidade de se identificarem as ideias dos alunos, como pilar fundamental para o seu tratamento didáctico e construção dos conceitos científicos a partir das concepções prévias. No entanto, como referem Giordan e Vecchi (1987), é a própria pessoa que constrói o seu saber e é ela que, em última análise, muda as suas representações, não podendo o professor actuar a esse nível sem que os alunos tomem, primeiro, consciência e aceitem a necessidade de proceder a essas revisões.

A modificação dos esquemas de conhecimento exige, então, e necessariamente, uma preocupação com os aspectos motivacionais implicados nesse complexo processo. No sentido de dar resposta a esta situação, Cosgrove e Osborne (1985) sugerem um modelo de ensino, de raiz construtivista, partindo das ideias prévias dos alunos com vista a induzir mudança conceptual. Propõem, assim, um modelo com três fases: *focagem*, *desafio* e *aplicação*, a que acrescentam uma fase preliminar de preparação do professor, a qual inclui o levantamento das ideias prévias mais comuns que os alunos costumam desenvolver em relação aos tópicos escolares, a compreensão das ideias que os cientistas usam para explicarem e descreverem os fenómenos em questão e a apreciação das ideias que o próprio professor usa para descrever e explicar os mesmos.

A fase de focagem inclui a criação do contexto adequado para o trabalho a desenvolver, como, por exemplo, a realização de actividades para centrar a atenção dos alunos em fenómenos particulares ou para pensarem sobre o significado que atribuem a determinadas palavras.

Na fase de desafio, os alunos podem apresentar as suas ideias à turma, seguindo-se a discussão dos diferentes pontos de vista. Os conceitos científicos são, então, introduzidos, procurando-se a evidência das ideias científicas e fomentando-se o levantamento de questões por parte dos alunos, de maneira a poderem acomodar as novas ideias.

A fase de aplicação corresponde, por fim, em muitos casos, a uma etapa de resolução de problemas, onde esse processo implica a aceitação das ideias científicas. A discussão dos métodos de resolução pode aqui desempenhar um papel muito importante no reforço das novas ideias.

Como antes se assinalou, as investigações mais recentes têm confirmado que os alunos podem conciliar mais do que uma concepção ao mesmo tempo e que o estatuto de cada concepção pode aumentar ou diminuir consoante o contexto em que esteja a ser usada (Venville e Treagust, 1998). É, mais uma vez, Vygotsky (1998) que dá alguma luz sobre esta questão, ao considerar que o conhecimento espontâneo dos alunos carece, de facto, de organização sistémica integrada, o que permite prever a existência de partes independentes e sem relação entre si. A sistematização conceptual que o aluno necessita de fazer é-lhe assegurada através do contacto com os conceitos científicos, que lhe vai dar os meios para um controlo deliberado e consciente de todo o sistema conceptual.

A reconstrução dos conceitos e teorias científicos pelos alunos necessita, em consequência, de uma forte intervenção do professor e de um esforço individual laborioso. No ponto de vista de Luffiego (2001), a melhor forma de o conseguir é através de um *modelo didáctico evolucionista*, assente na coexistência entre conhecimentos prévios e científicos, e composto por três fases:

1. A fase de *problematização e selecção* – cuja finalidade é a de incitar e dar oportunidade aos alunos de formular hipóteses, discuti-las e contrastá-las bibliográfica ou experimentalmente.
2. A fase de *retenção por teorização* – implica a retenção de conhecimentos com a ajuda decisiva do professor para os ajudar a conceptualizar e teorizar as conclusões a que chegaram.
3. A fase de *retenção por aplicação* – diz respeito à transferência, ou seja, à aplicação do conhecimento científico adquirido à resolução de problemas em outros contextos, incluindo o quotidiano.

O que será fundamental, em qualquer uma destas propostas, é que o conhecimento quotidiano prévio e o conhecimento escolar sejam encarados de forma integrada, sem se anularem mutuamente, podendo coexistir e ser

accionados em função dos contextos específicos em que os alunos se encontrem.

A importância dos contextos tem também sido colocada a nível da sua influência nos processos individuais de evolução conceptual, como reacção crítica aos modelos que se focam exclusivamente na cognição dos estudantes, sem considerarem as suas motivações ou os papéis que assumem na turma em situações de aprendizagem. A própria teoria proposta por Posner, de início quase exclusivamente centrada nos aspectos cognitivos, foi revista para incluir os aspectos afectivos e sociais.

Pintrich e seus colaboradores (citados em Venville e Treagust, 1998) referem que as influências sociais, contextuais, afectivas e da sala de aula têm sido largamente ignoradas nas pesquisas efectuadas no âmbito da mudança conceptual, não merecendo a atenção devida. Estes autores defendem que o processo de transformação conceptual pode ser influenciado pelos diferentes contextos de sala de aula em que tem lugar e que a natureza das interacções entre os alunos e o professor a podem influenciar de forma determinante.

Partindo da ideia de que a atenção selectiva, o esforço e a vontade de persistir numa determinada tarefa e a activação e aquisição de conhecimento são influenciados pelo interesse que cada aluno tem por um determinado tema, a equipa de Pintrich encontrou correlações entre o interesse manifestado pelos alunos face a determinado tema e o uso de estratégias de processamento de informação mais profundas, como as estratégias de aquisição e de controlo metacognitivas.

5. Factores Afectivos e Motivacionais

Muitos modelos de aprendizagem da ciência escolar, como os de Ausubel, Driver ou Piaget, baseiam-se em grande medida nos factores cognitivos. A superação das dificuldades de aprendizagem dos alunos é vista, consoante o modelo, como uma função da estruturação cuidada das situações de ensino, do diagnóstico do conhecimento prévio dos alunos ou da adequação ao nível cognitivo dos mesmos. A dimensão afectiva não pode, no entanto, ser descurada, até porque cada vez mais se defende que a cognição e a afectividade constituem uma mesma unidade funcional.

Diversas perspectivas teóricas têm vindo, com efeito, a questionar o tradicional dualismo e a apontar caminhos no sentido de integrar dialecticamente cognição e afectividade, razão e emoção.

A começar por Piaget (1977a) que, apesar de centrar a sua actividade investigativa no estudo do desenvolvimento cognitivo, considerou que toda a acção e todo o pensamento, para além dos aspectos cognitivos, representados pelas estruturas mentais, comportam também aspectos emocionais, representados pela afectividade:

Vida afectiva e vida cognitiva são pois inseparáveis, embora distintas. (...) não se poderia raciocinar (...) sem vivenciar certos sentimentos, e, por outro lado, não existem afeições sem um mínimo de compreensão ou de discriminação. (p. 16)

O papel da afectividade para Piaget é de natureza funcional na inteligência; corresponde, de certo modo, à energia usada pela cognição para o seu funcionamento. Essa energia vai direccionar o interesse do sujeito para uma determinada situação, a que corresponde uma acção cognitiva que organiza o funcionamento mental.

A valorização do papel do mundo pessoal, social e emocional dos indivíduos na aprendizagem foi também, como já vimos, preocupação de Vygotsky que

considerava a actividade social e a prática cultural como fontes do pensamento, o que pressupõe a inseparabilidade entre o individual e o social. A perspectiva vygotskiana explicita também uma visão integradora entre as dimensões cognitiva e afectiva do funcionamento psicológico, considerando que cada sujeito constrói a sua forma de pensar através da interacção social, o que inclui também os sentimentos (Vygotsky, 1998).

Não admira, desse modo, que Vygotsky tenha visto o desenvolvimento cognitivo como intrinsecamente ligado ao desenvolvimento social e emocional, significando isso que mudanças fundamentais no pensamento têm de ser acompanhadas por uma reorganização das atitudes, objectivos e formas de mediação (Forman e McPhail, 1993).

A preocupação em ultrapassar a dicotomia entre razão e emoção encontra-se também patente em estudos mais recentes no campo da neurologia. António Damásio, na sua obra *O erro de Descartes* (1995), defende que os sentimentos e as emoções são uma percepção directa dos nossos estados corporais e constituem um elo essencial entre o corpo e a consciência:

Os sentimentos parecem depender de um delicado sistema com múltiplas componentes que é indissociável da regulação biológica; e a razão parece, na verdade, depender de sistemas cerebrais específicos, alguns dos quais processam sentimentos. Assim, pode existir um elo de ligação, em termos anatómicos e funcionais, da razão aos sentimentos e destes ao corpo. É como se estivéssemos possuídos por uma paixão pela razão, um impulso que tem origem no cerne do cérebro, atravessa outros níveis do sistema nervoso e, finalmente, emerge quer como sentimento quer como influências não conscientes que orientam a tomada de decisão. (p. 251)

Damásio rompe, assim, com a ideia cartesiana de uma mente separada do corpo, considerando que os sistemas cerebrais necessários aos sentimentos e à razão estão ligados entre si e, por sua vez, interligados com o corpo.

Neste caminho de substituição de uma percepção simplista do ser humano por uma perspectiva mais holística e sistémica, vale a pena voltar a lembrar Gardner (1991), quando admite que a inteligência se expressa por meio de sistemas simbólicos diferentes, concepção que se apresenta em clara ruptura

com a ideia de inteligência como entidade única e abstracta.

Os alunos, de uma forma geral, envolvem-se positivamente com um determinado tópico ou tarefa se os considerarem interessantes, importantes e úteis, convicção reforçada por Watts e Alsop (1997) quando alertam para a importância de analisar o inverso: quando um determinado tópico tem pouca relevância pessoal, os alunos não só diminuem o seu interesse e atenção por ele como o podem rejeitar activamente e acabar mesmo por dele se desligarem completamente.

De algum modo, a aprendizagem constitui, em suma, um desafio em direcção a algo menos familiar e conhecido e implica envolvimento cognitivo (fazendo uso de conhecimentos anteriores) e afectivo (apreciação intuitiva do valor do que se está a aprender). Sem estas condições, o conhecimento novo não se interliga com o antigo, falhando a evolução na qualidade do pensamento e perdendo-se o seu sentido.

Nesta linha de pensamento, o conhecimento a abordar pela ciência escolar deverá, tanto quanto possível, ser relevante, agradável e pertinente. Ou seja, os tópicos a tratar deverão ter importância em termos sociais; deverão ir de encontro aos interesses pessoais dos alunos, de modo que eles vejam a sua utilidade e aplicação; e deverão ser-lhes apresentados de uma forma positiva, evitando situações perturbadoras que os levem a “preferir a ignorância” (Watts e Alsop, 1997).

Segundo Hodson e Reid (1988), os currículos tradicionais reflectem, no entanto, mais o ponto de vista dos cientistas do que o dos alunos, o que pode estar na origem de algum desinteresse dos jovens pela ciência, já que o que os motiva mais na ciência são as ligações que a mesma permite estabelecer com o mundo real e não tanto a ciência em si mesma.

Aqueles autores reclamam, por isso, uma prioridade para a dimensão afectiva no ensino das ciências, relevando o tratamento de temas sociais na escola. Para eles, o pouco sucesso dos alunos em áreas científicas não pode ser visto como uma mera questão de falta de competência intelectual, mas antes como uma questão de atitude para com as aulas de ciências. Os níveis de sucesso cognitivo só poderão, desse modo, melhorar se a atenção for deslocada para

as necessidades afectivas e pessoais das crianças.

O que determina que uma pessoa inicie uma dada acção e persista em atingir os objectivos que a orientam, ou seja a *motivação*, tem sido alvo de muitos estudos e investigações em psicologia. A psicologia condutivista, por exemplo, procurou explicar a motivação para iniciar uma conduta com base na acção de estímulos, essencialmente externos, que pouco têm a ver com a situação de aprendizagem em si. A psicologia cognitivista, por seu lado, parte do pressuposto de que as pessoas não respondem automaticamente aos acontecimentos mas aos significados que lhes atribuem e agem em função de fontes intrínsecas como, por exemplo, a satisfação na aprendizagem ou as expectativas. A psicologia humanista, por sua vez, dá importância, do mesmo modo, aos factores intrínsecos mas reforça a importância da liberdade pessoal e da auto-realização (Woolfolk e Nicolich, 1986).

Destas abordagens, emergem, genericamente, dois tipos de motivação: a *motivação extrínseca* e a *motivação intrínseca*. A primeira desencadeia-se quando os indivíduos estão motivados por um objectivo externo ou, pelo menos, não relacionado funcionalmente com a actividade em questão. A motivação intrínseca, por seu turno, existe quando o indivíduo age em função de um desejo interno de realizar uma tarefa com êxito, quer ela tenha um valor externo ou não. A escola, de uma maneira geral, orienta a sua prática quase exclusivamente para a promoção da motivação extrínseca, recompensando os bons resultados e os bons comportamentos. Apesar disso, alguns alunos aprendem porque têm gosto e prazer em algumas tarefas e porque lhes dá satisfação pessoal completá-las com êxito. Ambos os aspectos, no entanto, podem ser melhorados: actividades variadas, apelativas, sociais e relacionadas com a vida real parecem fomentar a motivação intrínseca e a aprendizagem cooperativa (realizada com base em grupos heterogéneos e que incrementem a participação de todos os membros) parece particularmente adequada para os alunos que precisam de motivação extrínseca.

Por outro lado, parece ser mais vantajoso, em termos de aprendizagem, que as actividades escolares promovam a *motivação para a compreensão* em vez da *motivação para a consecução*. Os alunos demonstram que estão motivados para a compreensão quando se dispõem a despender o esforço necessário para compreender como e porquê um dado procedimento resulta. Em

contrapartida, os alunos que exibem uma motivação para a consecução só mostram interesse em alcançar as soluções correctas.

Como Spaulding (1992) acentua, a promoção da motivação intrínseca em contexto escolar não é fácil e implica que se criem condições que estimulem os alunos a construir uma percepção de si mesmos como tendo competência e, em simultâneo, uma capacidade de controlo sobre a tarefa em causa. Como ninguém abandona as suas atitudes e crenças de um dia para o outro, é de esperar, naturalmente, que essa mudança seja gradual e, quase sempre, lenta.

O mesmo autor sugere, desse modo, que se criem ambientes de aprendizagem onde se proporcione aos alunos oportunidades de auto-controlo, ou seja, situações em que eles possam fazer escolhas efectivas e tomar decisões autonomamente. Para além disso, é importante que o professor tenha a certeza que os seus alunos são capazes de realizar essas actividades com sucesso, nesses ambientes, sob pena de tais procedimentos didácticos se poderem tornar contraproducentes.

Na mesma linha, Brophy (1999), transpondo para o plano motivacional a mediação do professor sugerida por Vygotsky para a aprendizagem, sugere que o conceito de zona de desenvolvimento óptimo inclua a ajuda do professor na apreciação do valor da aprendizagem de determinados conteúdos, que os alunos ainda não são capazes de consciencializar sozinhos. Uma das formas de o fazer é criando condições para que os estudantes se possam aperceber das aplicações potenciais do que aprendem na sua vida fora da escola.

O relatório *Learners For Life* (OECD, 2003a), resultante do programa PISA¹⁴ 2000, reforça precisamente a importância da motivação e da auto-confiança dos alunos como dois factores indispensáveis para a promoção da aprendizagem ao longo da vida. Estes factores vão permitir, na opinião dos seus autores, que os alunos consigam regular a sua aprendizagem de forma efectiva, estabelecendo objectivos realistas, seleccionando estratégias de aprendizagem apropriadas às tarefas, mantendo a sua motivação para

¹⁴ O já referido *Programme for International Student Assessment*, criado para avaliar diferentes dimensões da aprendizagem dos alunos que acabam a escolaridade obrigatória, no espaço da OCDE.

aprender¹⁵.

O professor tem, assim, um papel determinante na criação de climas de aprendizagem apropriados e de incentivos que conduzam à motivação. Todavia, tal como as teses construtivistas indicam, é ao aluno que cabe, em última análise, o controlo da sua própria motivação. Embora todos os alunos sejam diferentes, Adar (citado em Neto, 1998) estabelece quatro padrões ou *estilos motivacionais* distintos: alunos que se movem pela necessidade de êxito, pela curiosidade, pela necessidade de cumprir obrigações ou os socialmente motivados.

Os estilos motivacionais vão implicar preferência por modelos didáticos diferentes. Assim, os alunos socialmente motivados reagem melhor em situações de aprendizagem em grupo e os curiosos em situações de resolução de problemas, por exemplo. A força motivadora de determinada estratégia resulta, assim, não da estratégia em si, mas da interacção da mesma com as características individuais dos alunos, que podem ser os seus estilos motivacionais ou os seus estilos cognitivos, por exemplo.

¹⁵ É de salientar que um dos resultados mais baixos dos alunos portugueses se verifica ao nível do seu *interesse pela leitura*, com naturais consequências negativas a nível da literacia científica. Este relatório faz ressaltar, no entanto, que todos os países têm muito a fazer a nível da motivação, autoconfiança e estratégias de aprendizagem dos seus alunos mais fracos, já que os resultados mostram que as diferenças entre as escolas da totalidade dos países são pequenas quando comparadas com as diferenças dentro das escolas.

6. Os Estilos Cognitivos

As perspectivas psicológicas de cariz condutivista não se ocuparam muito do estudo das diferenças individuais, preocupadas que estavam em encontrar leis gerais de funcionamento psicológico para a aprendizagem. No entanto, a realidade foi mostrando que as pessoas diferem na forma de aprender e alguns factores foram sendo apontados para explicar tal diversidade.

As características inicialmente mais apontadas para explicar essa situação foram essencialmente a inteligência e a personalidade, e também os conhecimentos ou a memória. A situação passa, contudo, a ser diferente com Witkin e a sua *teoria da diferenciação psicológica*, proposta em 1962 (Witkin e Goodenough, 1991) e que serviu de referencial para os estudos subsequentes sobre estilos cognitivos.

De acordo com Riding e Rayner (1998), o *estilo cognitivo* é visto como a abordagem preferencial e habitual de um indivíduo quanto à organização e representação da informação. O estilo cognitivo de cada pessoa tem assim a ver com a existência de modos consistentes de pensamento e parece ser, até certo ponto, um aspecto relativamente constante no desempenho em situações de aprendizagem, influenciando diferenciadamente a consecução individual das tarefas realizadas nesse âmbito.

O estilo cognitivo vai, então, reflectir-se na forma como a pessoa constrói a sua abordagem geral face à aprendizagem. Esta dinâmica processa-se ao longo da vida de cada indivíduo e contribui para a criação de um *estilo de aprendizagem pessoal* (Riding e Rayner, 1998).

Para distinguir os *estilos cognitivos* dos *estilos de aprendizagem* deve ter-se em conta que os estilos cognitivos se baseiam na organização e controlo dos processos cognitivos, enquanto os estilos de aprendizagem assentam na organização e controlo de estratégias para aprendizagem e aquisição de conhecimento. O estilo de aprendizagem denota o estilo cognitivo da pessoa em conjunto com variáveis como a motivação, a capacidade reflexiva ou a

impulsividade.

Entre as décadas de quarenta e oitenta do século vinte, foram muitos os investigadores que realizaram estudos na área dos estilos cognitivos, no sentido de serem identificadas as dimensões de cada um. Trabalhando, em geral, dentro dos seus próprios contextos e isoladamente uns dos outros, desenvolveram os seus próprios instrumentos e utilizaram as suas próprias classificações para os estilos estudados, dando origem a uma profusão de classificações, naturalmente muito variadas.

De todos os estilos cognitivos identificados, a *dependência-independência de campo* tem sido o que mais atenção tem recebido ao longo dos anos de investigação. Algumas das razões para esse interesse têm a ver com a amplitude e representação desse estilo na vida diária, sendo as suas manifestações notórias e visíveis; para além disso, constitui um campo abrangente em termos teóricos, permitindo unir uma ampla variedade de processos e funções psicológicas (Witkin e Goodenough, 1991).

O estilo dependência-independência de campo começou por ser estudado na área da percepção e procurava identificar a forma como os indivíduos percebiam as relações entre o todo e as partes e vice-versa. A pessoa dependente de campo tende a manifestar alguma dificuldade em abstrair as partes do contexto global, ao contrário da independente de campo que consegue que o todo não prevaleça sobre as partes.

Estudos posteriores vieram, todavia, mostrar que as diferenças individuais se deveriam incluir numa dimensão mais ampla que, para além da dimensão perceptiva, incluísse um leque abrangente de actividades cognitivas como as de análise e síntese. Esta perspectiva levou à identificação do binómio *estilo global-estilo analítico*, o qual tinha aplicação nos âmbitos perceptivo, intelectual, de personalidade e social. Em termos do processamento de informação, indica que os indivíduos do estilo global têm atenção, percepção e pensamento global e os segundos têm uma atenção, percepção e pensamento mais focado no detalhe.

Os “analíticos” progredem de modo linear na aprendizagem e na resolução de problemas, preferindo uma abordagem passo a passo e aumentando a sua

compreensão gradualmente. Para além disso, tendem a usar unidades de informação sequenciais e bem definidas e a utilizar ligações simples entre elas, podendo, por isso, ser levados a ignorar conexões fundamentais.

Os “globais” usam uma abordagem mais holística e temática, perdendo de vista as componentes parcelares com facilidade. Focam a sua atenção em diversos aspectos da matéria ao mesmo tempo, englobando vários níveis na estrutura hierárquica dos tópicos. Usam ligações complexas para relacionar a informação dos vários níveis, podendo, no entanto, correr o risco de descurar pormenores importantes.

A viabilidade da aplicação prática dos estilos em educação tem muito a ver com a utilização de dimensões gerais que traduzam algum consenso na comunidade científica. Foi nessa perspectiva que Riding e Cheema (1991) analisaram as dimensões de estilo cognitivo presentes em mais de trinta classificações publicadas, tendo concluído que poderiam incluí-las em duas únicas dimensões básicas: *global-analítico* e *verbal-visual*.

No que diz respeito à dimensão global-analítica, já explanada, a literatura tende a aceitar que existem vantagens e limitações tanto para os indivíduos mais enquadrados num como noutro dos pólos.

As limitações para o estilo global dizem respeito à dificuldade em separar as partes, sendo difícil ter presentes todos os pontos que constituem a situação na sua globalidade. Como vantagens, os “globais” vêem todo o cenário e podem obter uma visão equilibrada da situação na sua totalidade, o que lhes permite evitar posições extremas.

Em contrapartida, os de estilo analítico, ao concentrarem-se num aspecto de cada vez, podem distorcer ou exagerar uma das partes em relação às demais, sendo levados a construir uma visão desproporcionada dessa componente, o que pode inviabilizar uma visão equilibrada da situação. Como aspectos positivos, os “analíticos”, ao focalizarem a sua atenção nas componentes das situações ou dos contextos, podem chegar mais depressa ao fundo de um problema pois são bons a detectar semelhanças e diferenças (Riding, 2001).

A dimensão verbal-visual indica se os indivíduos tendem a representar



intelectualmente a informação de forma verbal (de um modo mais concreto) ou através de imagens mentais (de um modo mais abstracto). Os “verbais” tendem a representar a informação que lêem, vêem ou ouvem em palavras ou associações verbais, enquanto que os “visuais” elaboram imagens mentais de forma fluente, espontânea e frequente e relembram melhor o que viram (Riding, 2001).

Em termos de implicações pedagógicas, será de ter em consideração que cada aluno tem o seu próprio estilo de aprender e de pensar e tem, como sublinha Neto (1998), “direito a que a escola o reconheça e proceda em conformidade, de modo a capitalizar ao máximo as potencialidades pessoais desse aluno” (p.101). Caso os professores não tenham consciência dessas implicações, terão tendência a utilizar preferencialmente estratégias que reflectem o seu próprio estilo cognitivo e a beneficiar, conseqüentemente, os alunos desse estilo.

Por outro lado, e como acentua oportunamente Entwistle (1981), cada estilo tem particularidades próprias. Por exemplo, os alunos mais caracterizados pelo estilo visual aprendem melhor com utilização de imagens, esquemas ou figuras, ao passo que os do estilo verbal aprendem melhor através de apresentações verbais. Por outro lado, uma pesquisa realizada por Ronning, McCurdy e Ballinger (1984) indicou que os estudantes enquadrados no estilo independente de campo foram capazes de resolver mais problemas do que os dependentes de campo, no âmbito daquele estudo. Estes autores sugerem, como hipótese, que os alunos dependentes de campo podem beneficiar com um ensino mais estruturado das etapas a seguir, com objectivos definidos e bem delimitados.

Parece, em suma, poder concluir-se que os estilos podem afectar a preferência dos alunos por determinadas estratégias de ensino-aprendizagem e por meios de aprendizagem diferenciados, afectando, em consequência, o modo como aprendem.

A informação sobre os estilos pode, nesse sentido, ajudar o professor a tornar-se mais sensível em relação às diferenças que os alunos trazem para a sala de aula e a propor experiências diversificadas de aprendizagem, tendo em atenção que para os alunos pior preparados a adequação é ainda mais

importante. Como salientam alguns autores, há contudo que admitir que a correspondência absoluta entre estilos e actuação do professor pode limitar as experiências de aprendizagem dos alunos, impedindo-os de aprender de formas novas e de pôr em marcha outras formas de pensamento ainda não desenvolvidas. Em qualquer dos casos, a diversificação conjugada com a adequação a casos particulares não deixará, por certo, de constituir uma solução pedagogicamente equilibrada.

O conceito de *estratégia cognitiva* pode também dar uma ajuda neste contexto, na medida em que se relaciona com um processo mais flexível e modificável com a aprendizagem. Messick (1982) distingue, a propósito, estilos cognitivos de estratégias cognitivas do seguinte modo: os estilos cognitivos são utilizados de forma automática e espontânea numa ampla variedade de situações e as estratégias cognitivas resultam de decisões tomadas de forma consciente ou inconsciente e dependem de cada situação particular.

As estratégias cognitivas, comparativamente aos estilos, são mais susceptíveis de mudar ao longo do tempo e com o treino, podendo as pessoas aprender não só estratégias adaptadas aos seus estilos como, até, derivarem para estratégias mais eficazes em determinadas tarefas mas menos em sintonia com o seu estilo cognitivo.

O treino dos alunos em procedimentos específicos que os ajudem a aprender é particularmente pertinente no que diz respeito à situação concreta de resolução de problemas, pois permite-lhes derivarem para estratégias mais adequadas à tarefa e menos coladas ao seu estilo cognitivo.

Nos poucos estudos efectuados tentando relacionar os estilos cognitivos com a resolução de problemas, referidos por Witkin e Goodenough (1991), os sujeitos tipicamente independentes de campo aparentavam maior flexibilidade de pensamento em algumas situações problemáticas que implicavam o isolamento de elementos do contexto global e a sua reestruturação posterior mas, por outro lado, os dependentes de campo mostravam maior facilidade em distinguir a informação essencial da acessória. Noutra tipo de problemas não se verificaram diferenças significativas entre os dois grupos, o que parece indicar que a relação entre estilos cognitivos e resolução de problemas não foi

completamente comprovada.

A dimensão cognitiva não é, no entanto, como antes referimos, a única dimensão a interferir com a aprendizagem (ou a ter em conta na resolução de problemas). A tendência actual é para incluir no construto estilo cognitivo também as dimensões da personalidade e do comportamento social, visando um conjunto global da pessoa. A própria teoria vygotskiana sugere que as funções mentais superiores se formam quando as crianças são capazes de orientar a sua actividade cognitiva de uma forma auto-consciente e voluntária (Forman e McPhail, 1993).

Ainda que a conciliação entre estilos dos alunos, estilos dos professores e métodos didácticos possa ser, em termos ideais, considerada benéfica, a consecução prática dessa ideia torna-se difícil, havendo até quem considere essa solução indesejável. Witkin et al. (1977), por exemplo, encaram a possibilidade de essa via ser limitativa para determinados tipos de aprendizagem, reduzindo a dinâmica da aula. Nessa medida, esta base de conhecimento por parte dos professores pode ser útil como ferramenta para melhor conhecerem os seus alunos e para os ajudarem a conhecer-se a si mesmos.

Mais do que catalogar ou ser aceite de forma passiva ou fatalista, o conhecimento da forma como se aprende é fundamental sobretudo para que cada pessoa possa supervisionar e regular os seus próprios processos de aprendizagem, ou seja, possa usar os seus recursos metacognitivos para alcançar resultados de aprendizagem (NRC, 2000).

7. A Dimensão Metacognitiva

As primeiras referências expressas ao termo *metacognição* devem-se a Flavell (1976) que, em 1971, começou por estudar os aspectos metacognitivos relacionados com a memória e, posteriormente, alargou o seu interesse a áreas como a resolução de problemas. Flavell refere-se à metacognição como “o conhecimento que cada um tem dos seus processos e produtos cognitivos ou de qualquer aspecto com eles relacionados” (p. 232). Poder-se-á dizer que se trata de um conhecimento sobre o próprio acto de conhecer, em que o indivíduo toma consciência e considera os seus próprios processos e estratégias cognitivas. É, no fundo, uma capacidade de se pensar acerca do próprio pensamento.

A sua importância educacional passa pela tomada de consciência do aluno em relação ao que sabe ou não sabe, aos motivos por que é ou não bem sucedido numa determinada actividade e a possíveis condições de transferência para situações de aprendizagem futuras.

A metacognição pode, além disso, ser vista como uma competência chave de que depende a aprendizagem, levando o aluno a aprender a aprender (Novak e Gowin, 1999), à medida que toma consciência dos seus processos mentais. Esta tomada de consciência dos próprios processos cognitivos pode induzir o aluno a criar estratégias de aprendizagem bem sucedidas, ou seja, a compreender, por exemplo, que informação é necessária para a resolução de um problema ou para realizar uma outra qualquer tarefa e delinear uma estratégia para fazer uso dessa informação.

Para Marzano et al. (1988), a metacognição significa “estar consciente do próprio pensamento enquanto se realizam tarefas específicas e usar esta consciencialização para controlar o que se está a fazer” (p. 9). Sendo assim, envolve dois aspectos fundamentais: 1) o conhecimento e o controlo de si próprio e 2) o conhecimento e o controlo do processo.

Esta forma de considerar a metacognição deve-se à influência de A. Brown que estabeleceu uma distinção clara entre o conhecimento metacognitivo (declarativo) e o controlo metacognitivo (processual). Podemos, então, considerar que, em termos globais, a metacognição equivale a pensamento reflexivo e implica, segundo Brown (1987):

- a) Conhecimento acerca da cognição – em que os alunos podem reflectir sobre os mecanismos que possibilitam esse conhecimento.
- b) Regulação da cognição – que se refere à orquestração de processos usados para regular e supervisionar a aprendizagem; isto é, diz respeito à capacidade de organizar, controlar e modificar os processos de pensar de quem aprende, com vista a avaliar o que se faz durante a aprendizagem e a avaliar os produtos dessa aprendizagem.

Para tal, terão de estar presentes diferentes componentes:

- a) Conhecimento da natureza da tarefa requerida e dos processos nela envolvidos.
- b) Tomada de consciência do progresso ou das dificuldades e produtos da aprendizagem.
- c) Controlo – gestão e avaliação – da realização da tarefa. Dito de outro modo, para que o aluno realize com sucesso as suas aprendizagens parece, assim, fundamental que compreenda o que está a aprender, que saiba se está ou não a progredir e que passos podem ser dados para o ajudar a adquirir ou desenvolver aquelas competências.

Vemos que o papel do professor se pode delinear, neste campo, como um mediador das aprendizagens, ajudando o aluno a pensar e a aplicar o que aprende. Por outro lado, compreender a finalidade e a utilidade de determinadas estratégias de aprendizagem – como planificar, regular a própria actuação para identificar fontes de dificuldades, controlar, prever, rever ou realizar auto-avaliação – e desenvolver um auto-conhecimento ajuda os alunos a controlar esses processos mas também os torna responsáveis pela sua própria aprendizagem.

Para a maior parte dos investigadores nesta área (Nisbet e Shucksmith, 1986), as competências metacognitivas dos alunos podem ser melhoradas, se forem

utilizadas estratégias didáticas específicas destinadas a esse fim. Foram inventariadas diversas estratégias destinadas a desenvolver especificamente essa actividade, competindo ao professor (Costa, 1984):

1. apontar algumas abordagens para a execução da actividade, indicando limites de tempo e definindo objectivos e regras básicas orientadoras; durante a actividade, o professor pode incentivar o aluno a verbalizar os processos que usou e a percepção que teve em relação ao seu próprio comportamento, pedindo que descreva o seu pensamento até esse momento e que defina caminhos alternativos possíveis para realizar essa actividade; após a realização, o professor deve solicitar uma avaliação do modo como foram observadas as regras, da produtividade das estratégias e da possibilidade de utilização de estratégias alternativas;
2. levar os alunos a um auto-questionamento, antes, durante e depois da realização de determinada tarefa;
3. ajudar os alunos a explorar as consequências das suas acções e decisões, não só antes de decidir como depois de o fazer;
4. incentivar os alunos a identificar o que executaram positivamente;
5. desincentivar o uso de respostas como “Não sou capaz” ou “Não sei”;
6. convidar os alunos a formular, traduzir, comparar, parafrasear as suas ideias e as dos colegas;
7. clarificar a terminologia usada pelos alunos;
8. pedir aos alunos que descrevam o seu pensamento em voz alta enquanto realizam uma determinada tarefa e que, após a sua realização, clarifiquem os processos de pensamento utilizados;
9. pedir aos alunos para registarem, na medida do possível, os seus processos de pensamento durante a realização das actividades.

O próprio relatório para a UNESCO (Delors et al., 1996) propõe um sistema educativo para o século XXI capaz de formar cidadãos que sejam aprendizes mais flexíveis, eficazes e autónomos, dotando-os de capacidade de aprendizagem e não só de conhecimentos ou saberes específicos, pouco duradouros. Assim, se aprender a aprender constitui uma das finalidades essenciais de tal sistema educativo, há que levar os alunos a tomar consciência das suas capacidades e competências metacognitivas, a desenvolvê-las e a explorá-las. Os alunos terão assim de se empenhar

activamente na aprendizagem e construção do seu próprio conhecimento; terão de ser capazes de dirigir efectivamente a procura pessoal de conhecimento e competências, julgar por si mesmos e saber o que fazer quando precisam de mais informação.

Ertmer e Newby (1996) utilizam a análise do desempenho do especialista para aprofundarem um pouco as questões metacognitivas. Ser especialista, segundo eles, é mais do que conhecer factos e procedimentos; são necessárias competências de monitorização e auto-regulação que permitam saber não só *o que* é importante (conhecimento declarativo), mas saber também *como* (conhecimento processual), *quando*, *onde* e *porquê* (conhecimento condicional) aplicar o conhecimento e as acções certas. Este último tipo de conhecimento justifica-se pelo facto de um sujeito que possua apenas conhecimento declarativo ou processual acerca de uma estratégia, não ser necessariamente capaz de ajustar a sua conduta às exigências cambiantes de uma tarefa determinada.

Para além disso, os especialistas são estratégicos, ou seja, são capazes de usar o conhecimento que acumularam sobre si mesmos como aprendentes, sobre as exigências das tarefas e sobre estratégias específicas para atingirem os objectivos pretendidos. São ainda capazes de seleccionar, controlar e monitorizar essas estratégias, ou seja, as actividades de aprendizagem são monitorizadas em curso, podendo ser tomadas decisões quanto à continuação, modificação ou fim da estratégia ou estratégias seguidas.

Estas estratégias, segundo Pintrich (2002), podem ser de vários tipos:

— *Estratégias gerais de aprendizagem* – conhecimento de várias estratégias que podem ser usadas para memorizar informação, interpretar e compreender o que se ouve ou lê (incluem desde a repetição de termos ou a selecção de ideias principais até à elaboração de mapas de conceitos).

— *Estratégias metacognitivas* – usadas para planear (por exemplo: estabelecer sub-etapas), monitorar (por exemplo: colocar-se questões) e regular (por exemplo: voltar a ler ou reformular um problema) a aprendizagem e o pensamento.

— *Estratégias de resolução de problemas* – representam as heurísticas

que os indivíduos podem usar para resolver problemas, como, por exemplo, a análise meios-fins ou a resolução a partir do estado final pretendido (análise fins-meios).

— *Estratégias de pensamento* – estratégias gerais de pensamento dedutivo e indutivo, tais como avaliar a validade de diferentes afirmações lógicas, evitar a circularidade dos argumentos ou estabelecer inferências apropriadas a partir de diferentes tipos de dados.

O conhecimento metacognitivo tem, assim, um papel importante na aprendizagem dos alunos pois inclui o conhecimento das estratégias, a compreensão do que a tarefa exige e o conhecimento de si mesmo como aprendente; o controlo metacognitivo corresponde à aplicação e avaliação desse conhecimento em acção e reflecte a aplicação sistemática do conhecimento declarativo, processual e condicional às tarefas. É visto, desse modo, como capaz de fornecer aos alunos informação que lhes permite regular o seu processo de aprendizagem em relação às exigências cambiantes da tarefa. Para além disso, à medida que o aprendente reflecte sobre o processo de aprendizagem, reúne conhecimento metacognitivo sobre a tarefa e sobre si, que fica depois disponível quando planifica, monitoriza e avalia futuras tarefas de aprendizagem.

A reflexão serve como ligação entre o conhecimento metacognitivo e a auto-regulação, exercendo uma ligação poderosa entre pensamento e acção, e permitindo que o aprendente ganhe pensamento estratégico a partir de actividades de aprendizagem específicas.

As competências metacognitivas (categoria que, segundo Ertmer e Newby, inclui a reflexão) aprendem-se da mesma forma que todas as outras competências, ou seja, através da prática prolongada, seguida de *feedback*. Os alunos podem ganhar domínio e confiança no uso de conhecimento e competências metacognitivas se lhes forem dadas oportunidades para as usar em diversos ambientes de aprendizagem e se receberem *feedback* em relação ao seu uso (Ertmer e Newby, 1996).

A aprendizagem das ciências é um campo propício ao desenvolvimento do pensar e de competências complexas como a metacognição, a qual, por seu turno, requer esse esforço de desenvolvimento. De acordo com Campanario e

Otero (2000), deverá estar presente uma dimensão adicional da metacognição na aprendizagem das ciências: “o metaconhecimento ou conhecimento acerca da natureza da ciência e do conhecimento científico”, o qual pode “influir decisivamente na actuação em ciências” (p. 164). Resulta daqui que, para os alunos poderem, por exemplo, ter uma visão menos compartimentada da ciência, necessitam de tomar consciência das suas concepções sobre a natureza da própria ciência.

A reflexão e o controlo do próprio conhecimento e dos processos cognitivos por parte do aluno são considerados, nas investigações mais recentes, uma componente essencial para a mudança conceptual. Como exemplo de estratégia metacognitiva que incide de maneira directa na aprendizagem das ciências cabe citar o controlo contínuo do estado da própria compreensão. Esta capacidade é fundamental para decidir, por exemplo, se se detectou um conflito entre as ideias próprias e os novos conceitos que se tentam aprender.

Campanario et al. (1997) e Campanario (2000) apontam algumas propostas que consideram úteis para fomentar o uso de estratégias metacognitivas:

1. Uso de mapas conceptuais e diagramas, como técnicas para analisar e explicitar a estrutura do conhecimento (Novak e Gowin, 1999).
2. Actividades de tipo “prever-observar-explicar” para submeter as ideias prévias dos alunos a constatação experimental, seguida de explicação, de forma a reconciliar as previsões com as conclusões (Gunstone e Mitchell, 2000).
3. Aprendizagem como um processo de investigação, dirigida à utilidade dos conceitos científicos para explicar situações e resolver problemas de interesse (Gil Pérez, 1993).
4. Resolução de problemas como investigação, com especial atenção aos processos de emissão de hipóteses
5. Uso de problemas com resultados contraintuitivos ou resultados que contradigam as concepções dos alunos.
6. Uso de métodos de avaliação que fomentem o uso de estratégias cognitivas de alto nível.

Um dos campos férteis para o ensino de estratégias metacognitivas é, como se

pode depreender, o da resolução de problemas, destacando-se o papel mediador que o professor aí pode desempenhar.

De acordo com Brown (1987), a resolução de problemas pode ser vista pelo prisma da metacognição, tendo em conta as seguintes etapas: (a) analisar e caracterizar o problema existente; (b) reflectir sobre o que se sabe, ou não sabe, e que pode ser necessário para a resolução; (c) fazer um plano para resolver o problema; (d) verificar, ou controlar, o progresso.

O modelo de Sternberg (1985) acaba, por sua vez, por ser um modelo mais integrador, na medida em que admite uma relação causal entre as componentes metacognitivas da inteligência e a resolução de problemas (Neto, 1998). Um conhecimento sobre a resolução de problemas em geral e sobre os próprios processos mentais ajuda os alunos a tornarem-se melhores resolvedores de problemas, ou seja, as competências metacognitivas ajudam os alunos a (a) descodificar estrategicamente a natureza do problema e a formar um modelo mental ou uma representação mental dos seus elementos, (b) seleccionar planos de resolução e estratégias apropriadas para atingir o objectivo, e (c) identificar e ultrapassar obstáculos que impedem o progresso na resolução (Davidson e Sternberg (1998).

Sternberg apresentou e descreveu essas diferentes componentes implicadas na resolução de problemas, as quais Neto (1998) sistematiza do seguinte modo:

1. *Definição da natureza do problema.* Para conseguir esse intento, o aluno deve ser incentivado a ler repetidamente o enunciado, a definir claramente o objectivo a atingir ou a redefinir os objectivos, se for caso disso.
2. *Elaboração prévia de um plano geral de resolução.* Esta tarefa consiste em idealizar um procedimento sistemático para atingir o objectivo.
3. *Construção de estratégias adequadas.* Construir uma estratégia funcional implica assegurar-se de que se está a considerar o problema na sua globalidade e reavaliar soluções demasiado óbvias.
4. *Construção de uma representação mental do problema.* As representações internas dos dados, das relações entre os dados e destes com o objectivo do problema permitem antever caminhos possíveis de

resolução. As representações externas – diagramas, esquemas organizativos, desenhos, gráficos, palavras ou frases relevantes – são úteis para visualizar esse processo.

5. *Gestão de recursos.* Esta constitui uma componente muito importante e é potenciada se o aluno se dispuser a gastar tempo em actividades de planeamento de estratégias, se usar todos os recursos disponíveis e se manifestar flexibilidade de pensamento e disponibilidade para mudar planos e estratégias sempre que necessário.
6. *Monitorização do processo de resolução.* As decisões tomadas desde o início devem ser consideradas como hipóteses de trabalho, prontas a ser revistas e modificadas se for o caso. A monitorização eficiente deve passar pela tomada de consciência da importância de voltar atrás, considerando esse esforço justificado e importante, contrariando alguma impulsividade natural.

De um ponto de vista sistémico e tendo em conta considerações já antes apresentadas, a aprendizagem não pode ser reduzida à dimensão estritamente cognitiva. O próprio Flavell (1987) classificou como metacognitivo o conhecimento que o aluno desenvolve acerca dos seus sentimentos e emoções ou das suas próprias motivações e admite que a metacognição se relaciona intimamente com construtos como consciência, cognição social, auto-regulação, conhecimento reflexivo ou autoconceito (Neto, 1998).

Tendo por referência uma vasta revisão da literatura dos estudos realizados no âmbito da metacognição desde os anos setenta, Hacker et al. (1998) consideram haver consenso quanto à inclusão das seguintes noções na definição do conceito: conhecimento acerca do próprio conhecimento, dos processos e dos estados cognitivos e afectivos; e, capacidade para consciente e deliberadamente monitorizar e regular esse conhecimento, processos e estados cognitivos e afectivos.

A problemática da consciência é também abordada de um ponto de vista neurobiológico por Damásio (2000). Depois de concluir que a razão se sustenta nas emoções e na maquinaria biológica, o autor admite, por seu lado, que “a consciência e a emoção não podem separar-se” (p. 35), abrindo assim caminho a amplas possibilidades de elucidação futura neste domínio, com previsíveis implicações pedagógicas relevantes.

A relação entre as emoções e a aprendizagem é também alvo de investigação no âmbito de um projecto multidisciplinar, realizado sob o auspício da OCDE – *Learning Sciences and Brain Research* – com o propósito de estabelecer a cooperação entre a aprendizagem das ciências e a investigação sobre o cérebro. O projecto, agora na 2ª fase (2002-2006), aponta já algumas considerações resultantes da investigação levada a cabo: o papel das emoções na aprendizagem assume em todos os estudos uma relevância extrema, influenciando a própria motivação para aprender; as actividades de resolução de problemas são relevadas, mas ligadas a situações concretas, não como um fim em si mesmas; o ensino, como se advoga, tem de decorrer num contexto de ampla receptividade e aceitação pois um ambiente educativo adverso afecta a aprendizagem e impede o funcionamento pleno das funções cerebrais (OECD, 2003b).

8. Aprendizagem e Dificuldades de Aprendizagem em Biologia: o Caso Específico da Genética

A noção de dificuldade de aprendizagem está directamente ligada aos princípios teóricos sobre aprendizagem que servirem de base à sua análise, pois são estes que, em última instância, vão fornecer as ferramentas para compreender a natureza daquelas dificuldades. O conhecimento de como aprendem os seres humanos, em especial no que diz respeito aos domínios escolares, permite, em suma, criar condições para compreender o que ocorre quando se apresentam dificuldades para aprender.

Segundo o paradigma cognitivista, o aluno é um sujeito activo processador de informação que possui competência cognitiva para aprender e resolver problemas, devendo essas competências ser desenvolvidas usando novas aprendizagens e estratégias. Para além disso, na construção activa de conhecimento, o conhecimento prévio que o sujeito já possui constitui o ponto de partida para novas aprendizagens.

Esses pontos de partida, susceptíveis de influenciar a aprendizagem das ciências, podem ser as concepções que os alunos desenvolvem acerca dos fenómenos naturais mas também as concepções que os alunos desenvolvem acerca da natureza da ciência e do conhecimento científico ou mesmo da forma como se aprende ciências.

Assim, do mesmo modo que as ideias prévias dos alunos acerca de temas científicos podem criar dificuldades à aprendizagem das ciências, se não forem devidamente tidas em conta, também as concepções epistemológicas que desenvolvem não podem ser ignoradas dada a sua reconhecida influência na aprendizagem.

Os resultados da investigação em aprendizagem das ciências têm, na realidade, posto em evidência que os alunos mantêm concepções e crenças próprias sobre a natureza da ciência e do conhecimento científico e, para além disso, sobre os seus próprios processos e produtos de aprendizagem; isto é, os

alunos têm as suas próprias concepções epistemológicas, muitas devido à interacção com a escola.

Como salientam Campanario e Otero (2000), baseados em estudos realizados neste âmbito, os alunos tendem a conceber a aprendizagem como um processo passivo, mais do que como um processo de construção activa de conhecimento. Muitos alunos continuam convictos de que aprender ciências é aprender fórmulas que permitem resolver exercícios ou aprender factos e fenómenos que os cientistas foram descobrindo ao longo do tempo. A aprendizagem é assim encarada como um processo de transferência de informação que se acumula na mente. O próprio sistema educativo contribui para o reforço destas crenças e concepções, ao pautar a sua acção pela competitividade, valorizando fundamentalmente o resultado final na forma de resposta correcta e desprezando processos mais elaborados de raciocínio e compreensão (Carrascosa e Gil Pérez, 1985).

No caso concreto do conhecimento biológico, o carácter taxonómico e descritivo que teve nos seus primórdios criou um lastro que, qual estigma inflexível, se arrasta até à actualidade. Na verdade, a biologia parece continuar a ser olhada e transmitida como um conjunto de leis, regras e interacções lógicas. O facto é que a evolução da biologia a tem convertido numa ciência com um dinamismo e um desenvolvimento ímpar na actualidade, onde surgem continuamente problemas e questões não só científicas como sociais, cuja solução se pode tornar muito complexa. Neste sentido, o uso de estratégias que facilitem a compreensão do conhecimento biológico e que capacitem os alunos para a resolução de problemas nesse âmbito não pode deixar de ter um lugar de destaque, em detrimento da ênfase excessiva tradicionalmente concedida à quantidade de informação, com o risco acrescido de se transformar em conhecimento inerte (Whitehead, 1967).

Num contexto em que a biologia e as outras ciências ganham cada vez maior importância social, as actividades de aprendizagem não podem surgir como simples receitas, sem que seja feita uma reflexão preliminar sobre como se aprende, sobre a natureza da própria mensagem e do seu significado para os alunos. Essa necessidade está bem patente nos documentos que o organismo americano *National Research Council* tem vindo a publicar, nomeadamente

nas indicações que estabelece para cursos de biologia pré-universitários, das quais se salientam as seguintes (NRC, 2002):

- Fazer referência aos temas de investigação biológica da actualidade, como é o caso da genómica ou da sinalização intercelular.
- Proporcionar actividades em que os alunos experienciem o processo da ciência biológica e não apenas a aquisição de conhecimento conceptual.
- Organizar o ensino por grandes tópicos e conceitos-chave integradores.
- Incidir, em termos de avaliação, na análise de dados e na resolução de problemas, ou seja, em questões que privilegiem a compreensão dos conceitos e não tanto o conhecimento factual de tópicos específicos.

O enquadramento pedagógico em que os autores deste documento se baseiam para fundamentar as mudanças que propõem resulta dos contributos provenientes da investigação em aprendizagem. Com base nesses resultados, elegem como fundamentais os pontos que a seguir se destacam:

1. Adaptar o ensino ao conhecimento prévio dos alunos.
2. Ajudar os alunos a construir uma estrutura conceptual sólida, de maneira a facilitar a recuperação de informação da memória assim como a aplicação do conhecimento.
3. Integrar tarefas e competências metacognitivas na aprendizagem activa do conteúdo científico.

Tornar mais claras algumas das razões que tornam a ciência difícil de aprender é outra das vias possíveis para a mudança pedagógica. A identificação de algumas dessas razões foi objecto da parte empírica deste estudo, veiculadas através de um tema que levanta especiais preocupações ao nível dos programas escolares: a genética.

As dificuldades que os conteúdos científicos levantam decorrem, em grande medida, da própria natureza dos conceitos constituintes, como é, por exemplo, o caso dos conceitos de ADN, proteína ou gene, os quais escapam a um acesso sensorial directo dos alunos, ou seja, às suas experiências quotidianas. O mesmo acontece, aliás, com muitos dos processos estudados em biologia, como é o caso da síntese proteica ou da divisão celular. Para além disso, a informação que os alunos já possuem acerca destes conceitos ou mecanismos

pode interferir no processo de construção de significados, causando distorção ou compartimentação do novo conhecimento.

Na verdade, como lembram Mintzes e Wandersee (2000), “muitos dos obstáculos conceptuais da Biologia resultam da necessidade de integrar o conhecimento de várias fontes” (p. 83). Compreender assuntos biologicamente complexos requer, quase sempre, que os alunos integrem conhecimentos de química, física e de várias outras disciplinas, de modo a construir uma estrutura conceptual que possa ser aplicada aos seres vivos.

Por outro lado, a biologia, à semelhança, aliás, de outras ciências, ao ter de trabalhar a vários níveis de organização (Lijnse, 1990; Dreyfus e Jungwirth, 1990; Halldén, 1990; Kapteijn, 1990; Bahar et al., 1999a; Marbach-Ad e Stavy 2000), levanta obstáculos à aprendizagem dos alunos, solicitados que são nas aulas a ter de funcionar igualmente a vários níveis de pensamento em simultâneo: *nível macro* (observação de plantas, animais), *nível micro* (celular e molecular) e *nível representacional* (utilização de símbolos e representação matemática). Problemas similares frequentemente se levantam no contexto do trabalho prático, sobretudo quando se pretende que, a partir do observado, o aluno infira os dados do nível molecular, os represente de uma forma simbólica e estabeleça conclusões que, em muitos casos, implicaram o trabalho de vários cientistas ao longo de décadas a fio.

As questões da linguagem são também fonte de problemas para os alunos de ciências. Num contexto já de si complexo, a clarificação, por exemplo, de termos pouco familiares torna-se, por vezes, um processo incomportável para a memória semântica. Os termos novos até podem vir a ser incorporados na memória dos alunos; todavia, se não forem relacionados e ficarem desligados do seu significado, pode acontecer que os alunos saibam os termos mas não compreendam os conceitos a eles inerentes, revelando-se incapazes de os utilizar (Johnstone, 1991).

A *genética*, tema imprescindível a qualquer base conceptual para a compreensão da evolução dos seres vivos e da própria biologia, constitui um campo paradigmático para a ilustração de muitas das dificuldades e problemas de aprendizagem já referidas.

Diversos estudos têm, de facto, mostrado que a genética é, na verdade, um tema difícil de aprender (Hackling e Treagust, 1984; Wood-Robinson et al., 2000), mesmo para aqueles alunos que finalizam com sucesso o ensino secundário e passam nos exames de acesso a cursos de biologia (Johnstone e Mahmoud, 1980; Radford e Bird-Stewart, 1982; Bahar et al., 1999a, 1999b). Testes realizados a alunos universitários após o estudo de tópicos de genética têm, com efeito, evidenciado que aqueles nem sempre conseguem estabelecer as associações que os professores esperariam (Bahar et al., 1999b).

As dificuldades dos alunos com a linguagem da genética são, em particular, recorrentemente referidas e atribuídas ao facto de ser a genética uma área caracterizada por um vasto e complexo vocabulário, onde os alunos mostram muitas vezes dificuldades em compreender e diferenciar os conceitos envolvidos, como é o caso dos associados a termos como alelo, gene e homólogo (Pashley, 1994; Bahar et al., 1999b). As próprias expressões matemáticas usadas neste contexto são, muitas vezes, alvo de confusão por parte dos alunos, até porque os símbolos respectivos nem sempre são usados consistentemente por professores e autores de manuais didácticos.

Sistematizando as principais dificuldades e condicionantes de aprendizagem reportadas pela literatura da especialidade, podem apontar-se as que derivam das seguintes fontes:

1. Uso da terminologia – a semelhança de alguns dos processos leva a que os alunos confundam os termos que as designam.
2. Relações entre conceitos – as relações específicas entre os diferentes conceitos básicos nem sempre são estabelecidas com clareza durante o processo didáctico.
3. Resolução de problemas – a resolução significativa de problemas de genética exige o domínio de alguns conceitos lógico-matemáticos complexos bem como elevadas competências de análise, compreensão e aplicação de algoritmos no contexto do processo genético.
4. Trabalhos práticos – a maior parte das actividades experimentais apropriadas a este tópico necessitariam de semanas ou meses para serem convenientemente realizadas, o que se torna incompatível com o ritmo escolar.

5. Nível de desenvolvimento – a aprendizagem do tema implica o domínio de competências cognitivas e metacognitivas de nível elevado.
6. Factores afectivos e motivacionais – é hoje consensual serem estes factores tão ou mais decisivos na aprendizagem como os cognitivos ou metacognitivos.

Lewis et al. (2000a) sugerem, nesse sentido, que, para os alunos construírem uma estrutura conceptual coerente que lhes permita uma melhor compreensão da genética e da hereditariedade, necessitam de alcançar um nível de compreensão elevado da relação entre estruturas básicas, em particular da ligação física entre genes e cromossomas, devendo isso ser tornado explícito pelos professores. Só assim os alunos poderão desenvolver uma compreensão clara de como, por exemplo, os processos da mitose, meiose e da fecundação resultam numa continuidade de informação genética dentro e entre organismos.

Muitos desses conceitos e processos são aprendidos em tópicos separados (por vezes até em disciplinas diferentes) e desfasados no tempo e as relações entre eles raramente são explicitadas, esperando os professores que os alunos sejam capazes de estabelecer as pontes necessárias por si mesmos, o que, como fazem notar Lewis et al. (2000b), não deixa de representar uma expectativa demasiado optimista.

A complexidade aumenta quando a estes factores se aliam os diferentes níveis de pensamento necessários à abordagem deste tema. Na genética esses níveis manifestam-se do seguinte modo: a observação de características morfológicas de seres vivos como plantas ou insectos ocorre ao nível macro; o apelo aos genes, alelos e outros conceitos similares para explicar o macro leva os alunos para o micro e mesmo sub-micro, os quais não são directamente acessíveis aos sentidos; estes conceitos e processos são depois representados e manipulados por dispositivos matemáticos que são do nível simbólico e são usados para explicar o que acontece no sub-micro, o qual, por sua vez, origina o macro. A interligação dos vários níveis só se consegue proporcionando as condições (nomeadamente temporais) adequadas ao desenvolvimento de trabalho experimental do nível macro, controlo cuidadoso do vocabulário e dos conceitos do nível micro e sub-micro e

introdução faseada do nível simbólico (Bahar et al., 1999a).

Após a exemplificação de algumas das dificuldades inventariadas nesta área específica da biologia, cabe agora voltar ao conceito de partida e precisar melhor a expressão dificuldades de aprendizagem no contexto deste trabalho.

Aplicamos este conceito ligado apenas a áreas que podem ser assimiladas através de uma aprendizagem intencional e com relação a actividades que têm lugar em contextos formais. Este tipo de aprendizagem pressupõe a organização de conhecimento nas estruturas cognitivas do aluno, a utilização de estratégias e a compreensão significativa; o estabelecimento de novas conexões entre a informação nova e a já existente é facilitado pela mediação social (ao nível da zona de desenvolvimento próximo) e o uso selectivo de estratégias metacognitivas e motivacionais cria condições para uma maior autonomia dos alunos em relação ao processo de aprendizagem.

Para compreender as dificuldades de aprendizagem parece então viável uma perspectiva integradora que, partindo de um marco de referência cognitivo, tenha em conta também os processos que interagem com factores externos ao sujeito e vice-versa (Jiménez, 1999).

No que diz respeito em concreto às dificuldades específicas no âmbito da resolução de problemas, a sua caracterização será tratada no capítulo que se segue.

CAPÍTULO III

RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM CIÊNCIAS

A investigação sobre resolução de problemas é vasta e de grande complexidade, podendo ser analisada sob diversos ângulos. Torna-se assim necessário esclarecer o que se entende por problema e com que fim a resolução de problemas vai ser utilizada na sala de aula.

1. O Conceito de Problema

Definir problema constitui uma das primeiras dificuldades, pois existem muitos tipos de problemas, muitas definições e perspectivas de análise.

Há questões, perguntas e dúvidas que, embora sejam termos relacionados com a noção de problema, não o definem por inteiro. Por exemplo, não podemos dizer que uma questão por si só constitua um problema, não por causa da sua complexidade ou dificuldade, mas porque há questões cujas respostas são conhecidas de antemão. Também os enigmas ou *puzzles* se caracterizam, muitas vezes, pela existência antecipada de resposta e, em muitos casos, pelo conhecimento exacto do caminho para lá chegar

Segundo Saviani (1985), há que recorrer à ideia de necessidade para encontrar uma noção mais adequada de problema:

Uma questão em si não caracteriza o problema, nem mesmo aquela cuja resposta é desconhecida; mas uma questão cuja resposta se desconhece e se necessita conhecer, eis aí um problema. Algo que eu não sei não é um problema; mas se eu ignoro alguma coisa que preciso saber, eis-me, então, diante de um problema. Da mesma forma, um obstáculo que é preciso transpor, uma dificuldade que precisa de ser superada, uma dúvida que não pode deixar de ser dissipada são situações que se nos configuram como verdadeiramente problemáticas. (p. 21)

A necessidade está associada à intenção do sujeito em se envolver nas tarefas tendentes à resolução da situação. Neste sentido, o conceito de problema é subjectivo, isto é, está directamente ligado ao indivíduo. O conceito abarca, no entanto, as duas vertentes: é subjectivo, porque a necessidade decorre de uma experiência que é individual; mas, por outro lado, é objectivo porque as circunstâncias são dadas e objectivamente determinadas, como o próprio autor sublinha: “Trata-se de uma necessidade que se impõe objectivamente e é assumida subjectivamente” (p. 23).

No âmbito da psicologia, outros aspectos são destacados. A psicologia genética, por exemplo, recorre à noção de conflito cognitivo para explicitar as interacções entre o indivíduo e o mundo exterior. Se o indivíduo não tem uma solução imediata para uma situação, ao procurar novas soluções vai desenvolver o potencial previamente existente.

De acordo com as perspectivas sócio-cognitivas, a tónica é posta nas influências mútuas entre os indivíduos ou das relações entre eles e os sistemas sociais organizados. O conflito sócio-cognitivo, colocado nesta abordagem, emerge do confronto entre os indivíduos face à resolução de uma tarefa, dando ênfase ao papel da relação interpessoal em tarefas de resolução de problemas. A resolução de problemas, vivida, assim, na interacção social fomenta, nessa perspectiva, um contexto favorável para que ocorra desenvolvimento cognitivo.

Mayer (1986) considera que a maioria dos psicólogos, embora expressando-se de forma diferente, concordam que os problemas têm as seguintes características comuns:

Dados – O problema tem, num primeiro momento, determinadas condições, troços de informação, que estão presentes no início da tarefa.

Objectivos – O estado desejado ou final do problema supõe alcançar o objectivo e o pensamento deverá transformar o problema desde o estado inicial ao estado final.

Obstáculos – Quem resolve tem à sua disposição algumas vias para modificar o estado do problema, mas não sabe a resposta correcta; ou seja, a sequência correcta de comportamentos que resolveriam o problema não é imediatamente óbvia. (p. 18)

Em termos genéricos, parece haver acordo em considerar como problema qualquer situação em que se colocam dificuldades e para a qual não se possuem soluções imediatas, nem se sabe se elas existem (Gil Pérez e Martínez, 1983; Gil Pérez et al., 1988; Neto, 1998).

De acordo com Hayes (1987), surge um problema quando se verifica uma descontinuidade entre um estado cognitivo e outro que se pretende alcançar e não se conhece, à partida, a forma de superar tal descontinuidade. Há, então, um desequilíbrio entre os conhecimentos e competências necessários à superação da situação e os conhecimentos e competências de que o indivíduo dispõe na altura (Neto, 1998).

Um problema não pode, em suma, ser visto como uma tarefa com dificuldades em si mesma; essa tarefa vai constituir-se ou não como um problema em função da pessoa que se encontra perante a tarefa. Um problema para uma pessoa pode não o ser para outra e pode, inclusivamente, não o ser, para a mesma pessoa, em diferentes alturas da sua vida. Essa diferença depende, segundo Garrett (1988), dos interesses e dos conhecimentos prévios do indivíduo, para além do seu estilo cognitivo e da percepção do contexto onde tem lugar a situação problemática.

Uma definição abrangente de problema é também a de Lester (citado em Pozo et al., 1994), o qual considera que uma situação é um problema se existe o seu reconhecimento como problemática e na medida em que não se disponha de procedimentos de tipo automático que permitam solucioná-la de forma mais

ou menos imediata. O sucesso na tarefa exige, pelo contrário, um processo de reflexão ou de tomada de decisão sobre a sequência de passos a seguir.

Como implicações mais importantes, podem sintetizar-se duas ideias-chave para o processo de resolução de problemas:

1. O sujeito tem de reconhecer o problema enquanto tal, para se poder envolver na sua resolução.
2. A situação é problemática em função dos factores inerentes a cada indivíduo e da sua interacção com a situação.

1.1. De Exercício a Problema

Exercício e problema são, deste modo, duas categorias conceptuais diferenciadas e de significação relativa e pessoal, pois, como se assinalou, o estatuto de uma qualquer questão vai resultar da interacção entre a situação em si e o indivíduo que a tenta resolver.

Garrett (1995) sintetiza esta problemática concebendo a existência de um *continuum* e distinguindo enigmas (*puzzles*) de verdadeiros problemas, com base num paralelismo que estabelece entre a resolução de problemas e a actividade científica, aliado a uma visão kuhniana do desenvolvimento da ciência. Os enigmas pressupõem, a seu ver, a existência efectiva de uma resposta e implicam que se saiba exactamente como chegar a essa resposta; têm resposta correcta, normalmente única, que resulta da aplicação de um algoritmo – um procedimento padronizado que, se aplicado adequadamente, garantirá a resposta correcta – constituindo um enigma ou problema fechado. Fala de problemas abertos, quando não se pode falar em resposta correcta, mas na melhor resposta possível num dado momento. Utilizam-se um conjunto de regras ou heurísticas, as quais podem não levar à resposta mas ajudam a organizar a tomada de decisão.

A diferença entre enigmas e problemas tem, em suma, a ver com as circunstâncias individuais, ou seja, com uma fronteira pessoal circunscrita dentro dos limites do conhecimento e da compreensão individuais. Ao redor desta fronteira, Garrett identifica uma *zona de interesse óptimo*, uma área que

considera intelectualmente atractiva e pedagogicamente frutífera e que corresponde a tarefas de dificuldade intermédia: nem demasiado fáceis, nas quais o indivíduo se limita a reproduzir esquemas aprendidos e memorizados, nem demasiado difíceis, que provoquem desmotivação e incapacidade cognitiva para lidar com elas.

O *continuum* entre os enigmas e os verdadeiros problemas varia, então, entre um extremo em que se conhece toda a informação necessária para os resolver – de pouco interesse didáctico, segundo Garrett – e outro extremo, em que os indivíduos se sentem numa área totalmente desconhecida, susceptível de provocar, com grande probabilidade, bloqueios psicológicos.

Os simples exercícios, que apenas exigem a aplicação de procedimentos rotineiros bem aprendidos não contribuem para uma nova compreensão da situação, estão situados fora da zona de interesse óptimo; a sua realização tem uma utilidade imediata e o seu interesse e o seu valor acabam no momento em que são solucionados.

Em síntese, a resolução de problemas e a realização de exercícios constituem um *continuum* educativo cujas fronteiras não são fáceis de definir. Os exercícios e os problemas requerem dos alunos a activação de diversos tipos de conhecimento, não só processuais como conceptuais e de diversas atitudes e motivações. Na medida em que sejam situações mais abertas ou novas, a resolução de problemas pressupõe uma exigência maior a nível cognitivo e motivacional do que a execução de exercícios.

Não parece, no entanto, sensato anular o papel que as situações fechadas podem desempenhar na aprendizagem das ciências na escola. Como refere Pozo (1996), os exercícios são importantes na aprendizagem, pois, muitas vezes, torna-se necessário o domínio de técnicas aprendidas previamente que necessitam de treino. Pozo defende, assim, que “um bom equilíbrio entre exercícios e problemas pode ajudar os alunos a consolidar as suas destrezas, conhecendo os seus limites, diferenciando as situações conhecidas e já praticadas das novas e desconhecidas” (p. 326).

1.2. Tipos de Problemas

Alguns autores, mais do que definir exactamente problema, preferem estabelecer uma tipologia que lhes permita saber de que tipo de problema se trata e que modo de resolução se exige. É o caso de Shulman e Tamir (1973) que identificam três componentes constituintes de um problema – *enunciado, estratégias e solução* – definindo diversos níveis possíveis, consoante são ou não explicitadas cada uma das três componentes. As situações variam entre muito ou nada guiadas, sendo este extremo aquele em que nenhuma das componentes é explicitada à partida, correspondendo-lhe a pesquisa pura (*pure inquiry*).

Outra classificação possível, mas que se centra nas características da tarefa, divide os problemas em *bem estruturados* e *mal estruturados* (Fredericksen, 1984). No problema bem estruturado pode identificar-se facilmente se se alcançou uma solução e os alunos sabem claramente de que elementos partem e que técnicas têm que empregar para chegar a uma meta e qual é essa meta. No problema mal estruturado, os pontos de partida ou as normas que estipulam quais são os passos necessários para resolver uma tarefa são muito menos claros e específicos. Para além disso, pode chegar-se a várias soluções, diferentes entre si, por meio de métodos também diferentes e igualmente válidos.

Os *problemas académicos* típicos, com longo historial na escola e que em muitas situações continuam a ser a prática comum, correspondem a problemas fechados com a tónica na resposta única e exacta. São, geralmente, desligados da vida quotidiana e são utilizados para testar conhecimentos e rotinas, em detrimento do pensamento criativo e crítico ou da metacognição (Neto, 1998). Os *problemas da vida real*, por contraste, são problemas abertos, mais complexos, difusos e multifacetados e normalmente não existe um método único de os resolver.

Na actualidade, as grandes finalidades para o ensino escolar parecem tender para uma aproximação a problemas com estrutura e complexidade mais próximas da vida real, pela sua capacidade de mobilização de competências elaboradas de pensamento e pelo apelo a factores afectivos e motivacionais.

Na cultura científica e tecnológica actual, que gera informação e conhecimento demasiado vastos para poderem ser assimilados pelos alunos, a competência para reconhecer problemas em contextos diversos, compreender a sua estrutura, planear, executar e avaliar situações, ganha uma importância acrescida para os cidadãos do século XXI (Lally, 1994).

2. A Resolução de Problemas

A inexistência de consenso na definição de problema implica necessariamente dificuldade na definição de *resolução de problemas*. Como indicam Novais e Cruz (1989, p. 70), a resolução de problemas pode, dessa forma, ser encarada sob diversos pontos de vista:

1. Um objectivo a atingir ao longo da escolaridade (...).
2. Uma capacidade que envolve processos complexos de pensamento e que se pode ensinar.
3. Uma estratégia de desenvolvimento de várias capacidades cognitivas.
4. Uma estratégia de ensino-aprendizagem.
5. Um processo de investigação.

A investigação, sobretudo de matriz psicológica, tem procurado estudar a resolução de problemas como uma das dimensões fundamentais do pensamento humano. Mayer (1986), por exemplo, no seu livro *Thinking, Problem Solving, Cognition*, utiliza indistintamente os termos pensamento, resolução de problemas e cognição, e estrutura toda essa obra baseando-se numa “definição única, geral e comum aos três” (p. 20), onde inclui três ideias básicas:

1. O pensamento é cognitivo, ocorre internamente na mente do sujeito e só pode ser inferido indirectamente.
2. O pensamento é um processo que implica alguma manipulação sobre o conhecimento.
3. O pensamento é dirigido e tem como resultado a resolução de problemas ou a tentativa da sua resolução.

Adoptando uma posição algo diversa, autores como Garrett ou Gagné consideram que a resolução de problemas não deverá ser encarada como um elemento de pensamento, mas como uma actividade complexa de aprendizagem que envolve pensamento (Gagné, 1976).

Na mesma linha, Tavares (1992) defende que a resolução de problemas possibilita que os alunos aprendam a pensar, a aprender e a conhecer os mecanismos do conhecimento e da aprendizagem. Vários são os defensores da resolução de problemas como actividade de aprendizagem pelo facto de potenciar o desenvolvimento de processos cognitivos superiores, nomeadamente por constituir uma ocasião de treino da metacognição pois, “se o aluno conhecer/identificar os processos que utiliza durante a resolução de problemas, poderá controlar esses processos, aplicá-los em outras ocasiões e ainda avaliar a sua eficácia” (Novais e Cruz, 1989).

2.1. A Resolução de Problemas como Competência Cognitiva

Nas suas origens, a psicologia experimental tinha como objectivo a descrição e explicação dos estados da consciência e usava o método de introspecção. Pedia-se aos sujeitos que, à medida que realizavam uma determinada tarefa, descrevessem os seus estados e as suas sensações. Os elementos psicológicos básicos eram as sensações, as quais se combinavam para produzir todos os fenómenos psíquicos, realizando-se essa combinação mediante *associações*.

Como muitos desses processos se produzem de maneira automática, sem que os indivíduos tenham consciência de como os levam a cabo, a psicologia introspectiva enfrentou grandes dificuldades. O condutivismo, pela mão de Watson (1878-1958), vem dar uma resposta a este problema, ao mudar o objecto de estudo, que deixa de ser a consciência e passa a ser o comportamento observável dos sujeitos. O carácter associacionista mantém-se, no entanto, já que Watson considerava que as condutas complexas resultavam da combinação de condutas mais simples (Delval, 1996).

Na mesma altura, surge a corrente *gestaltista* que reage contra esta visão associacionista e defende que os processos psicológicos se deveriam estudar de forma global e estruturada. Wertheimer (1968), um dos grandes dinamizadores dessa linha, defendia que o pensamento implica a formação de sistemas organizados e os problemas variam em função das actividades que as pessoas realizam para resolver uma tarefa. O autor distingue entre *pensamento produtivo* e *pensamento reprodutivo*, o primeiro consistindo na produção de modos de resolução novos, a partir de uma organização ou

reorganização dos elementos do problema, e o segundo na aplicação de métodos já conhecidos.

A perspectiva do *processamento de informação* viria, no entanto, a ser a corrente que mais significativamente avançaria no estudo da resolução de problemas. As teorias elaboradas com base nesse modelo equiparam, metaforicamente, o funcionamento da mente ao de um computador, em que a informação é recebida, armazenada na memória, processada e mobilizada para a tomada de decisões.

Nesta perspectiva, podem obter-se procedimentos adequados de resolução de problemas se se possuírem estruturas bem organizadas de conhecimento na memória a longo prazo, representações adequadas do problema (relações entre factos e conceitos que dão sentido ao problema e desenvolvimento de acções mentais com vista à obtenção de uma solução), processamento de informação automático e sistemas de reconhecimento automático de padrões (reconhecimento de uma palavra ou de uma frase, por exemplo, sem recurso a um processo de descodificação).

É de notar que modelos como este se adaptam melhor a problemas que podem tornar-se bem estruturados, uma vez que só nestes é possível ter-se em conta similaridades e reconhecimento de padrões. Os problemas mal estruturados e os problemas reais, ao contrário, não se confinam a estratégias bem delimitadas e a mecanismos intelectuais simples, antes exigem elementos mais complexos como as estratégias e capacidades metacognitivas e outras dimensões do funcionamento global humano (Neto, 1998).

Mas dar importância apenas ao conhecimento estratégico não parece explicar totalmente as diferenças entre os bons resolventes de problemas e os maus. O conhecimento do conteúdo também parece fazer a diferença, de acordo com os estudos feitos. Na verdade, a evidência tem vindo a mostrar que os conhecimentos específicos disponíveis em maior quantidade e mais bem organizados permitem aos especialistas reconhecer com mais facilidade as características e atributos essenciais do problema e aplicar procedimentos de solução adequados.

Mas, por outro lado, esta alternativa não explica a forma como os peritos recorrem a certas heurísticas quando se confrontam com problemas não familiares dentro do seu domínio, ou quando se dá transferência de um domínio para outro. Neste caso, segundo Pérez e Pozo (1994), o comportamento do especialista distingue-se por um maior controlo no que diz respeito aos processos de solução, ou seja, por uma maior capacidade de planificar, descobrir os erros e a informação em falta, assim como as regras que deve aplicar. A maior eficácia dos especialistas parece, assim, estar relacionada com um melhor conhecimento conceptual e um maior controlo estratégico; este, por sua vez, é fortemente determinado pela base de conhecimentos específicos do domínio em causa.

2.2. Resolução de Problemas Específicos

Os estudos baseados na comparação entre especialistas e iniciados ou experientes e inexperientes vieram imprimir um impulso razoável na investigação sobre resolução de problemas. O objectivo era identificar os processos psicológicos implicados na resolução de um problema determinado, fazendo depender a resolução de problemas dos conteúdos e dos contextos.

Um dos pressupostos destas investigações era o de que as competências e estratégias de resolução são específicas de um determinado domínio e, como tal, dificilmente transferíveis de uma área para outra. As regras gerais são vistas como insuficientes e meramente orientativas, sendo explicado o bom desempenho dos bons resolventes de problemas com base nos seus conhecimentos específicos. Sem negar a possível influência de certas predisposições ou diferenças individuais, a perspectiva especialistas/iniciados assume que uns e outros não diferem nas suas capacidades gerais de processamento de informação nem na sua inteligência geral, mas na sua formação específica.

A perícia manifestada pelos especialistas em determinadas áreas surge assim explicada como uma utilização óptima dos recursos cognitivos disponíveis na própria área de especialidade. A mudança cognitiva implicada na formação de um especialista ou no incremento da perícia de alguém numa área determinada reside, em parte, segundo esta perspectiva, na superação das

próprias limitações ou dificuldades em aceder a um melhor uso dos próprios recursos cognitivos nesse domínio.

Assume-se, por outro lado, que as competências de resolução de problemas resultam da prática, mas uma prática que seja guiada por princípios conceptuais que lhe dêem sentido.

Por último, este ponto de vista assume que a eficácia na resolução de problemas depende, em larga medida, da disponibilidade e da activação de conhecimentos conceptuais adequados, existindo uma vinculação estreita entre o domínio de competências processuais e a aquisição de conhecimento conceptual. A diferença de conhecimentos específicos entre especialistas e iniciados é, contudo, não só quantitativa, associada à informação disponível na memória, mas também qualitativa, como resultado da reestruturação dessa informação, ao dar lugar a novas e mais eficazes estruturas conceptuais.

A qualidade da organização desse conhecimento varia de pessoa para pessoa e, como os resultados da investigação têm vindo a mostrar, diferencia os especialistas dos iniciados, com melhores desempenhos cognitivos por parte dos primeiros, que são capazes de estruturar o seu conhecimento em torno de princípios unificadores (Chi, Glaser e Rees, 1982; Neto, 1998).

Dentro desta linha, Kempa e Nicholls (1983) analisaram a estrutura cognitiva e as competências de alunos em resolução de problemas de química, comparando os bons e os maus resolventes. Concluíram que a estrutura cognitiva dos bons resolventes era mais complexa e com maior número de associações do que a dos outros, sendo as diferenças mais substanciais verificadas quando os alunos tinham de lidar com conceitos de maior nível de abstracção.

A influência da organização do conhecimento vai fazer com que os especialistas, com uma organização mais estruturada, consigam analisar a estrutura profunda do problema (atendendo aos conceitos e princípios que se podem aplicar na resolução), o analisem qualitativamente, estabeleçam um plano e só depois executem os procedimentos previstos. Em contrapartida, os iniciados tendem a realizar uma abordagem superficial do problema e uma

aplicação imediata de algoritmos conhecidos, prescindindo de uma análise qualitativa e sistemática.

Os especialistas adoptam, assim, estratégias pessoais diferentes das dos iniciados. Os conhecimentos prévios disponíveis permitem-lhes reconhecer com mais facilidade as características ou atributos essenciais do problema e aplicar os procedimentos de resolução adequados.

Os especialistas, quando enfrentam problemas complexos ou desconhecidos, utilizam os seus conhecimentos conceptuais específicos e o seu metachecimento para procurar soluções novas, tarefa difícil para um iniciado. Perante um problema realmente novo, os peritos podem recorrer aos seus conhecimentos conceptuais, bem estruturados, para gerar modelos ou analogias, de que derivem procedimentos ou estratégias de solução adequadas.

Em síntese, dependendo da natureza dos problemas e do conhecimento prévio que tenham sobre eles, os especialistas garantem um maior rendimento, tendo por base informação específica armazenada na memória e um domínio especializado de procedimentos específicos, para o caso dos problemas simples; por outro lado, enfrentam situações parcialmente novas ou desconhecidas, baseando-se no seu conhecimento conceptual estruturado e num maior controlo estratégico.

Alguma pesquisa mais recente, referida por Fávero e Sousa (2001)¹⁶, tem mostrado, no entanto, que o desempenho do especialista não é uniformemente superior, visto que o amplo domínio de uma área de conhecimento, considerado uma das vantagens do especialista, por gerar representações do problema, pode também ter o reverso da medalha, levando-o a não ter em conta informações novas e relevantes.

Parece ser consensual, todavia, que todas as categorias de conhecimento – declarativo ou processual, estático ou dinâmico – são importantes e deverão ser desenvolvidas e postas em prática em conjugação sistémica e dialéctica.

¹⁶ Este artigo resulta de uma vasta revisão bibliográfica sobre a pesquisa em resolução de problemas em física, baseada em trabalhos publicados (num total de 72 artigos) num conjunto de periódicos importantes, desde o final dos anos setenta até 1999 .

Ensinar a resolver problemas específicos passa, então, por ajudar os alunos a integrar os seus conhecimentos num todo estruturado, para que os possam pôr em acção conjuntamente com os mecanismos de resolução.

2.3. Modelos de Resolução de Problemas

Baseando-se em observações sobre a forma como os especialistas matemáticos resolvem problemas, Polya (1973) estabeleceu uma sequência de fases e procedimentos heurísticos para alcançar a solução de um problema a que fez corresponder métodos gerais de resolução de tarefas, independentemente do conteúdo em questão. As etapas fundamentais que considerou na resolução de qualquer problema resumem-se a quatro:

1. Compreensão do problema.
2. Estabelecimento de um plano de resolução.
3. Execução do plano.
4. Avaliação ou análise retrospectiva da resolução.

A primeira etapa, a compreensão do problema, implica que, não só se conheçam as palavras, a linguagem ou os símbolos, mas se assuma a situação como problema e se adquira uma disposição de procura da solução. Compreender um problema implica dar-se conta das dificuldades e obstáculos que uma tarefa apresenta e vontade de os tentar superar. Para que se dê essa compreensão, é necessário que, para além dos elementos de novidade, a situação contenha aspectos já conhecidos que permitam guiar na procura da solução.

De salientar que, para Polya, o sucesso efectivo na resolução de um problema vem aliado ao aspecto afectivo. Assim, não basta compreender o problema, é igualmente preciso querer resolvê-lo, isto é, há-de haver interesse, curiosidade e sentido de desafio para se empreender esse tipo de tarefa.

A concepção do plano implica que se avalie a distância entre a situação de partida e o objectivo que se pretende atingir e se pense nos procedimentos mais úteis para diminuir essa distância. Polya e outros autores distinguem entre estratégias ou heurísticas e outros procedimentos de resolução de

problemas, como as regras ou os algoritmos. Estes últimos constituem conhecimentos adquiridos que permitem transformar a informação de uma forma fixa, eficaz e concreta, enquanto as estratégias ou heurísticas são procedimentos mais gerais e globais. Existe uma grande variedade de estratégias que podem ir desde a procura da solução por ensaio e erro (útil apenas para um pequeno número de tarefas muito específicas) até estratégias mais sofisticadas, como aplicar a análise meios-fins, dividir o problema em sub-problemas, estabelecer sub-objectivos ou comparar com problemas análogos.

As diferenças individuais na resolução de problemas podem, dessa forma, dever-se a diferenças na aprendizagem, mas também à própria estrutura da tarefa ou às instruções que a acompanham. Assim, muitos estudos têm mostrado que os alunos têm tendência a seguir as características superficiais do problema para escolher a estratégia mais útil.

O estabelecimento do plano pode, assim, passar pela procura de problemas similares, baseada na experiência passada ou em conhecimentos previamente adquiridos. Se tal não resultar, tem o resolvente de procurar fazer variações do problema, generalizações, particularizações e recurso a analogias.

A execução do plano consiste em desenvolver o plano estabelecido e em transformar o problema de acordo com as regras conhecidas. Mas, muitas vezes, pôr o plano em marcha faz com que surjam novos problemas que têm de ser analisados e exigem o estabelecimento de novos planos. Isto é mais frequente nos problemas com sub-etapas.

Por último, o processo de resolução do problema termina com o alcance da meta desejada e com o exame da solução obtida. Esta fase tem dois objectivos precisos: avaliar se se alcançou a meta e se se deve rever o procedimento; por outro lado, pode servir para ajudar o aluno a ganhar consciência das estratégias e regras utilizadas e, desta maneira, melhorar a sua capacidade heurística. Esta etapa pode, em consequência, contribuir para a aprendizagem e a prática reflexiva da resolução de problemas.

O modelo apresentado por Polya é acompanhado por um conjunto de estratégias heurísticas, de que se destacam as seguintes: explorar analogias;

pensar num problema relacionado, mais simples; estabelecer sub-objectivos; olhar para trás; examinar casos particulares; desenhar esquemas. Pressupõe-se que o conhecimento de tais estratégias ajude o indivíduo a tornar-se mais apto a resolver problemas.

Polya sugere, nesse sentido, algumas técnicas que podem potenciar o sucesso do aluno na resolução de problemas de qualquer domínio, como seja habituá-lo a colocar questões a si próprio do tipo:

Compreensão do problema	<i>Quais são os dados de que disponho?</i>
Plano de resolução	<i>Conheço um problema relacionado com este? Pode servir-me de ajuda o problema já conhecido? Posso enunciar o problema de outra forma?</i>
Execução do plano	<i>Consigo ver com clareza que os passos seguidos estão correctos? Consigo demonstrar que está correcto?</i>
Exame da solução obtida	<i>É possível verificar o resultado? É possível verificar o raciocínio? É possível chegar ao resultado por um caminho diferente?</i>

As heurísticas de resolução de problemas propostas têm, em geral, surgido, da observação e análise de tarefas muito concretas. É este o caso de Polya em relação à resolução de problemas matemáticos, os quais exigem a presença de conhecimentos conceptuais e processuais relativamente limitados. Os estudos parecem indicar que os procedimentos para a resolução dos problemas dependem tanto do tipo de conhecimento que os alunos possuem como das características do conteúdo a que se aplicam. Com base nessa preocupação, Polya também refere que estas estratégias devem ser ensinadas utilizando problemas específicos de áreas diversas, o que facilitaria a generalização a esses campos e contribuiria para a formação de estratégias gerais.

Mas sempre que surgir uma situação que não seja familiar, as mesmas dúvidas podem surgir, o que tem levado muitos autores a considerar que o treino na resolução de problemas em geral, independentemente dos conteúdos concretos, se torna difícil e pouco adequado.

Um modelo mais recente, proposto por Hayes (1987), passou a ser muito utilizado no campo de resolução de problemas e baseia-se nas acções (não forçosamente sequenciais) que ocorrem quando se tenta resolver um problema:

1. *Identificar o problema*, reconhecendo a dificuldade a ser vencida.
2. *Representar o problema*, compreendendo a natureza do obstáculo a ser ultrapassado.
3. *Planear a solução* para o problema, escolhendo uma estratégia para o ultrapassar.
4. *Executar o plano* escolhido.
5. *Avaliar a solução* proposta para o problema.
6. *Consolidar a aprendizagem* a partir da experiência da resolução do problema.

Tendo em conta que a resolução de um qualquer problema dificilmente se coaduna com uma sequência linear de passos, Hayes acaba por estabelecer uma síntese daqueles seis processos cognitivos em dois mecanismos essenciais:

1. *Compreensão do problema através da sua representação interna e externa.*
2. *Concepção e execução dos planos e estratégias conducentes à superação do obstáculo.*

Como se depreende, a representação inicial que o sujeito faz do problema é indispensável, segundo este autor, para a compreensão da verdadeira natureza do problema, por ser a primeira fase, quase sempre decisiva, por que passa o resolvente.

As representações têm sido consideradas como “processos intermédios de compreensão que servem de mediadores entre as componentes iniciais da tarefa e as estratégias de resolução” (Neto, 1998, p. 78). Neste sentido, a representação do problema é essencialmente um mecanismo interior, mas que pode ter manifestações exteriores ou representações externas, como sejam os esquemas, os diagramas ou as notações simbólicas, os quais podem ter um papel importante na compreensão do problema.

Nesse mecanismo interno, o aluno constrói uma representação com base na interpretação pessoal que faz da situação (McGraw, 1984). Assim, essa construção implica que o aluno acrescente algo pessoal, dependendo a dificuldade do problema também da capacidade que os alunos têm para o representar de maneiras novas. Esta aptidão é de tal forma importante que um problema pode ser difícil ou mesmo impossível de fazer numa representação e numa representação diferente ser fácil (Hayes, 1980).

Para Hayes (1987), a compreensão do problema só é possível se, para além da descodificação inicial do contexto da tarefa, se juntar conhecimento (conceptual e processual) armazenado, importante para a situação em análise. A activação desse conhecimento é determinada precisamente pelo tipo e qualidade da representação inicial, a qual adquire, assim, um papel decisivo para o sucesso ou insucesso da resolução subsequente.

As representações externas referidas por Hayes no seu modelo têm um papel de ajuda na execução das estratégias mas, para além disso, podem desempenhar uma função essencial na resolução de problemas complexos pois ajudam a definir melhor as ideias e a reduzir o número de soluções possíveis.

Na área da biologia, a maior parte da investigação sobre resolução de problemas e modelos de resolução incide na área específica da genética. As dificuldades experimentadas pelos alunos na sua resolução levaram Stewart (1982) e mais tarde Thomson e Stewart (2003) a apresentar um modelo construído a partir da análise detalhada da estratégia usada pelos profissionais desta área de conhecimento. Independentemente do tipo e complexidade dos problemas, verificaram que os geneticistas usam caminhos idênticos de construção e formulação de hipóteses e atribuem grande importância aos dados qualitativos no estabelecimento de inferências e na procura de soluções. O esquema final resultante (ver Anexo 9) procurou ter esses factores em conta e, para além disso, pretende demonstrar a interligação entre a estratégia e o conhecimento conceptual necessário para o sucesso da tarefa. A complexidade do modelo não o torna, todavia, muito funcional para utilização directa com os alunos; pode, contudo, ser um bom guia para o seu

acompanhamento por parte do professor, pois estabelece um caminho em etapas bem delimitadas e definidas.

Tendo agora em conta perspectivas que privilegiam a natureza sociocultural da cognição humana, de inspiração vygotskiana, a atenção foca-se no carácter situado da prática de resolução de problemas. É a prática social e a cultura onde se inserem os alunos que passam a ser considerados os elementos dinamizadores na consecução de uma determinada tarefa. Alguns estudos (Säljö e Wyndhamn, 1993; Lave et al., 1989) apontam no sentido de que a interpretação que os indivíduos fazem de como resolver o problema parece estar relacionada com os seus pressupostos sobre qual o processo natural de proceder numa dada situação.

O significado atribuído a uma tarefa varia de acordo com o contexto em que ela é colocada, dependendo das particularidades e características que o próprio sujeito lhe atribui. A questão que se coloca é a de que tipo de ambiência social fornece os contextos mais adequados para a aprendizagem, no sentido de os alunos se integrarem numa dada comunidade de prática. Envolver um grupo em contextos próprios de actividades autênticas de resolução de problemas implica levar os alunos a partilhar informação, a estabelecer cumplicidades e pontos de vista comuns sobre o sentido da sua actividade.

Este tipo de abordagem encerra um nítido contraste com actividades rotineiras, que envolvem informação descontextualizada e abstracta, valorizando, em consequência, a interacção social e os processos de aprendizagem colaborativa que estão na base da construção social do conhecimento, através de, nomeadamente, actividades de discussão e reflexão em grupo (Cachapuz et al., 2002).

2.4. Dimensão Afectiva da Resolução de Problemas

Como recorrentemente se assinalou, apesar de a dimensão cognitiva assumir um papel crucial na resolução de problemas, as atitudes e os valores são igualmente importantes e fundamentais em todo o processo. Aliás, a separação entre essas duas dimensões faz-se, muitas vezes, mais por

facilidade e exigências de análise do que por efectivamente estarem dissociadas. Lembrando mais uma vez Damásio (2000), importante se torna fazer notar que “a consciência começa por um sentimento” (p. 355), ou seja, quer o pensamento quer a acção estão carregados tanto da razão como dos afectos.

Não admira, assim, que, de forma continuada, muitos autores tenham vindo a alertar para a importância dos aspectos afectivos da resolução de problemas. É, nomeadamente, bastante referida a importância do interesse, da motivação e da autoconfiança na capacidade de resolver problemas, todos eles admitidos como factores que determinam o sucesso nessa actividade (Fisher, 1990). Como Hodson e Reid (1988) defendem, pode considerar-se como potencialmente motivadoras opções como as que em baixo se assinalam:

- Relacionar o conteúdo com situações da vida real.
- Dar ênfase a considerações humanitárias.
- Usar o conhecimento, a experiência e os interesses do aluno como ponto de partida.

(...) (p. 107).

Orientar a escolha dos problemas por estes indicadores de relevância pessoal e social pode favorecer o desempenho dos alunos nesta actividade e ajudar a que sintam a tarefa como agradável e acessível, ultrapassando alguma rejeição inicial, tantas vezes regra neste domínio.

Para Hodson e Reid, a ênfase nas questões sociais é, nesse sentido, uma forma de aproximar a ciência dos interesses e inclinações dos alunos e, desse modo, contribuir para a diminuição do insucesso em ciências, o qual aqueles autores consideram muito mais atribuível às atitudes negativas que os jovens desenvolvem do que a possível incompetência intelectual. Nesta ordem de ideias, alertam para um certo ponto de vista determinístico muito instalado nas escolas, o qual atribui o fracasso a factores que ultrapassam qualquer intervenção do professor e, se aceites como explicações, conduzem inevitavelmente ao insucesso e inibem a mudança.

A intervenção do professor continua, assim, a ser decisiva, apesar de caber ao aluno, em última instância, a responsabilidade por aprender e por se motivar.

Essa decisão parte do aluno mas o êxito vai depender do desafio que a situação lhe despertar e do entusiasmo que lhe proporcionar, em função das expectativas de sucesso que lhe forem criadas.

Os estilos motivacionais dos alunos, já referidos no capítulo anterior, estão aqui directamente envolvidos pois os motivos que mobilizam cada aluno diferem e vão interagir com as estratégias propostas na sala de aula. Segundo Martín e Kempa (1991), a actividade de resolução de problemas adequa-se melhor aos estudantes que se movem pela *necessidade de satisfazer a curiosidade* do que a qualquer dos outros três estilos propostos por Adar (*obter êxito, cumprir obrigações* ou *relacionar-se com os outros*). Os padrões motivacionais são, por isso, outro factor a ter em linha de conta quando se planificam actividades de resolução de problemas.

Tendo em consideração o sujeito psicológico global (Neto, 1998), o comportamento e o desempenho que o aluno tem face à resolução de problemas entra em conta com os seus conhecimentos de ciências, os seus conhecimentos de heurísticas e de estratégias, o seu sistema de concepções e as suas atitudes e sentimentos.

A questão da ansiedade dos alunos perante este tipo de tarefas também é um problema que se tem colocado em resolução de problemas de ciências. Segundo Nieto (1985), embora os estudos não sejam a esse ponto conclusivos, a maioria deles aponta para correlações negativas entre a ansiedade e o rendimento escolar, sendo a situação agravada na resolução de problemas de ciências, onde a antecipação da sua complexidade e incapacidade de resolução pode levar à rejeição.

3. Resolução de Problemas e Aprendizagem das Ciências

As aulas de ciências não fogem à tradição enraizada de solicitar os alunos, após a exposição teórica do professor, a resolver “problemas” que ilustram a aplicação da teoria. Estes são, normalmente, problemas-tipo de papel e lápis e relativos a conceitos científicos específicos, sendo fornecidos os dados estritamente necessários para se alcançar a solução, atingida mediante a aplicação de algoritmos adequados.

Os professores ajudam os alunos a resolver estes problemas, orientando-os para a fórmula correcta, para o raciocínio mais adequado, para a solução, esclarecendo pequenas dúvidas e explicando como se resolvem os problemas deste tipo, para depois poderem utilizar o mesmo modelo de resolução nos outros que se seguem (Lopes, 1994).

Os alunos são, assim, induzidos a resolver os problemas de forma mecânica, sem compreenderem muito bem o sentido daquilo que estão a fazer, ficando quase sempre incapazes de usar essas competências em situações novas. Gil Pérez e Martinez (1983) dizem mesmo que, desse modo, os alunos não aprendem a resolver problemas, somente memorizam as soluções apresentadas pelo professor como simples exercícios de aplicação.

Vimos já que esta é uma visão muito reducionista da noção de problema e das potencialidades pedagógicas que uma aproximação mais abrangente pode ter. A investigação em didáctica tem, na verdade, relevado recorrentemente a importância da resolução de problemas nas aulas de ciências, tendo Lopes (1994, p. 12) sistematizado alguns dos argumentos mais relevantes:

1. A resolução de problemas desempenha um papel fundamental no crescimento dos conceitos e do conhecimento (...);
2. A resolução de problemas pode ser um processo fundamental para alunos e professores mudarem a sua visão e a sua atitude em relação ao modo como os cientistas constroem a ciência (...);

3. Os alunos, na sua maioria, gostam de experimentar desafios, enfrentar dificuldades, resolver problemas (...);
4. A resolução de problemas pode ser utilizada para produzir saber e saber-fazer e não apenas para justificar saberes e saberes-fazer (,,);
5. A resolução de problemas permite o desenvolvimento de diversas capacidades básicas (competências científicas, competências sociais, comunicação, etc.) e de outras capacidades complexas, tais como o pensamento criativo, a tomada de decisões e a própria resolução de problemas entendida como capacidade de alto nível.

Não é de surpreender, pois, que a resolução de problemas seja por muitos apontada como uma das principais tarefas a incluir no currículo escolar, por ser reconhecida não só como uma competência relevante e importante para os alunos na sua vida diária, mas também por constituir uma actividade fundamental de desenvolvimento das próprias ciências.

O cidadão comum convive, na verdade, diariamente com situações que levantam problemas relacionados com o funcionamento da natureza e da tecnologia a que tem de dar resposta, mas para as quais recorre, em geral, a procedimentos na maior parte das vezes pouco científicos. Para que os alunos usem mais o que aprendem nas aulas de ciências quando resolvem problemas quotidianos, deve, no dizer de Pozo e Gómez (1994), dar-se mais importância e significado ao seu papel na aprendizagem das ciências. Estes autores distinguem, nessa medida, entre problemas quotidianos, escolares e científicos, os quais diferem na forma como são formulados, nas motivações e no sentimento de necessidade da sua resolução, nos procedimentos usados e na consideração de que o problema está resolvido ou não.

Os problemas quotidianos surgem sem que sejam procurados; quando enfrenta a situação, a pessoa sente a necessidade de a resolver, em geral porque lhe é conveniente. No contexto escolar, por seu turno, o aluno enfrenta um problema que lhe colocam para resolver e que, salvo raras excepções, não sente necessidade de o fazer. Ainda que o aluno se implique na realização da tarefa, a sua motivação será, contudo, bem distinta da de um cientista. Como também salientam Pozo e Gómez (1994), em boa parte das situações escolares, os alunos enfrentam, de facto, pseudo-problemas, pois não se sentem implicados na sua solução, não vêem qualquer sentido na actividade e

o resultado é-lhes indiferente. O aluno limita-se, assim, a responder a uma solicitação da escola e não a uma inquietação intelectual ou social, como é o caso do cientista, o qual sente necessidade de dar resposta a uma situação desconhecida e que quer ver resolvida.

No que diz respeito aos problemas escolares, o objectivo do aluno é, em geral, o resultado correcto, até porque a avaliação tradicional em resolução de problemas está muito mais virada para a solução obtida do que para o processo de resolução seguido. Por outro lado, o método didáctico sugerido é, muitas vezes, apresentado como um fim em si mesmo e menos como um meio que se pode usar de uma forma flexível e estratégica. O enunciado e o próprio contexto em que se enquadra o problema acabam por eliminar muitas das possibilidades de formulação de hipóteses e da sua comprovação. A experimentação, quando ocorre, é feita no sentido de demonstrar uma teoria ou princípio ou de ilustrar ou exemplificar modelos teóricos.

De acordo com Pozo e Gómez (1994), os problemas escolares encontram-se, assim, a meio caminho entre os problemas científicos e os quotidianos. A sua planificação deve, desse modo, ter em conta que os alunos estão muito mais perto do saber quotidiano, que os seus problemas não são os da ciência e que se deve partir, tanto quanto possível, do saber e das preocupações dos alunos, criando condições que os ajudem progressivamente a atravessar essa ponte.

O importante é, por outro lado, que o verdadeiro objectivo de cada situação seja explicitado, pois, sem a compreensão da tarefa, os problemas convertem-se em meros exercícios que se traduzem na aplicação de rotinas automatizadas, sem que o aluno saiba discernir o significado do que está a fazer ou seja capaz de transferir ou aplicar essas competências a situações novas, sejam elas quotidianas ou escolares. Como afirmam, a propósito, Pérez e Pozo (1994):

ensinar a resolver problemas não consiste só em dotar os alunos de competências e estratégias eficazes, mas também de criar neles o hábito e a atitude de postura perante a aprendizagem como um problema para o qual há que encontrar resposta. Não se trata só de ensinar a resolver problemas mas também de ensinar a colocar-se problemas, a converter a realidade num problema que merece ser indagado e estudado. (p. 16)

3.1. Resolução de Problemas como Tarefas Investigativas

A investigação didáctica, segundo Hodson (1992), tem mostrado que os alunos desenvolvem melhor a sua compreensão conceptual e aprendem mais sobre a natureza da ciência quando participam em actividades de investigação, desde que devidamente apoiados e orientados na sua acção.

A proposta da transformação das actividades de aprendizagem em tarefas investigativas é algo de recorrente na educação em ciências, encontrando-se já na origem de todo o movimento da aprendizagem por descoberta. Os resultados deste movimento não se revelaram, na prática, muito favoráveis, pelo que as propostas actuais, tendo isso em conta, diferem daquelas em alguns aspectos essenciais, assim explicitados por Gil Pérez (1994): os alunos não são encarados como investigadores autónomos a trabalhar na fronteira do conhecimento, mas como investigadores aprendizes que necessitam da mediação de alguém mais capaz, um adulto que funcione como especialista (o professor), integrando assim o contributo de Vygotsky; a outra grande diferença corresponde à intenção de veicular uma visão mais adequada e actual acerca da natureza da actividade científica.

Na proposta de Gil Pérez (1993), a estratégia de ensino que mais se coaduna com a orientação construtivista e com as características do processo científico é a que coloca a aprendizagem como tratamento de situações problemáticas abertas e de interesse para os alunos.

O autor propõe, em consequência, um modelo didáctico que encara os problemas como situações para as quais não se conhece uma solução evidente, o qual deverá partir dos conhecimentos prévios dos alunos, devendo facilitar a sua explicitação e criando condições de conflito cognitivo e consequente mudança conceptual. Essa mudança tem, na perspectiva do autor, de ser acompanhada por uma mudança metodológica, no sentido de levar o aluno a ultrapassar as abordagens de senso comum em direcção a um pensamento mais rigoroso e criativo. As ideias que os alunos expressam sobre as situações em análise podem, assim, ser encaradas como hipóteses válidas que são sujeitas a aprofundamento e reflexão como quaisquer outras que surjam das informações fornecidas ao longo do trabalho. Esta orientação tem

importantes implicações afectivas e motivacionais, pois o aluno não é sujeito a julgamentos externos das suas ideias pessoais nem à exposição de eventuais deficiências do seu pensamento.

Ao integrar alguns aspectos fundamentais do trabalho científico na actividade escolar, Gil chama a atenção para o facto de não se tratar da adopção de padrões rígidos como foi tentado com o designado método científico tradicional, mas de ter presentes as relações entre a natureza da ciência e a natureza da aprendizagem e extrair algumas características mínimas da actividade investigativa, como sejam:

1. A investigação tem origem em problemas significativos para o grupo de trabalho.
2. O trabalho investigativo implica o recurso a fontes distintas: informações do investigador principal (o professor, na escola), pesquisa e consulta bibliográfica, entrevistas, desenho de dispositivos experimentais, recolha e organização de dados, utilização de operações estatísticas, por exemplo.
3. A investigação implica a construção de hipóteses, que derivam de investigações prévias ou da fase de recolha de informação e necessitam de confirmação.
4. O produto final da investigação é avaliado por especialistas externos ao grupo.

A proposta de Gil Pérez et al. (1988) vai no sentido de, na escola, os habituais problemas fechados clássicos serem convertidos, na medida do possível, em problemas abertos, como via para ultrapassar a superficialidade metodológica e para não se cair num *operativismo cego*. As linhas de actuação didáctica propostas, em conformidade, pelos autores são genericamente as seguintes:

1. Começar por um estudo qualitativo da situação, numa tentativa de balizar e definir de maneira precisa o problema.
2. Emitir hipóteses fundamentadas.
3. Elaborar e explicar possíveis estratégias de resolução antes de avançar, evitando meros procedimentos de ensaio e erro.
4. Realizar a resolução verbalizando ao máximo, por forma a fundamentar o que se faz.

5. Analisar cuidadosamente os resultados à luz das hipóteses formuladas.

Os problemas adequados a este tipo de metodologia não podem naturalmente enquadrar-se dentro dos problemas-tipo, onde são fornecidos todos os dados e condições iniciais para se alcançar uma resposta precisa, através da aplicação de leis, conceitos ou algoritmos. Pretende-se que sejam, pelo contrário, situações menos definidas e mais próximas do quotidiano do aluno e que lhe despertem interesse, que o obriguem a questionar-se e a reflectir.

O professor funciona, neste modelo, como um especialista que dirige as investigações, um especialista que se constitui como porta-voz de outros investigadores e favorece o intercâmbio entre os diferentes grupos. O professor vai dirigir os trabalhos, participando neles, tal como os chefes de equipa de investigação fazem com as suas equipas quando analisam situações novas e inesperadas, isto é, orientando mas participando também em todos os desenvolvimentos, fornecendo informações mas contando com o contributo de todos e aprendendo com eles.

Os problemas abertos, quando resolvidos em pequenos grupos, permitem, no entender de Reigosa e Jiménez (2000), reflectir o carácter social da ciência e, desse modo, ajudar a desenvolver nos alunos uma visão mais completa da ciência, o que leva a uma *participação na cultura científica* (p. 275). O trabalho em pequeno grupo vai permitir a oportunidade de os alunos desenvolverem a sua cognição social e melhorarem a sua compreensão conceptual, permitindo o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores (Vygotsky, 1979), através da interiorização de elementos sociais e culturais.

Estas actividades, realizadas em pequeno grupo, criam, assim, um clima ideal para a socialização dos alunos, ajudando-os a tomar consciência do ponto de vista dos outros, a aprender a negociar, a renunciar por vezes às suas próprias posições ou a adiar a satisfação dos seus interesses pessoais em benefício de um objectivo colectivo.

Esta forma de encarar a resolução de problemas parece-nos um guia apropriado para orientar algumas das actividades de ensino-aprendizagem nas aulas de ciências, o que não significa que a resolução de problemas tenha,

necessariamente, de ser a abordagem exclusiva a utilizar nessas aulas. A esse propósito, torna-se pertinente atender ao ponto de vista de Garrett (1995), assim veiculado:

Se bem que seja lícito defender a inclusão de autênticos problemas no currículo escolar de ciências, o que não podemos fazer é considerá-los como panaceia que resolverá todos os males (...). Não há nenhuma razão para defender um curriculum exclusivamente à base de problemas. (...) Se queremos que a resolução de problemas continue a ter um valor educativo e a ter validade como estratégia de aprendizagem, devemos usá-la com muito cuidado. E a fazê-lo (...) devemos ter muito claros os objectivos que se pretendem atingir. (p. 13)

3.2 Resolução de Problemas em Biologia: o Caso Específico da Genética

Face à rápida evolução da biologia, da qual decorrem continuamente problemas e questões de interesse não só científico como social e de resolução complexa, um ensino tradicional dessa disciplina, em que os conhecimentos sejam olhados e transmitidos como um conjunto de leis, regras e interacções lógicas, é claramente ineficaz. Nesta área específica, Sigüenza e Sáez (1990) sugerem, como alternativa, a inclusão de estratégias que facilitem a compreensão e capacitem o aluno para a resolução de problemas (Duch, Groh e Allen, 2001).

Os problemas neste domínio, pelo próprio conteúdo conceptual específico, podem contribuir para estimular o interesse dos alunos pela cultura científica e gerar o gosto por colocar perguntas e procurar respostas. De acordo com Caballer et al. (1995), se for criado um clima propício, os próprios alunos são capazes de suscitar bons problemas, capazes de incentivar e promover a aprendizagem. Trata-se, no fundo, de seleccionar problemas baseados em situações imprecisas que suscitem perplexidade perante os acontecimentos quotidianos, os quais estão na origem dos verdadeiros problemas científicos. Para além disso, os problemas ou situações-problema podem constituir uma ocasião especial para os alunos explicitarem as suas ideias, argumentarem, colocarem essas ideias em conflito e as confrontarem com dados ou processos que levarão à aquisição dos conceitos científicos que são objecto do tema.

Mas uma das áreas da biologia tradicionalmente associadas à resolução de problemas, tanto como um objectivo a atingir pelos alunos como na aceção de estratégia de ensino-aprendizagem, é, todavia, a genética, na qual os problemas ocupam, em geral, um lugar importante e se têm, simultaneamente, assumido como a causa principal das dificuldades apontadas ao tema (tanto por alunos como por professores) (Stewart, 1982; Smith e Good, 1984; Thomson e Stewart, 1985; Smith, 1988; Stewart e Van Kirk, 1990; Ayuso, Banet e Abellán, 1996).

Ayuso, et al. (1996) chamam mesmo a atenção para a possibilidade de as actividades de resolução de problemas de genética poderem estar sobredimensionadas em relação aos objectivos de aprendizagem que se espera alcançar com elas. É sua opinião que o seu potencial não é devidamente explorado para promover ou consolidar os conceitos específicos do tema. Uma das razões apontadas é a de que a maior parte dos problemas de genética geralmente apresentados aos alunos, seja pelo professor ou nos manuais escolares, não se consideram verdadeiros problemas, sendo antes exercícios que se podem resolver acertadamente de foram mecânica, aplicando regras já conhecidas.

Estudos levados a cabo pelos mesmos autores com alunos de diferentes graus de ensino, em que analisaram o seu conhecimento relativo aos conceitos básicos e onde estudaram as estratégias levadas a cabo pelos alunos quando resolvem problemas, têm mostrado que estes podem resolver os “problemas” (exercícios) de genética dos manuais escolares sem dificuldades, usando regras conhecidas que se identificam com os procedimentos utilizados em situações análogas anteriores. Tais estudos permitiram ainda concluir que a procura da solução não fomenta, necessariamente, nestes casos, aprendizagens de tipo conceptual sobre hereditariedade, nem desenvolvimento do pensamento hipotético-dedutivo, nem tão pouco veicula uma visão da ciência como actividade intelectual.

O domínio do algoritmo parece ser, então, suficiente para os alunos resolverem com êxito problemas causa-efeito (dos genótipos aos fenótipos) e também alguns dos problemas efeito-causa (semelhantes à situação em que trabalham os cientistas) (Stewart, 1982), o que significa que os resolvem sem

pôr em prática os conhecimentos conceptuais. No entanto, quando se compara o desempenho dos alunos iniciados com os mais experientes na resolução de problemas, conclui-se que estes usam os seus conhecimentos sobre hereditariedade para analisar a situação e que, a partir deles, formulam hipóteses e confirmam resultados.

A maior parte dos alunos parece ficar, no entanto, longe de uma abordagem destes problemas como pequenas tarefas de investigação, ou seja, não compreendem o sentido real da tarefa, não formulam hipóteses, não planificam o trabalho nem interpretam os resultados obtidos.

No sentido de contribuir para ultrapassar esta situação e se cumprirem os objectivos pretendidos para os problemas de genética, Ayuso et al. (1996) apresentam as seguintes sugestões:

1. Sem esquecer a importância dos problemas causa-efeito na aprendizagem de algoritmos adequados, devem também formular-se verdadeiros problemas, ou seja, situações que impliquem, entre outras tarefas, analisar dados, emitir hipóteses explicativas ou interpretar resultados.
2. De preferência, deve começar-se com situações simples e de interesse para os alunos, incentivando-os à recolha de dados, em vez de estes serem sempre fornecidos nos enunciados.
3. À medida que os alunos vão dominando os conteúdos, a formulação de problemas deve tornar-se mais complexa, mediante a inclusão de problemas divergentes, em que os alunos possam deduzir a informação relevante, propiciando a formulação de hipóteses alternativas.
4. É importante, por outro lado, diagnosticar as ideias prévias dos alunos e utilizar esquemas (representações externas) para a resolução dos problemas, como sejam modelos que representem as relações entre cromossomas, genes e alelos e seu comportamento durante a meiose.
5. Os problemas não devem ser apresentados apenas no final das aulas, como aplicação e reforço dos conhecimentos aprendidos, mas também como incentivos à motivação e como forma de os alunos explicitarem as suas ideias sobre hereditariedade e, mesmo, reestruturarem os seus conhecimentos. A realização destas actividades em grupo confere-lhes, para além disso, a perspectiva social e partilhada do trabalho científico

em geral.

6. Por último, é também importante pôr, por vezes, em questão os critérios que permitem decidir se houve aprendizagem por parte do aluno, apenas por ter alcançado uma solução adequada. Para avaliar a resolução de cada problema será, desse modo, mais adequado não olhar apenas a resposta, mas também a estratégia que a explica.

Estudos realizados por Slack e Stewart (1990), por um lado, e Stewart e Van Kirk (1990), por outro, com alunos universitários, onde foi analisada a forma como esses alunos usavam o conhecimento conceptual e processual na realização de problemas de genética, permitiram chegar a resultados idênticos. Ao compararem os alunos bem e mal sucedidos no processo de resolução desses problemas, os autores concluíram que os alunos “especialistas” possuíam um conhecimento altamente integrado e bem desenvolvido, organizado em esquemas que incluíam tanto o conhecimento conceptual como o processual. Para além disso, eram capazes de fazer o cruzamento de diferentes dados para testarem hipóteses e chegar aos resultados e usavam o seu conhecimento para os justificar.

No caso dos alunos iniciados, por contraste, o seu conhecimento era mais limitado e menos estruturado. No estudo de Stewart e Van Kirk, uma larga percentagem dos alunos foi, no entanto, capaz de resolver os problemas apresentados através da aplicação de algoritmos, o que, na opinião destes autores, leva a duas consequências para a sala de aula: por um lado, a de se sobredimensionar o conhecimento dos alunos e, por outro, a de se subvalorizar o seu pensamento criativo quando manipulam modelos alternativos (pessoais e diferentes da visão científica) para atingir a solução. Na verdade, muitos dos alunos foram capazes de descrever e manipular modelos mentais sobre a meiose, ainda que esses modelos não correspondessem ao esperado pelo professor.

A construção de modelos corresponde a uma importante actividade da ciência mas que não é valorizada na sala de aula, pois a avaliação tradicional acaba por nem sempre revelar o que o aluno sabe ou não sabe e não dá grande reconhecimento à construção de modelos explicativos por parte dos alunos, sobretudo quando não obtêm a resposta correcta.

Com base nestas considerações, Stewart e Van Kirk relevam a importância de, no contexto específico da genética, as actividades a desenvolver na sala de aula terem por base a consecução dos seguintes objectivos fundamentais:

1. Compreender melhor as relações entre conceitos como os de gene e alelo.
2. Desenvolver esquemas para organizar o conhecimento, tendo em conta a forma como os especialistas o fazem.
3. Estabelecer etapas para a resolução do problema, consistindo na interpretação qualitativa dos dados, no uso dessa redefinição para gerar hipóteses iniciais, na utilização dessas hipóteses para decidir quais os cruzamentos a considerar, na redefinição e interpretação dos cruzamentos e no recurso a hipóteses alternativas como possíveis explicações.
4. Representar as relações genótipo-fenótipo, baseando-se nas relações entre os alelos.
5. Desenvolver abordagens que encorajem o aluno a construir argumentos adequados à justificação das soluções encontradas.

Smith (1988), optando por tratar especificamente os problemas de genética com análise de árvores genealógicas – o tipo de problemas considerado mais difícil pelos alunos de biologia –, comparou também indivíduos bem sucedidos nessa tarefa com indivíduos mal sucedidos, verificando que aqueles investem, de facto, mais tempo na interpretação qualitativa dos dados, fazem o ponto da situação do trabalho com frequência, não ficam dependentes dos *ratios* esperados, consideram hipóteses alternativas e atribuem os genótipos aos indivíduos de acordo com as suas hipóteses, para além de serem capazes de justificar os seus resultados em termos dos mecanismos genéticos subjacentes (Smith e Good, 1984).

Partindo de tais conclusões, Smith propõe um conjunto de recomendações importantes a ter em conta aquando da resolução deste tipo específico de problemas na sala de aula. Para além de também reforçar a ideia de que a ênfase deve ser posta no processo de resolução e não no produto, aponta o seguinte:

1. Devem encorajar-se os alunos a pensar em voz alta, a descreverem o

que estão a fazer e porquê, de forma a tomarem consciência dos processos de pensamento que estão a seguir, ou seja, a desenvolverem as suas competências metacognitivas.

2. Devem ter-se em conta os procedimentos usados pelos especialistas e explicitá-los na aula, ou seja, o próprio professor verbalizar as estratégias e processos que utiliza para resolver estes problemas, o que poderá não ser tão fácil como parece, pois muito do que o especialista faz é tácito e, por vezes, subconsciente.
3. Ajudar os alunos a reconhecer e a desenvolver as competências que estão implicadas na resolução de problemas de genética, como por exemplo: aprender a identificar pistas nas árvores genealógicas indicativas de determinados padrões hereditários; aprender a determinar os genótipos com base nos fenótipos de indivíduos, tendo em conta o seu grau de parentesco; atender aos dados e não à opinião; ou, aprender a testar uma hipótese.
4. Dar atenção especial à noção de probabilidade, fornecendo oportunidade para que os alunos apliquem esse conceito a uma população concreta.

Uma outra questão que se pode colocar quando se analisam as dificuldades dos alunos neste âmbito é a da eventual exigência cognitiva inerente aos problemas de genética, como possível obstáculo à sua realização com sucesso. Saber se estes problemas implicam o domínio das operações formais, tal como Piaget as definiu, tem sido preocupação de diversos autores, entre os quais Smith e Sims (1992). A essa preocupação acresce o facto de muitos estudos terem vindo a indicar que uma significativa percentagem dos alunos que abordam a genética no ensino secundário não dominar ainda aquelas operações (Shayer e Adey, 1984).

Como indicam Smith e Sims (1992), vários estudos têm apontado para a existência de correlações positivas entre o nível real de desenvolvimento cognitivo dos alunos e o êxito na resolução de problemas de genética. Os estudos de correlação não são, no entanto, no seu entender, os mais indicados para revelarem os tipos de raciocínio seguidos pelos alunos quando resolvem problemas. Usando, em alternativa, a técnica dos *protocolos verbais* – na qual os sujeitos são solicitados a descrever tudo o que lhes vai na mente enquanto resolvem o problema –, Smith e os seus colaboradores chegaram à

surpreendente conclusão de que, em termos gerais, o nível formal de raciocínio combinatório, proporcional e probabilístico não parecia ser suficiente para se alcançar a solução dos problemas típicos de genética.

O facto de o raciocínio operatório formal não se ter mostrado só por si suficiente para a resolução daquele tipo de problemas não quer no entanto dizer que ele seja irrelevante. Com efeito, os resultados obtidos por estes autores mostram que as operações de raciocínio formal facilitam aquele processo, até porque muitos dos conceitos genéticos envolvidos são difíceis para grande parte dos alunos que só dominam as operações concretas de pensamento. Os conceitos de gene, alelo e genótipo são exemplos de conceitos formais que levantam muitas dificuldades, por possuírem poucos exemplos e atributos concretos perceptíveis para os alunos.

Utilizando como pressuposto que o ensino deve incluir actividades de aprendizagem que estejam para além do nível de cognição actual (ou efectivo), quanto mais não seja para se poder estimular o desenvolvimento cognitivo, a solução passa por fornecer tarefas que desafiem os alunos e que promovam o seu desenvolvimento, desde que se situem na zona de desenvolvimento próximo (ou potencial) definida por Vygotsky, e não em abdicar, pura e simplesmente, do ensino de um tópico desta importância.

Tendo em consideração as áreas de maior fragilidade deste tópico de biologia em conjugação com as que exigem um nível mais elevado de pensamento formal, Smith e Sims (1992) apontam algumas recomendações importantes para o ensino secundário:

1. Omitir problemas de tribridismo na introdução à genética, por implicarem operações de segunda ordem.
2. Evitar, pela mesma ordem de razões, os problemas que incluem proposições combinadas, como, por exemplo, aqueles que exigem do aluno a determinação da probabilidade de várias combinações de indivíduos nascidos de pais diferentes.
3. Utilizar problemas efeito-causa, pois estes implicam que o aluno desenvolva hipóteses e faça juízos acerca da sua validade com base nos dados reais fornecidos. Este tipo de problemas permite um maior desenvolvimento da compreensão conceptual, sendo por isso

defensável que o professor utilize uma mistura equilibrada de problemas causa-efeito e efeito-causa.

A função pedagógica dos problemas causa-efeito e o domínio das técnicas não podem, então, ser menosprezados, pois os alunos necessitam de treinar algumas competências que lhes permitam diferenciar as situações novas das conhecidas e desenvolver ferramentas para as poderem resolver.

A compreensão dos algoritmos terá, então, de constituir o primeiro passo do processo didático, para que os alunos possam resolver significativamente problemas e, em consequência, aprender genética. No entender de Thomson e Stewart (1985), isso implica a explicitação das ligações entre a meiose, os conceitos genéticos e a resolução dos problemas. Estes investigadores verificaram, a propósito, que, tanto nas aulas como nos manuais escolares, os alunos são frequentemente deixados entregues a si próprios face à tarefa de induzirem por si mesmos os algoritmos e construírem uma organização conceptual coerente do conhecimento genético, a partir de um pequeno conjunto de exemplos apresentados nas aulas. Defendem, em consequência, uma primeira fase didáctica em que os algoritmos sejam descritos explicitamente aos alunos, no sentido de os ajudar a relacionar o conhecimento conceptual e o processual. Sugerem, ainda, que os tópicos meiose e genética sejam organizados de forma a apresentarem uma integração mais forte, adiantando algumas indicações concretas, como as que a seguir se explicitam:

1. Evitar um vocabulário muito detalhado na meiose (por exemplo: centrossoma, áster, fuso acromático), preferindo os termos relacionados com a replicação ou a divisão dos cromossomas.
2. Dar uma maior ênfase, na meiose, aos conceitos de gene, alelo e locus.
3. Mostrar a relação entre gene/alelo/locus nos cromossomas, em diagramas representativos da meiose e dar especial importância ao alinhamento ao acaso dos cromossomas na Metáfase I e a sua importância na diversidade dos gâmetas.
4. Representar os cromossomas, no capítulo da genética, com os alelos e colocá-los à volta do Quadrado de Punnett, para reforçar a ideia de que os genes se localizam nos cromossomas e que o processo de divisão meiótica está integrado nos problemas de genética.

5. Sugerir que os alunos desenhem arranjos alternativos dos alelos (nos cromossomas) na Metáfase I, para enfatizar a ideia de acaso nos cruzamentos di-híbridos.
6. Usar os conceitos de gene e alelo, carácter e característica de forma consistente, de maneira que não se confunda o significado de gene com o de carácter e/ou de alelo.

Em suma, a genética e os problemas de genética têm um papel importante na construção do conhecimento biológico por parte dos alunos, mas a resolução desses problemas exige uma atenção mais cuidada e mais reflectida do que habitualmente acontece. Os problemas necessitam de ser bem integrados com os conceitos implicados na sua resolução e esse trabalho tem de ser orientado pelo professor, pois os alunos dificilmente farão essa integração sem ajuda.

Numa primeira fase, o algoritmo deve ser explicitado e, à medida que vai sendo dominado pelo aluno, pode caminhar-se no sentido da resolução de problemas mais abertos, explorando sempre o modelo seguido no processo de resolução. Esta é uma preocupação fundamental para que os problemas não resultem em meros exercícios resolvidos com a aplicação mecânica de regras conhecidas, sendo também fundamental valorizar o processo de construção de modelos a que os alunos por vezes recorrem para dar resposta à situação.

Os objectivos que se pretendem com cada tipo de problemas têm, então, de ser claros, se se pretende o desenvolvimento do aluno em termos da aprendizagem da genética e, em última análise, o estimular do interesse dos alunos pelas áreas científicas e pelas perguntas e respostas da ciência em geral.

3.3. Dificuldades na Resolução de Problemas

Oñorbe e Sánchez (1996a), tendo por base uma revisão exaustiva da literatura sobre dificuldades na resolução de problemas, elaboraram uma síntese pertinente, salientando as seguintes dificuldades e condicionantes:

- *A compreensão do enunciado* – a forma como se apresenta descrito, a linguagem, a organização da informação ou o tipo e quantidade de termos científicos podem causar dificuldades na compreensão do

mesmo.

- *Os conhecimentos dos alunos* – a sua insuficiência em termos conceptuais ou processuais.
- *As estratégias de resolução* – as dificuldades no uso de técnicas e de regras.
- *As estruturas cognitivas e as características pessoais* – a capacidade de memória, os problemas de autoconfiança ou a falta de interesse.

Todas as propostas de resolução de problemas, sejam quais forem as teorias de aprendizagem subjacentes, são unânimes em considerar a compreensão do problema como fundamental e, em consequência, o primeiro factor de dificuldade. O enunciado constitui a primeira etapa que pode tornar o problema mais ou menos compreensível, daí que a sua compreensão seja determinante para o sucesso na actividade de resolução correspondente.

Os enunciados variam consoante se trate de problemas fechados ou abertos, académicos ou reais, para utilizar apenas os extremos de um *continuum* que atravessa os variados tipos de problemas que podem ser propostos na sala de aula. Muitas vezes os alunos acabam por preferir os problemas mais académicos e fechados por coincidirem com o seu estilo de aprendizagem e serem para eles mais fáceis, embora considerem os outros mais motivadores e interessantes (Sánchez, 1995). A passagem de um tipo de problemas para outros tem assim de ser ponderada, de forma a ser possível uma modificação gradual do estilo de aprendizagem dos alunos.

Na elaboração dos enunciados, é também de ter em conta outros factores que podem interferir na compreensão dos mesmos e que merecem atenção especial: o tipo de linguagem utilizado, a estrutura gramatical, o vocabulário, a dificuldade conceptual das ideias apresentadas e o tipo de representações não verbais escolhidas. Para além destes aspectos, há que ter em conta que os alunos (especialmente os de mais baixo rendimento) tendem a utilizar toda a informação fornecida no enunciado e têm dificuldade em distinguir a informação essencial da acessória, pois os problemas com que mais são confrontados ao longo da sua escolaridade fornecem, em geral, a informação estritamente necessária e nada mais. O treino neste tipo único de problemas traz como consequência a dificuldade de o aluno enfrentar os problemas da vida real, onde normalmente se exige aptidão para seleccionar a informação

essencial (Kempa, 1986). O equilíbrio residirá, mais uma vez, na aproximação gradual a problemas com mais informação, partindo daqueles que têm uma estrutura mais familiar para os alunos.

Os problemas têm, assim, de ser bem formulados, em função, tanto quanto possível, dos conhecimentos e competências dos alunos e dos objectivos que se pretendem atingir. Para isso, deverá ser diversificado o tipo de problemas a resolver para não provocar rigidez no funcionamento cognitivo dos alunos, e as dificuldades introduzidas de forma gradual. É importante que o professor possa avaliar passo a passo os obstáculos que os alunos vão encontrando ao longo do processo de resolução, de forma a levá-los a reflectir sobre o seu próprio conhecimento (tanto conceptual como processual), num processo metacognitivo em que a mediação (do professor e de colegas mais competentes) tem também um papel importante para a superação dessas dificuldades.

Para que os alunos possam aprender a pensar melhor e a aumentar a autoconfiança no que diz respeito à sua competência na resolução de problemas, a escola tem de criar um ambiente acolhedor e valorizador das reais capacidades de cada aluno (Lopes, 1994). O papel do professor revela-se a esse propósito decisivo na construção de um enquadramento optimista de sucesso, como as palavras de Savater (1997) tão bem expressam:

(...) o ensino pressupõe o optimismo tal como a natação exige um meio líquido para poder exercitar-se. (...) Porque educar é acreditar na perfectibilidade humana, na capacidade inata de aprender e no desejo de saber que anima, acreditar que existem coisas (..) que podem ser sabidas e que merecem sê-lo, que (...) podemos melhorar-nos uns aos outros através do conhecimento. (p. 20)

O conhecimento do professor é, em consequência, um conhecimento muito próprio: um saber que se constrói a partir do conhecimento do conteúdo, assim como do conhecimento pedagógico geral e do conhecimento dos alunos e também é consequência da própria biografia pessoal e profissional do professor. Pela sua importância no contexto deste estudo, ser-lhe-á dedicado o próximo capítulo do presente relatório.

CAPÍTULO IV

DO CONHECIMENTO DO PROFESSOR À DIDÁCTICA DAS CIÊNCIAS

1. A Importância do Conhecimento do Professor

Compreender como os alunos aprendem e como resolvem problemas específicos implica, por parte do professor, também um bom domínio do corpo de conhecimentos gerais dessa matéria de ensino e dos paradigmas de investigação relativos a esse campo. Como transformam os professores todos estes tipos de conhecimento em ensino é o que importa reflectir agora, numa tentativa de fechar o ciclo *conteúdos-alunos-professores*.

Apesar de o professor ser alvo de estudos vários desde longa data, os estudos sobre os professores terão começado a ganhar maior consistência a partir da década de setenta do século XX.

No final dessa década, estudavam-se as características pessoais do professor passíveis de conduzir a melhores resultados de aprendizagem por parte dos alunos. Estes estudos acabaram, no entanto, por não ser muito bem sucedidos, tendo-se chegado a poucas correlações correspondentes estatisticamente significativas.

Da análise das características do professor passa-se, depois, para a análise da sua actuação na sala de aula, com vista a isolar as acções que resultavam em

melhores aprendizagens. Este período, denominado por investigação processo-produto, procura identificar o estilo de professor mais eficaz, tendo como indicador o desempenho dos alunos, medido fundamentalmente através de testes convencionais, realizados no final do ano (Ponte, 1995). Assumia-se que existiam parâmetros gerais de eficácia docente, a qual transcendia a matéria de ensino, o nível de ensino e a maior parte dos outros componentes da situação de ensino-aprendizagem.

A investigação processo-produto começou a ser posta em causa no final dos anos setenta, princípios dos anos oitenta, numa crítica às bases positivistas e condutivistas desta abordagem e abrindo caminho para uma maior valorização dos conteúdos e dos processos mentais do professor. Os investigadores passaram, assim, a preocupar-se com o conhecimento e o pensamento do professor, os processos de tomada de decisão e a própria reflexão sobre a prática.

A emergência da investigação sistemática sobre o pensamento do professor viria assim a provocar uma mudança assinalável, passando-se de uma atenção focalizada no que o professor faz para uma preocupação com o que sabe e como adquire esse conhecimento (Carter, 1990).

Parece, na verdade, incrementar-se, cada vez mais, a preocupação por conhecer mais e melhor como se desenvolve o processo de *aprender a ensinar*. Enraizada no que veio a denominar-se *paradigma do pensamento do professor*, tal preocupação foi evoluindo até à indagação dos processos pelos quais os professores geram conhecimento e que tipo de conhecimento adquirem (Marcelo, 1995).

A investigação sobre o conhecimento do professor, apesar de desenvolvida a partir de uma variedade de perspectivas teóricas e metodológicas, pode sistematizar-se, segundo a análise de Carter (1990), em três orientações distintas, mas com alguma ligação entre si: estudos sobre *processamento de informação e comparação entre professores com e sem experiência*; estudos sobre o *conhecimento prático*; e estudos sobre o *conhecimento pedagógico do conteúdo*.

Nos estudos centrados no *processamento de informação*, o foco de atenção

são os processos mentais que os professores levam a cabo quando identificam e resolvem problemas, atendem a aspectos do ambiente da sala de aula, elaboram planos, tomam decisões e avaliam.

Estas investigações procuram identificar as operações ou processos cognitivos que os professores usam quando ensinam e recorrem, com frequência, a aparatos laboratoriais e a testes convencionais. Estuda-se o conhecimento pessoal do professor e as teorias implícitas, assim como se realizam estudos relativos à organização e gestão da sala de aula e seus efeitos no pensamento e acções dos participantes.

Carter (1990) afirma que estes estudos indicam uma forte influência entre a aprendizagem dos alunos e as decisões que os professores tomam, antes, durante e após a aula. As decisões que são tomadas durante a fase de planificação vão afectar o ensino, mas as decisões relativas à consecução desse plano e toda a gestão da aula vão também ter uma forte influência no mesmo.

Muitos dos trabalhos foram também orientados para a descrição das diferenças entre os professores experientes e não experientes ao ensinar, tentando perceber os esquemas mentais subjacentes, eventualmente diferenciados.

Shulman (1986a), um dos críticos deste tipo de investigação, salienta que ao concentrarem-se num conjunto estreito de características do pensamento do professor, estas pesquisas acabaram por se colar a uma metodologia de processo-produto, na sua busca de indicadores de eficácia docente. Por outro lado, tendo negligenciado a descrição do processo pelo qual o conhecimento é adquirido, focaram mais os processos cognitivos do que o conhecimento que os professores usam para interpretar situações, planear ou decidir.

Embora muito se tenha aprendido a partir dos trabalhos que contrastavam professores experientes e sem experiência, alguns investigadores usaram os dados obtidos sobre as características do pensamento do professor experiente como critério para julgar a eficácia docente, falhando em perceber como é que o conhecimento dos experientes é adquirido.

O *conhecimento prático* dos professores refere-se ao conhecimento que os professores possuem sobre as situações na sala de aula e os dilemas concretos que se colocam para concretizar as metas educativas nessas situações. Esta linha de investigação parte da assunção de que o conhecimento que o professor constrói para ensinar é de natureza prática e, conseqüentemente, adquirido com a experiência (Borralho, 2001).

Para se referir a este tipo de conhecimento, Schön (1991), por exemplo, utiliza a expressão *conhecimento-na-acção*, a qual diferencia de *reflexão-na-acção*. O conhecimento-na-acção está ligado à acção e é um conhecimento de como fazer as coisas, é dinâmico e espontâneo mas de explicitação verbal difícil. A reflexão-na-acção supõe, pelo contrário, uma actividade cognitiva consciente do sujeito, que utiliza a reflexão ao mesmo tempo que está a actuar. O professor responde a uma situação de incerteza, através de um diálogo reflexivo com o qual resolve problemas e, como tal, gera ou constrói novo conhecimento (Carter, 1990).

Por fim, o *conhecimento pedagógico do conteúdo*, em que se analisa especificamente o conhecimento que os professores possuem em relação ao conteúdo que ensinam e à forma como o transformam para que se produza compreensão nos alunos.

Este último tipo de conhecimento aparece ligado ao impulso dado por Shulman (1986b, 1987) que concluiu que se estava a dar ênfase quase exclusiva às abordagens reflexivas, sociais e contextuais e se continuava a ignorar o que ele caracterizou como o *paradigma em falta*, referindo-se à *persistente invisibilidade da matéria de ensino*. É precisamente nesta linha que Shulman introduz o conceito de *conhecimento pedagógico do conteúdo* (*pedagogical content knowledge*). Este tipo de conhecimento resultaria da interacção entre os conteúdos específicos a ensinar e os princípios psicopedagógicos, constituindo um conhecimento específico sobre a forma de os professores ensinarem a sua disciplina, ao funcionarem como mediadores que transformam o conteúdo em representações compreensíveis para os alunos (Mellado, 1996).

Uma formação inadequada a este nível pode levar o professor a converter o conteúdo disciplinar em curricular, como se entre um e outro não existissem

diferenças epistemológicas, psicológicas e didácticas, tendo como referência para as suas planificações de unidades didácticas os conteúdos conceptuais teóricos, seleccionados de acordo com a lógica das próprias disciplinas (Mellado, 2000).

De acordo com Carter (1990), são os estudos centrados no conhecimento prático e no conhecimento pedagógico do conteúdo os mais prometedores para uma melhor compreensão do conhecimento do professor e de como se aprende a ensinar. Como tal, são esses aspectos que passamos a realçar nos pontos seguintes, até por serem aqueles que nos serviram de mote na orientação mais ligada aos aspectos do ensino na intervenção que fizemos na escola e que procurámos valorizar.

1.1. O Conhecimento Prático

O professor, na sua actividade profissional, intervém num meio multifacetado e muito complexo, num contexto mutável e incerto que resulta do cruzamento de múltiplos factores. Qualquer resposta simplista, nesse âmbito, meramente técnica, que se limite a aplicar princípios gerais e conhecimentos científicos produzidos em abstracto, não pode constituir uma solução geral para os problemas que emergem da actividade prática profissional.

A crítica geral a esta *racionalidade técnica* fez surgir alternativas relativamente à compreensão do papel do professor visando ultrapassar a linearidade mecânica entre o conhecimento científico-técnico e a prática escolar. O saber que o professor desenvolve para resolver problemas práticos complexos, “através da integração inteligente do conhecimento e da técnica” (Pérez, 1995, p. 102), é apelidado de *conhecimento prático*, por autores como Schön (1983) ou Elbaz (1983), entre outros.

O conhecimento prático, na perspectiva de Mellado (1998), é um conhecimento que tem a ver com as situações reais da actividade docente e que permite aos professores poderem actuar na complexidade da aula. Os professores constroem modelos de actuação, guiados por princípios práticos e funcionais, que desenvolvem de forma lenta e gradual, através da experiência e de esforço.

Um contributo importante para o estudo deste conhecimento profissional dos professores foi, segundo Ponte (1994), o trabalho de Freema Elbaz (1983), a qual considera que o conhecimento prático resulta da “integração de saberes experienciais e saberes teóricos (...) integrados pelo professor individual em termos de valores e crenças pessoais e orientados para a sua situação prática” (Ponte, 1994, p. 3).

Elbaz conclui, assim, que o conhecimento do professor, apesar de sustentado na teoria, é eminentemente prático e é pessoal e orientado para as situações. Cada professor, em situação, vai recorrer aos diferentes conhecimentos teóricos que possui e reflectir com base na experiência para poder tomar decisões. Os cinco domínios de conhecimento prático do professor mais relevantes para o ensino foram pela autora categorizados do seguinte modo: o *conhecimento de si mesmo*, do *contexto de ensino*, do *conteúdo*, do *desenvolvimento curricular* e do *processo de ensino*. A imagem que o professor tem de si como pessoa, da sua profissão e do seu papel na escola e na sala de aula constitui o conhecimento de si. No contexto do ensino insere-se o conhecimento que o professor tem da escola e do meio. O conhecimento do conteúdo implica os aspectos da área curricular que o professor ensina, como sejam o conteúdo ou as competências de ensino. Na área de desenvolvimento curricular inclui-se o conhecimento da teoria do currículo, as finalidades e os objectivos e o processo de planificação. Por último, o conhecimento do processo de ensino integra as questões relacionadas com a aprendizagem dos alunos, a organização e gestão da sala de aula (Borralho, 2001).

Schön (1983, 1991) analisa também em profundidade a noção de conhecimento prático mas vai conceder especial destaque ao conceito de reflexão, que tornou central na sua obra.

A reflexão constitui, na actualidade, uma referência necessária e constante sempre que se fala em professores e na sua formação. Apesar de se apresentar como uma questão recente, as suas origens remontam a Dewey (1933), que referia a necessidade de se formarem professores que examinassem de forma activa, persistente e cuidadosa as suas crenças e formas de conhecimento, na expectativa de que essa reflexão pudesse servir como um instrumento de

desenvolvimento do pensamento e da acção.

Schön viria a ser, no entanto, um dos autores que mais influência tiveram na disseminação do conceito de reflexão. Nos seus livros *The reflective practioner* (1983) e *Educating the reflective practioner* (1987/1991), adopta como base as competências subjacentes à prática dos bons profissionais e defende que a formação de qualquer futuro profissional deve incluir uma forte componente de reflexão, tendo como ponto de partida situações práticas reais.

Concebe, assim, um conhecimento profissional contextualizado e sistematizado, numa permanente dinâmica interactiva entre a acção e o pensamento ou a reflexão (Alarcão, 2000).

Ao analisar a actividade profissional, Schön acaba por atribuir um valor epistemológico particular à prática e revaloriza o conhecimento que os profissionais evidenciam quando têm que dar resposta a questões novas. Para ter êxito nessa tarefa, um bom profissional necessita de ser capaz de resolver os problemas práticos que surgem e de lidar com a complexidade. Ao enfrentarem situações confusas e indeterminadas e não passíveis de uma solução técnica imediata, Schön acredita que os bons profissionais desenvolvem, além disso, uma competência artística, no sentido de um “profissionalismo eficiente, um saber-fazer que quase se aproxima de uma sensibilidade de artista, o que ele designa por *artistry*” (Alarcão, 1996, p. 16).

Esta competência vai assentar num conhecimento tácito, o qual acompanha a própria acção e lhe é inerente, completando o conhecimento que o profissional já possui no âmbito da ciência e das técnicas. Este processo é conceptualizado por Schön através dos conceitos de *conhecimento na acção* (*knowing-in-action*), *reflexão na acção* (*reflection-in-action*), *reflexão sobre a acção* (*reflection-on-action*) e *reflexão sobre a reflexão na acção* (*reflection on reflection-in-action*).

O *conhecimento na acção* corresponde a um conhecimento espontâneo, revelado na execução competente de uma determinada acção. É uma componente inteligente que orienta a actividade humana e se manifesta no saber fazer, correspondendo a um conhecimento fortemente tácito que o profissional mobiliza quando age com sucesso perante o indeterminado,

mesmo quando não é pensado previamente. É um conhecimento que ocorre em simultâneo com a acção e complementa o conhecimento técnico-científico que o profissional domina. Como é no mundo da prática que tem lugar, é um conhecimento dinâmico e resulta numa reformulação da própria acção (Schön, 1991; Alarcão, 1996).

A *reflexão na acção* ocorre em simultâneo com a acção, na sequência de uma situação nova, de um resultado inesperado ou de uma forma diferente de a olhar. Esse factor leva à reflexão e o conhecimento na acção é, em consequência, criticamente examinado, por breves instantes, e reformulado em acções subsequentes. Constitui-se como um processo de diálogo com a situação problemática que exige uma intervenção concreta, a partir de um conjunto de esquemas teóricos e de convicções implícitas do profissional (Schön, 1991; Pérez, 1995).

Se a reflexão for feita de forma retrospectiva, estamos em presença do que Schön denomina de *reflexão sobre a acção*. Neste caso, o prático reconstrói mentalmente a acção *a posteriori* e analisa as características e os processos da sua própria acção. Não se encontrando já envolvido na situação prática e, como tal, liberto dos condicionamentos provocados por ela, o profissional pode “aplicar os instrumentos conceptuais e as estratégias de análise no sentido da compreensão e da reconstrução da sua prática” (Pérez, 1995, p. 105).

A *reflexão sobre a reflexão na acção* corresponde a uma meta-reflexão e leva o profissional a progredir no seu desenvolvimento e a elaborar uma estratégia de acção adequada, ou seja, “a construir a sua forma pessoal de conhecer” (Alarcão, 1996, p. 17). Este tipo de reflexão permite ao professor compreender melhor as situações que se lhe deparam na prática e descobrir novas maneiras de equacionar e resolver problemas no futuro.

A *reflexão sobre a acção* implica, de acordo com a análise de Pérez (1995), um conhecimento de terceira ordem que analisa o *conhecimento na acção* e a *reflexão na acção*, os quais, em conjunto, constituem o *pensamento prático* do profissional.

No caso do professor, este pensamento prático é fundamental, segundo o

mesmo autor, para promover a qualidade do ensino na escola numa perspectiva inovadora. Sendo uma competência complexa e de carácter holístico, ela vai permitir que o professor intervenha de forma competente em situações diversas, num diálogo reflexivo com a realidade problemática.

O saber que define o profissional docente é produzido, segundo esta perspectiva, “na, sobre e pela acção, numa conversação dialéctica, constante e fecunda, que permite experimentar, questionar, agir e reformular, em espiral permanente, tornando único o saber deste profissional que [Schön] caracterizou como prático reflexivo” (Roldão, 2000, p.74).

O paradigma do pensamento do professor veio contribuir de forma decisiva para uma melhor compreensão do pensamento e da prática dos docentes. Schön veio dar, de facto, ênfase especial ao papel da reflexão quer na acção, quer sobre a acção, apontando este factor como fundamental na caracterização dos professores competentes.

Roldão (1999) alerta, todavia, para o facto de a adopção generalizada mas simplificada do conceito de prática reflexiva poder correr o risco de não ultrapassar o senso comum, se a adesão a essa prática não for imbuída, justamente, da reflexividade que está na sua origem. A constatação sem análise, a generalização sem justificação ou a simplificação causal, práticas correntes no dia-a-dia escolar, não são, na verdade, reflexivas nem geradoras de saber. A prática reflexiva implica o questionamento e a pesquisa que permitem gerar saber e pensar a mudança da prática, reavaliando-a constantemente. Essa reflexão tem de ser articulada de maneira lógica e informada por saberes científicos, constituindo um dos elementos definidores da profissionalidade docente.

A reflexão sistemática sobre a acção que desenvolvem pode permitir que os professores se convertam em investigadores na sala de aula, embora buscando na investigação educacional os fundamentos para as suas conclusões. A investigação-acção enquadra-se nesta perspectiva, ao favorecer um clima de reflexão partilhada, uma cultura de parceria que tenha em vista a progressiva autonomização do professor (Sá-Chaves e Amaral, 2000).

A participação numa investigação pode estimular a apropriação activa dos

conhecimentos científicos. De acordo com Perrenoud (1993a), essa apropriação leva a que o exercício da profissão não se reduza a uma simples aplicação de conhecimentos pré-estabelecidos e induz uma relação sinérgica com os saberes e com a realidade de que pretendem dar conta. Este autor salienta alguns dos efeitos positivos que a prática de investigação pode promover nos professores: ver de forma precisa e diferenciada os fenómenos de que geralmente se apercebem de maneira global e difusa; descobrir gestos, resoluções, práticas que passam geralmente despercebidas; relevar fenómenos normalmente dissimulados; ter em conta a diferença e a diversidade; e, relativizar as evidências do senso comum.

A perspectiva do professor como investigador defende um profissional que não se reduza a um mero consumidor de investigações vindas de fora, que valoriza a prática dos bons professores e acaba por reconhecer que o processo de aprender a ensinar se prolonga durante toda a carreira do professor (OECD, 2002). É nesse quadro que Zeichner (1993) vem relevar a necessidade de o processo de reflexão não dever ser um processo puramente individual e virado para dentro, pois limitaria muito o crescimento do professor. A atenção do professor, na sua maneira de ver, deverá também ser virada para fora, para as condições sociais na qual se situa essa prática. O autor reforça, além disso, a ideia de que a reflexão não deve ser tratada como um fim em si mesma, mas integrada em objectivos mais amplos, sob pena de solidificar e justificar práticas de ensino prejudiciais e “conduzir à perpetuação de um modelo conhecido de mudança em que tudo continua na mesma” (Zeichner, 1995, p.127).

A reflexão é, então, um processo positivo e necessário para o desenvolvimento do professor mas não deverá ser desligada de outras dimensões do ensino. Também para Shulman (1993), a reflexão é importante mas insuficiente, faltando olhar para a compreensão dos professores relativamente aos conteúdos que ensinam e à relação entre esse conhecimento e a sua prática de ensino.

1.2. O Conhecimento Pedagógico do Conteúdo

Lee Shulman, em 1986, reagia contra as prioridades tomadas pela investigação educacional em geral, com o argumento de que a compreensão cognitiva dos professores em relação à matéria de ensino e à relação entre esse conhecimento e a forma como ensinavam os seus alunos eram aspectos largamente ignorados. Sugeriu, na altura, que se deveria investigar três tipos de conhecimento do conteúdo e seus impactes na prática de ensino: o *conhecimento do conteúdo*, o *conhecimento pedagógico* e o *conhecimento curricular* (Shulman, 1986a). Haveria de reformular, noutro artigo desse ano, esses construtos, denominando-os *conhecimento do conteúdo*, *conhecimento curricular* e *conhecimento pedagógico do conteúdo* (Shulman, 1986b), correspondendo este último às diversas formas de representação e de formulação do conteúdo que permitem torná-lo compreensível aos outros.

Este seu ponto de vista ganhou profundidade e aceitação e, em 1987, Shulman apresentou o conhecimento pedagógico do conteúdo como uma das sete bases de conhecimento para ensinar, assim por ele designadas: *conhecimento do conteúdo*, *conhecimento pedagógico geral*, *conhecimento do currículo*, *conhecimento dos alunos*, *conhecimento dos contextos educativos* e *conhecimento das finalidades filosóficas e históricas da educação*. Define, então, conhecimento pedagógico do conteúdo da seguinte forma:

Aquela mistura especial entre conteúdo e pedagogia que pertence unicamente aos professores, constituindo a sua forma especial de compreender a profissão (...) representa a ligação entre o conteúdo das disciplinas e a pedagogia no sentido de uma compreensão de como os tópicos particulares, os problemas ou os temas podem ser organizados, representados e adaptados de acordo com os diversos interesses e capacidades dos alunos e apresentados para o ensino. (Shulman, 1987, p. 8)

Do ponto de vista didáctico, o *conhecimento pedagógico do conteúdo* acaba por ser o nível de conhecimento de maior interesse, uma vez que representa uma combinação entre o conhecimento da matéria e o conhecimento do modo de a ensinar. A sua importância resulta também do facto de não poder ser adquirido de forma mecânica e linear, mas antes a partir do confronto com o processo de transformar em ensino o conteúdo.

Para Shulman (1993), o *conhecimento pedagógico do conteúdo* tem três aspectos principais que se influenciam mutuamente:

- 1) Constitui-se como uma *forma de compreender* o conhecimento que os professores possuem e que distingue o seu pensamento e o seu raciocínio do dos especialistas apenas do conteúdo. Consiste em diversas dimensões: compreender o conteúdo profundamente, flexivelmente e abertamente; compreender as dificuldades mais prováveis que os alunos poderão ter e conhecer formas de representação adequadas para ligar essas ideias e, ainda, saber estimular a mente e os motivos dos alunos; conhecer os diversos métodos, modelos e abordagens de ensino disponíveis para ajudar os alunos nessa construção; e, para além disso, estar aberto para reavaliar os objectivos, planos e procedimentos à medida que a interacção com os alunos se desenvolve. Este tipo de conhecimento não é apenas técnico nem apenas reflexivo; não é apenas conhecimento do conteúdo nem mestria em métodos gerais de ensino. É um conhecimento que resulta da mistura integrativa de todos os anteriores e que é intrinsecamente pedagógico.
- 2) Inclui uma *base de conhecimento* – um corpo de conhecimentos, competências e, de alguma forma, disposição para ensinar – que distingue o ensino como profissão e que inclui também capacidades de ajuizar, improvisar e intuir.
- 3) Corresponde, por último, a um *processo de raciocínio pedagógico e de acção*, através dos quais os professores usam aquele conhecimento para ensinar alguma coisa num contexto particular.

Shulman (1987) apresenta, assim, um modelo simultaneamente de pensar e de fazer, de reflectir e de agir e de ensinar e aprender a ensinar: os professores têm de, em primeiro lugar, *conhecer* o conteúdo que ensinam, os objectivos a atingir, os alunos que participam e o contexto no qual o ensino vai ter lugar. A seguir, têm de *transformar* os seus próprios conhecimentos em representações que possam ser adaptadas à construção activa por parte dos alunos. Posteriormente, vão *ensinar* em termos dessas transformações e adaptação e depois podem *avaliar* e *reflectir* no seu ensino e no que aprenderam. Estas reflexões levam à possibilidade de novos conhecimentos por parte dos professores e, deste modo, a aprender com a sua experiência. As etapas caracterizadoras deste modelo serviram, em grande medida, de pano de fundo

para a condução da fase empírica deste estudo, mais precisamente no que concerne a todo o processo de preparação e concretização da unidade didáctica desenvolvida no terreno.

De acordo com Marcelo (1999), o conhecimento do professor para desenvolver um bom ensino não se pode limitar apenas aos resultados das investigações, a conhecimentos teóricos e conceptuais, mas tem de voltar-se também para o *saber fazer* e para o *saber porquê*. Esse conhecimento base tem vindo a designar-se por *conhecimento profissional*, podendo ser organizado, de acordo com aquele autor, em quatro grandes áreas gerais: *conhecimento pedagógico geral, conhecimento do conteúdo, conhecimento pedagógico do conteúdo e conhecimento do contexto*. Da análise dos diferentes estudos analisados, Marcelo refere que o conhecimento pedagógico do conteúdo foi o que pareceu causar maior impacte nas acções dos professores na sala de aula.

O *conhecimento psicopedagógico* corresponde ao conhecimento dos princípios gerais de ensino-aprendizagem e também de técnicas didácticas, processos de planificação curricular, avaliação, história e filosofia da educação, ou seja, o correspondente à formação pedagógica geral.

O *conhecimento do conteúdo* corresponde ao conhecimento da matéria de ensino e esse conhecimento vai influenciar *o que e como* ensinam os professores. A falta de conhecimentos nesta área pode afectar o nível de discurso na aula, assim como o tipo de perguntas que os professores formulam ou mesmo a forma como usam o manual escolar. O conhecimento do conteúdo inclui o *conhecimento substantivo* e o *conhecimento sintáctico*. O conhecimento substantivo corresponde ao corpo de conhecimentos gerais da matéria: os princípios, os conceitos, as definições ou os procedimentos, por exemplo. O conhecimento sintáctico já tem a ver com o domínio que o professor tem dos paradigmas de investigação em cada disciplina.

O *conhecimento pedagógico do conteúdo* representa, neste contexto, um elemento chave do conhecimento do professor e resulta da combinação do conhecimento da matéria a ensinar com o conhecimento pedagógico de como a ensinar.

O *conhecimento do contexto* tem a ver com o conhecimento das condições particulares da escola e dos alunos, como veículo para adaptar melhor o ensino. Embora este conhecimento se adquira em contacto directo com as situações reais, é importante desenvolver nos professores em formação a disposição para terem em conta estes aspectos.

O conhecimento pedagógico do conteúdo e os domínios com ele relacionados representam um esforço para desenvolver um modelo de cognição do professor. Segundo Gess-Newsome (1999), o conhecimento pedagógico do conteúdo possui muitas das características de um bom modelo, por ter revitalizado o estudo do conhecimento do professor, por fornecer um enquadramento analítico para organizar e coligir dados nessa área, por realçar a importância do conhecimento do conteúdo e das suas transformações para se ensinar e por fornecer uma visão mais integrada do conhecimento do professor e da prática da sala de aula. Há, todavia, no seu entender, dois aspectos que caracterizam um bom modelo e que necessitam ainda de atenção cuidadosa neste caso: o seu grau de precisão e o seu poder heurístico. Quanto ao grau de precisão, a autora, numa apreciação crítica pertinente, considera que o conhecimento pedagógico do conteúdo tem fronteiras ténues com os outros construtos relacionados, criando dificuldades de categorização do conhecimento. No que diz respeito ao seu poder heurístico, a autora põe em causa se este modelo tem criado novo conhecimento, pois a maior parte dos investigadores continua a tratar separadamente conhecimento do conteúdo e conhecimento pedagógico. Aponta duas razões para esta situação: ou os investigadores não estão familiarizados com o modelo ou este possui um valor heurístico baixo.

No sentido de ultrapassar tais fragilidades, Gess-Newsome sugere que se considere um *continuum* de modelos para o conhecimento do professor. Num dos extremos, teríamos o *modelo integrativo*, em que o conhecimento do professor seria explicado através da intersecção de três construtos: conteúdo, pedagogia e contexto. No outro extremo, situar-se-ia o *modelo transformativo*, onde o conhecimento pedagógico do conteúdo constituiria a única forma de impacte na prática de ensino e resultaria da transformação do conteúdo, do conhecimento pedagógico e do contexto numa síntese única.

Na sua opinião, ambos os extremos são, contudo, de evitar por apresentarem

perigos potenciais. No modelo integrativo, os professores podem nunca chegar a reconhecer a importância da integração dos conhecimentos, sobrevalorizando os conteúdos e preferindo formas transmissivas de ensino que ignoram a estrutura do conteúdo, o tipo de alunos e os factores contextuais. No modelo transformativo, tanto o conhecimento do conteúdo, como o pedagógico ou o do contexto, só são úteis quando sintetizados e unificados no conhecimento pedagógico do conteúdo. A separação em componentes é deixada aos investigadores e todo o conhecimento profissional do professor é contextualizado, tornando qualquer tentativa de generalização ou de transferência muito difícil. A sala de aula acaba por se tornar o local de eleição do conhecimento do professor, pondo em questão qualquer conhecimento declarativo ou processual descontextualizado e, em última análise, a própria formação de professores, tal como existe.

Gess-Newsome acaba por considerar que a maior parte dos investigadores tem optado por um meio-termo, reconhecendo tanto o conhecimento do conteúdo, o pedagógico e o do contexto, como as suas relações com o conhecimento pedagógico do conteúdo. Procurando clarificar o lugar do conhecimento pedagógico do conteúdo no conhecimento geral do professor, Morine-Dersheimer e Kent (1999) ilustraram graficamente a posição relativa desse construto face à totalidade das categorias propostas por Shulman (1987), do modo que se apresenta na Figura 1.

Morine-Dersheimer e Kent consideram que o conhecimento dos fins e dos objectivos educacionais é inseparável do conhecimento da avaliação dos procedimentos e da análise dos resultados. Por outro lado, o conhecimento curricular resulta do conhecimento do conteúdo e do conhecimento das finalidades e da avaliação dos procedimentos, enquanto o conhecimento pedagógico é resultante do conhecimento dos alunos e da aprendizagem, assim como do conhecimento das metas e da avaliação dos procedimentos. Por último, consideram o conhecimento dos contextos específicos que tem origem no conhecimento dos contextos educacionais gerais.

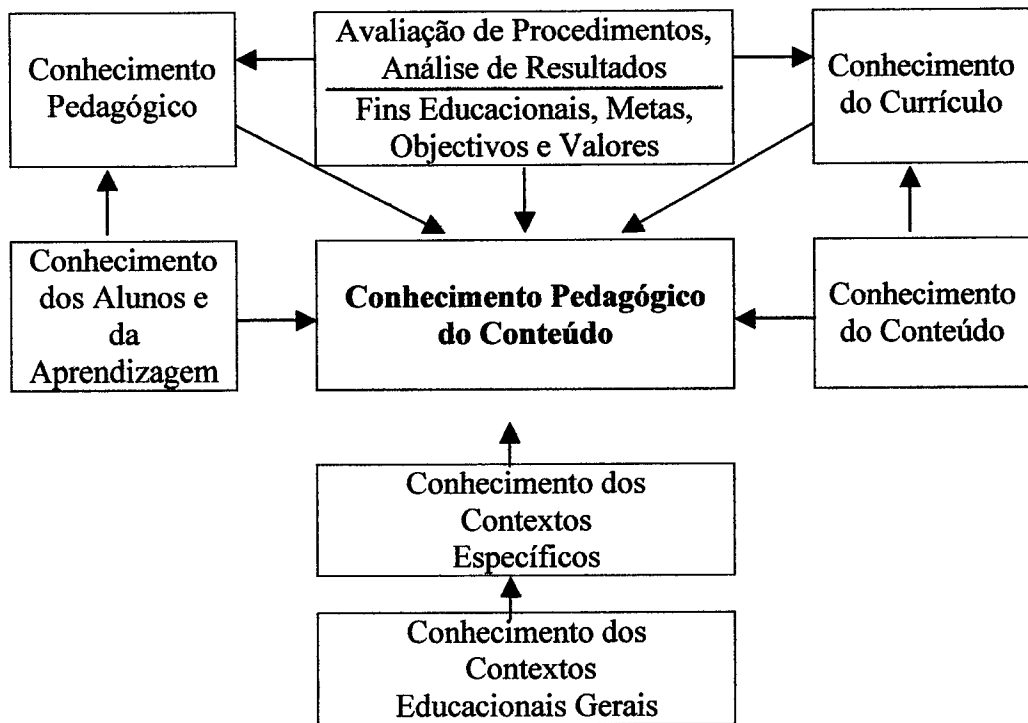


Figura 1 - Categorias que contribuem para o conhecimento pedagógico do conteúdo (adaptado de Morine-Dershimer e Kent, 1999)

Nesta perspectiva, tal como é literalmente impossível a um professor implementar conhecimento pedagógico na ausência de um conteúdo, é também literalmente impossível ensinar eficazmente um conteúdo sem usar conhecimento e competências pedagógicas. O conceito de conhecimento pedagógico do conteúdo de Shulman constituiu, assim, uma contribuição única na investigação no ensino e na formação de professores e veio unir, precisamente, aqueles dois elementos críticos do pensamento do professor, há muito de costas voltadas.

O conhecimento pedagógico do conteúdo foi também alvo de análise e reflexão por parte de Magnusson et al. (1999), que o consideraram um domínio único do conhecimento do professor e um conceito fundamental para compreender um ensino das ciências eficaz, caracterizando-o como “a transformação de diferentes tipos de conhecimento com vista ao ensino” (p.95). Para estes autores, um professor que tem um conhecimento diferenciado e integrado dos conteúdos apresenta uma maior capacidade para

planificar e desenvolver aulas que levam os alunos a um conhecimento mais profundo e integrado. Os professores com um conhecimento limitado e fragmentado, pelo contrário, não conseguem uma transformação eficaz do seu conhecimento.

Também partindo dos trabalhos de Shulman, Magnusson et al. (1999) estabelecem os principais domínios do conhecimento do professor e, tal como mostra a Figura 2, consideram que o conhecimento pedagógico do conteúdo é o resultado de uma transformação do conhecimento do conteúdo, do conhecimento pedagógico e do conhecimento do contexto, mas em que o conhecimento resultante pode, por sua vez, desenvolver os domínios do conhecimento base. Estes autores dão, contudo, especial atenção às crenças dos professores, vendo o conhecimento pedagógico do conteúdo como resultante da interação de cinco componentes:

1. as orientações em relação ao ensino das ciências;
2. o conhecimento e as crenças em relação ao currículo científico;
3. o conhecimento e as crenças acerca da compreensão dos alunos face a tópicos específicos de ciências;
4. o conhecimento e as crenças face à avaliação em ciências; e
5. o conhecimento e as crenças relativas às estratégias de ensino-aprendizagem em ciências.

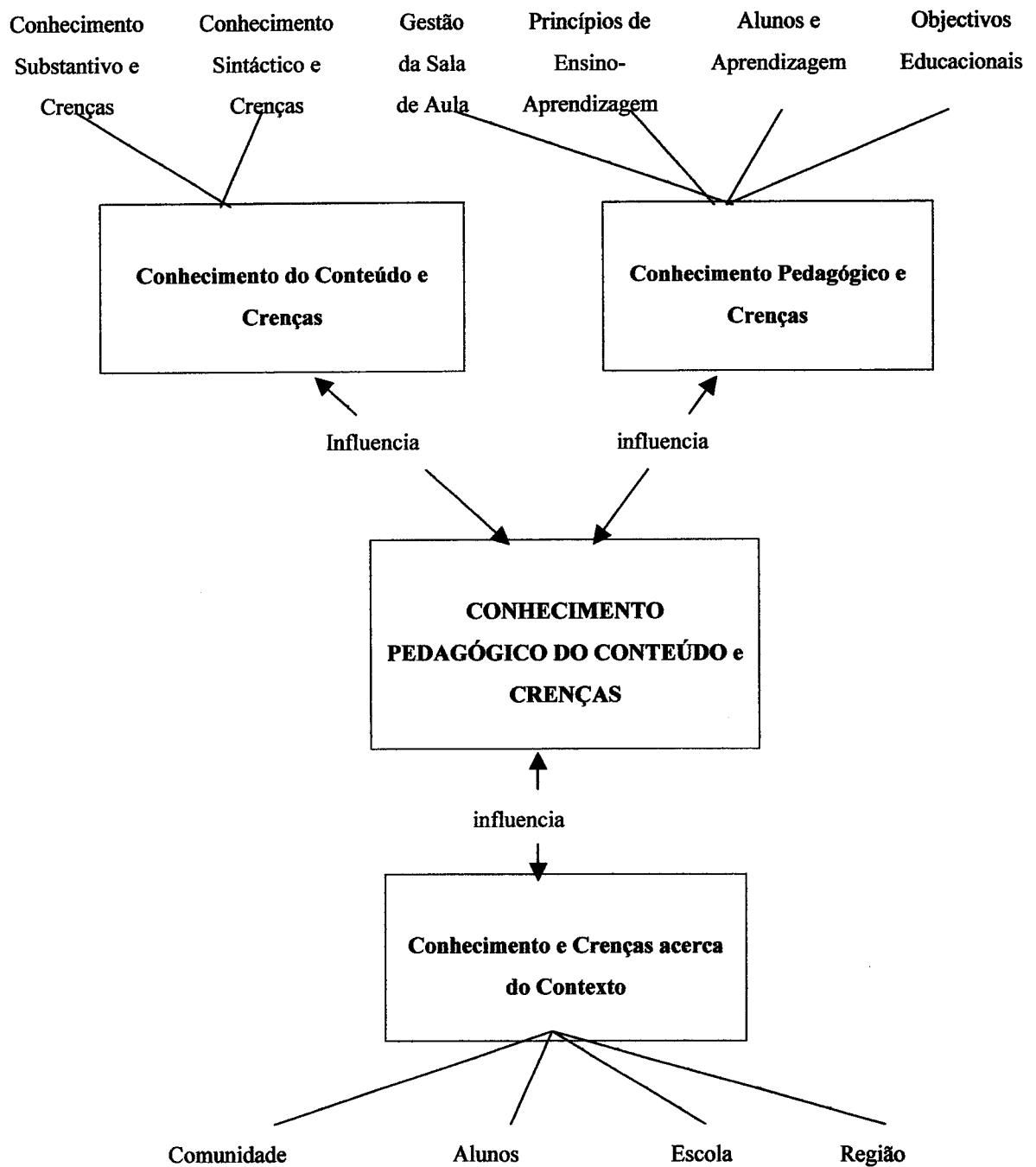


Figura 2 - Modelo das relações entre os domínios do conhecimento do professor (Magnusson et al., 1999).

As *orientações em relação ao ensino das ciências* dizem respeito ao conhecimento e às crenças que os professores têm acerca das finalidades e objectivos consignados para determinado nível educativo. Essa componente funciona como um “mapa conceptual” que guia as decisões que o professor toma ao longo do processo de ensino-aprendizagem, tais como os objectivos, a sequência das aulas, o uso de manuais escolares e outros materiais curriculares e a avaliação das aprendizagens dos alunos. Um professor pode dar maior ênfase aos processos, aos produtos da aprendizagem ou a ambos, mas o que vai distinguir a orientação de cada professor em relação ao ensino das ciências não é o uso de uma estratégia em particular mas o propósito com que é usada.

O *conhecimento do currículo científico* divide-se, neste caso, em duas categorias: o conhecimento das finalidades e dos objectivos e o conhecimento dos programas específicos.

O *conhecimento acerca da compreensão dos alunos sobre conteúdos científicos* abrange tanto o conhecimento dos pré-requisitos necessários à aprendizagem como das áreas de maior dificuldade de aprendizagem dos alunos. Para alguns tópicos, as dificuldades centram-se na elevada abstracção de alguns dos conceitos e/ou na falta de ligação entre eles e as experiências comuns dos alunos. É importante que o professor identifique quais os tópicos que se enquadram nesta categoria e quais os que os estudantes consideram mais inacessíveis. Outros tópicos levantam dificuldades porque o seu ensino se centra na resolução de problemas, actividade em que muitos alunos revelam particular insucesso, nomeadamente na área do planeamento de estratégias de resolução. É fundamental que os professores saibam caracterizar os erros mais frequentes e os conhecimentos de que os alunos precisam para compreender problemas novos. Um terceiro tipo de dificuldade que os alunos encontram envolve tópicos nos quais o seu conhecimento prévio entra em contradição com os conceitos científicos. Os conceitos científicos relativamente aos quais os alunos manifestam concepções alternativas podem impor particulares dificuldades de aprendizagem pois estas são normalmente muito consistentes e úteis na vida quotidiana. O conhecimento das concepções alternativas mais frequentes dos alunos ajuda o professor a interpretar as acções e as ideias daqueles. Este tipo de conhecimento acerca da forma como os alunos compreendem os conteúdos

científicos constitui um dos pressupostos em que assenta o presente estudo, tendo sido reforçada a sua importância pela análise dos próprios resultados obtidos.

O conhecimento sobre avaliação em ciências pode dividir-se em duas categorias: conhecimento das dimensões da aprendizagem das ciências e conhecimento dos métodos pelos quais essa aprendizagem pode ser avaliada.

O conhecimento dos métodos de ensino-aprendizagem pode diferir na sua abrangência: o que diz respeito ao ensino das ciências em geral e o que tem a ver com o ensino de um tópico em particular.

Os professores competentes têm de desenvolver um conhecimento de todos os aspectos do conhecimento pedagógico do conteúdo e em relação a todos os tópicos que ensinam. As componentes referidas correspondem a partes de um todo e, por conseguinte, a falta de coerência entre as componentes pode ser problemática no desenvolvimento e no uso do conhecimento pedagógico do conteúdo. Um grande conhecimento numa só das componentes pode não ser suficiente para efectuar mudanças na prática.

As crenças dos professores, tão evidenciadas neste modelo, são de facto fundamentais em qualquer processo de mudança, pois esta tem de ter lugar não só ao nível objectivo como subjectivo. As crenças têm a particularidade, segundo Ortega y Gasset (1986), de “fazer parte de nós sem que pensemos nelas” e de possuir valor de realidade, “constituindo a base da nossa vida”. É por isso que este autor, ao explicar a sua definição de crença, a vai distinguir de ideia (ou pensamento):

Toda a nossa conduta, incluindo a intelectual, depende de qual seja o sistema das nossas crenças autênticas. “Nelas vivemos, agimos e somos”. Por isso, não costumamos ter consciência expressa delas, não as pensamos, actuam latentes, como implicações daquilo que expressamente fazemos e pensamos. Quando cremos realmente numa coisa, não temos “ideia” dessa coisa, “contamos simplesmente com ela”.

Ao contrário, as ideias, ou seja, os pensamentos que temos sobre as coisas, sejam originais ou recebidas, não possuem valor de realidade na nossa vida. Actuam nela precisamente como pensamentos nossos e só como tais. (p. 29)

As crenças dos professores sobre os conteúdos, os princípios pedagógicos ou os contextos vão, nessa medida, influenciar de forma determinante as suas práticas pedagógicas. Marrero (1993) adopta a expressão *teorias implícitas* para se referir a essa vertente, no âmbito do ensino, definindo-as do seguinte modo:

São teorias pedagógicas pessoais reconstruídas na base de conhecimentos pedagógicos historicamente elaborados e transmitidos através da formação e na prática educativa. (p. 245)

As teorias implícitas resultam, então, de uma síntese entre os conhecimentos culturais e as experiências pessoais. Sendo o resultado de elaborações individuais, não devem, no entanto, ser olhadas como dependendo exclusivamente do indivíduo, visto estarem directamente relacionadas com os contextos sociais em que se produzem.

As teorias implícitas correspondem, desse modo, a representações não conscientes que os sujeitos utilizam para interpretar situações, tomar decisões, prever e planificar acções e que, dada a sua origem sociocultural, são, até certo ponto, partilhadas por pessoas com experiências similares (Rodrigo, 1993).

Essas teorias correspondem, assim, a factores subjectivos determinantes da prática educativa que, para se tornarem susceptíveis de mudança, necessitam ser articulados conscientemente (Marcelo, 1999). Essa autoconsciência é ainda mais necessária quando, como em geral acontece, as pessoas respondem de modo diferente perante uma mesma tarefa apresentada de modo diferente, em diferentes momentos ou com objectivos diferentes, o que quer dizer que constroem representações diferentes para o mesmo domínio e que as activam consoante o contexto.

É esta ligação aos contextos que Carlsen (1999) vai também ter em conta no modelo que propõe e que se apresenta na Figura 3. Este autor procura analisar a noção de conhecimento pedagógico do conteúdo tendo em conta os contextos históricos e políticos, as ideologias educacionais e as idiossincrasias dos professores.

Carlsen pretende ultrapassar as principais críticas inerentes a uma visão estrutural do conhecimento como algo fixo e externo aos professores e aos alunos, caracterizada por uma visão ingênua das relações entre o poder e o conhecimento e em que se remove o conhecimento do seu contexto histórico e cultural.

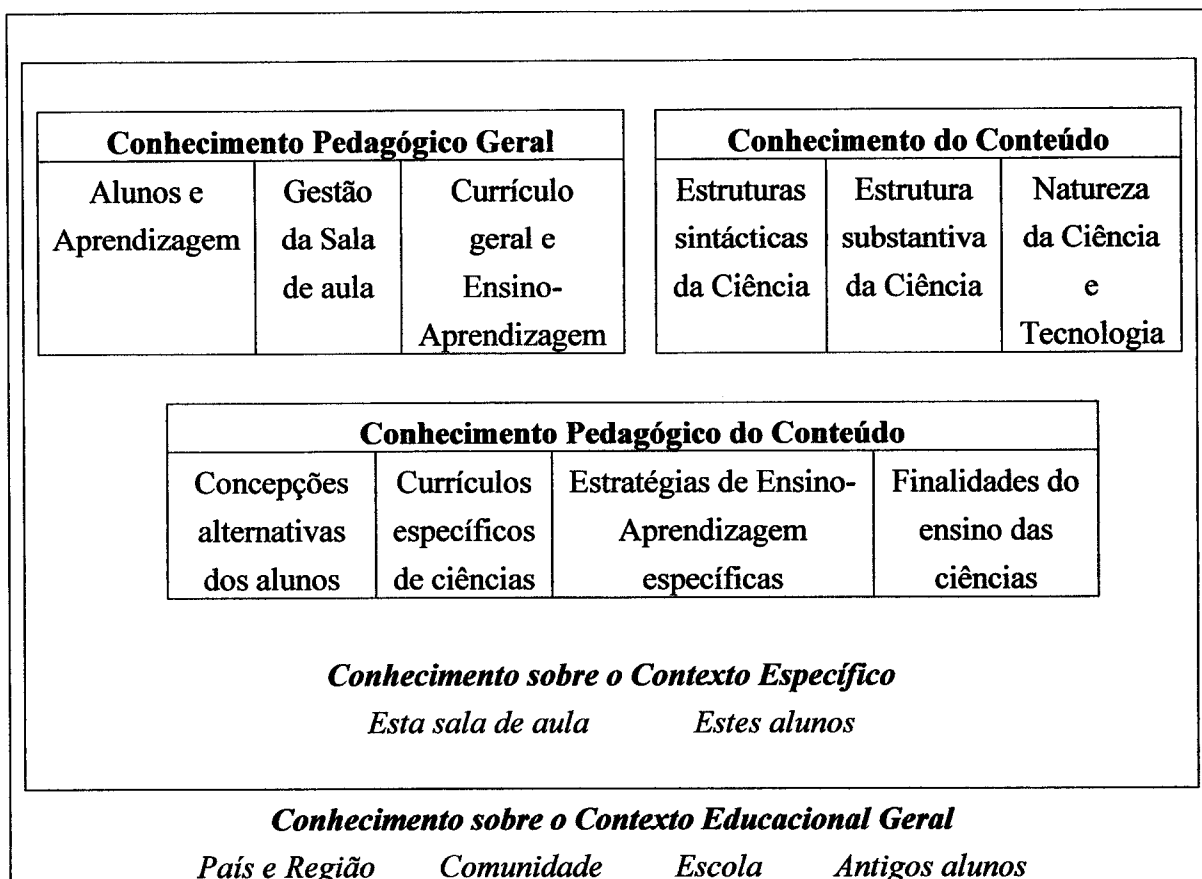


Figura 3 – Domínios do conhecimento do professor (Carlsen, 1999).

O seu modelo difere, então, do modelo de Shulman, pela explicitação de alguns aspectos. Para além de dar relevo à importância do contexto e à sua relação particular com os vários domínios de conhecimento, apresenta uma referência explícita à natureza da ciência e da tecnologia, fundamentais para se poderem concretizar as finalidades da educação em ciências na actualidade. Outra das alterações que propõe está ligada à ênfase concedida ao conhecimento das estruturas das diferentes ciências, importante para que o

professor seja bem sucedido a ensinar o currículo de ciências. Por último, inclui dentro do domínio do conhecimento pedagógico do conteúdo o conhecimento das concepções alternativas mais comuns que os alunos apresentam e o conhecimento das estratégias de ensino-aprendizagem relativas a tópicos específicos, ou seja, o conhecimento que o professor mobiliza quando escolhe e usa modelos, quando estrutura o seu discurso substantivo na sala de aula ou quando gere as actividades de laboratório.

Com base numa análise da investigação levada a cabo na formação de professores de ciências dos ensinos básico e secundário, Lederman e Gess-Newsome (1999) concluem que a passagem do conhecimento dos professores para a acção constitui um mecanismo muito mais complexo do que se pensava e parece ser um factor crítico na forma como as estruturas do conhecimento influenciam a prática da sala de aula.

A estrutura da matéria apresentada pelos professores indica uma forte influência do ensino universitário que tiveram, do tipo de curso que tiraram e dos métodos de ensino a que foram sujeitos ao longo da vida escolar e que, na maior parte das vezes, acaba por reforçar uma estrutura fragmentada do conhecimento.

Um das formas que estes autores sugerem para ultrapassar estas dificuldades é proporcionando aos professores oportunidades específicas para efectuarem a transformação do conhecimento, bem como tratarem temas que possam guiar e contextualizar o ensino-aprendizagem de forma mais adequada, como, por exemplo, a história e a natureza da ciência ou as abordagens ciência-tecnologia-sociedade (Cid, 1995, 1997), entre outras possíveis.

O uso do conhecimento pedagógico do conteúdo como tópico de investigação e discussão acerca da natureza do conhecimento apropriado para o professor de ciências é também um dos padrões de referência previstos pelos *National Science Education Standards* (NRC, 1996). Os seus autores defendem que esse conhecimento se desenvolve através da prática, mas também pela actualização permanente em relação às suas componentes – conteúdo, currículo, aprendizagem, ensino e alunos –, razão pela qual se considera que esse desenvolvimento acompanha toda a carreira do professor.

1.3. Desenvolvimento Profissional do Professor de Ciências

Como se pode concluir dos pontos anteriores, o conhecimento profissional do professor, em particular do professor de ciências, é difícil de caracterizar e está longe de ser um construto em que a unanimidade entre investigadores tenha sido estabelecida. Não há dúvidas, no entanto, que se trata de um conhecimento complexo, que integra saberes epistemologicamente muito diferentes e face ao qual cada professor vai evoluindo num *continuum*, que poderá ter início nas suas primeiras etapas escolares e que acompanha todo o seu percurso pessoal e profissional (NRC, 1996; Mellado et al., 1999).

O professor de ciências, em particular durante a sua etapa de formação inicial, adquire conhecimentos profissionais que incluem, entre outros, os da ciência específica que vai ensinar, os conhecimentos psicopedagógicos gerais e os da didáctica das ciências. De acordo com Mellado et al. (1999), a componente académica é, todavia, condição necessária mas não suficiente para um professor aprender a ensinar, “já que o conhecimento teórico, proposicional ou estático do professor pode não afectar o seu conhecimento prático que é o que guia a sua conduta docente na aula”(p. 39).

Estes autores sugerem uma *componente dinâmica*, fundamental para o desenvolvimento profissional do professor, e que distingue da componente académica ou estática, pois, embora tendo origem nos conhecimentos, crenças e atitudes do professor, requer envolvimento e reflexão pessoais sobre o ensino e a prática do ensino em contextos escolares concretos.

O objectivo deste processo é o de permitir ao professor pôr em questão o seu conhecimento estático e as suas próprias concepções, modificando-os ou readaptando-os. Para o atingir, é importante considerar os aspectos do desenvolvimento pessoal e social, numa consequente valorização da interacção social com outros colegas ou investigadores. A componente dinâmica requer implicação pessoal pois surge e evolui a partir dos próprios conhecimentos, crenças e atitudes e avança através de um processo dialéctico entre a teoria e a prática, num contexto específico.

A componente dinâmica é especificamente profissional e permite distinguir os professores experientes dos que estão em início de carreira. Ao longo da sua prática de ensino, o professor integra numa estrutura única as diferentes componentes do conhecimento – estática e dinâmica – formando o seu próprio *conhecimento didáctico do conteúdo*¹⁷.

O conceito de desenvolvimento profissional começou a surgir com mais insistência nos últimos anos, por via da necessidade de formação de professores ao longo da sua carreira, como forma de dar resposta às exigências de uma sociedade em constante mudança. A escola, cada vez mais responsabilizada nesse processo, exige professores que saibam acompanhar essa mudança e que não limitem à formação inicial a aquisição de conhecimentos e o desenvolvimento de competências para ensinar.

Segundo Marcelo (1995), o conceito de desenvolvimento profissional é, assim, aquele que melhor se adapta à concepção actual do professor como um profissional do ensino, já que a noção de desenvolvimento possui, em si mesma, uma conotação de evolução e continuidade.

De acordo com Ponte (1995), a noção de desenvolvimento profissional aproxima-se da noção de formação mas não lhe é equivalente. A formação está mais associada à transmissão de conhecimentos e informações e o desenvolvimento profissional a um movimento de dentro para fora, em que o professor toma as decisões fundamentais em relação às questões a desenvolver. A formação tende a ser perspectivada de modo compartimentado e por assuntos, enquanto que o desenvolvimento profissional engloba a pessoa do professor como um todo. Na formação parte-se, em geral, da teoria e por aí se fica; no desenvolvimento profissional tanto se pode partir da teoria como da prática e tenta-se a interligação das duas. Ponte sublinha ainda a ideia de que a introdução deste conceito representa uma nova perspectiva de olhar os professores:

¹⁷ Mellado Jiménez, à semelhança de outros autores de língua castelhana e de língua portuguesa, utiliza a expressão *conhecimento didáctico do conteúdo* sempre que se refere ao conceito de Shulman de *pedagogical content knowledge*. A nossa opção, neste caso, foi sempre a de utilizar a designação *conhecimento pedagógico do conteúdo*, por nos parecer uma tradução mais adequada e pelo facto de o conceito de pedagogia ser mais abrangente do que o de didáctica. Aqui optámos por manter a expressão adoptada pelo autor por se referir a um entendimento pessoal do conceito.

Ao se valorizar o seu desenvolvimento profissional, eles deixam de ser vistos como meros receptáculos de formação passando, pelo contrário, a ser tidos como profissionais autónomos e responsáveis com múltiplas facetas e potencialidades próprias. (p.3)

A concretização deste desenvolvimento profissional não pode ficar, então, circunscrita a uma lógica de ensino formal em que se ministram cursos para colmatar falhas, antes passando por

criar dispositivos e contextos (...) que levem o professor a uma atitude consequente de investimento profissional ao longo de toda a sua carreira [e] de lhes estimular uma reflexão sobre o seu posicionamento profissional, tomando uma nova postura de iniciativa no equacionar e resolver os problemas que se colocam no seu dia a dia docente. (Ponte, 1994, p. 8)

Perrenoud (1999), perante a complexidade inerente à profissão de professor, propõe um inventário de competências prioritárias que permitam delinear, na actualidade, essa actividade profissional. Mais do que falar em competências novas, o autor refere que estamos em presença de uma progressiva recomposição do leque de competências necessárias para ensinar. Selecciona, assim, dez grandes famílias, com base num referencial em que procura apreender o movimento da profissão:

- 1) Organizar e dirigir situações de aprendizagem.
- 2) Gerir a progressão das aprendizagens.
- 3) Conceber e fazer evoluir os mecanismos de diferenciação.
- 4) Implicar os alunos nas suas aprendizagens e no seu trabalho.
- 5) Trabalhar em equipa.
- 6) Participar na gestão da escola.
- 7) Informar e envolver os pais.
- 8) Utilizar novas tecnologias.
- 9) Confrontar-se com os deveres e os dilemas éticos da profissão.
- 10) Gerir a sua própria formação contínua.

Ao estabelecer esta matriz, Perrenoud parte de duas considerações prévias: (a) reconhecer que os professores não possuem apenas saberes, mas também

competências profissionais que não se reduzem ao domínio dos conteúdos a serem ensinados; (b) aceitar a ideia de que a profissão muda e a sua evolução exige actualmente que todos os professores possuam novas competências. Neste sentido, defende que a formação profissional dos professores deve ser baseada na realidade das práticas, dando uma imagem realista e actual dos problemas que eles resolvem no quotidiano, dos dilemas que enfrentam, das decisões que tomam, dos gestos profissionais que executam.

A noção de competência remete para situações em que é preciso resolver problemas e tomar decisões e manifesta-se numa acção bem sucedida. Quando se realiza a acção, vão ser mobilizados recursos cognitivos e afectivos que vão dar resposta consciente e em tempo útil à dificuldade a ultrapassar. Perrenoud (1996) define, assim, competência como a “capacidade de o sujeito mobilizar a totalidade ou parte dos seus recursos cognitivos e afectivos para fazer face a uma família de situações complexas” (p. 16); ou seja, o exercício da competência põe em marcha operações mentais complexas que permitem que os recursos cognitivos e afectivos (informações, teorias, conceitos, métodos, técnicas, procedimentos, atitudes) sejam mobilizados através de esquemas operatórios que, em tempo real, vão determinar e realizar uma acção relativamente adaptada à situação.

A formação ao longo da vida profissional surge, de acordo com Perrenoud (1999), da própria noção de competência, ou seja, os recursos cognitivos mobilizados devem ser actualizados e adaptados às condições em evolução. Esse é um processo que o professor não tem necessariamente de percorrer sozinho, embora deva caminhar para uma progressiva autonomia. O autor sugere o trabalho em equipa, no sentido de se desenvolver atitudes que permitam caminhar para uma cultura da cooperação, onde se possa intensificar e partilhar a reflexão sobre a prática, como motor essencial da inovação.

Esse caminho não se compadece com uma perspectiva “empresarial” de formação, em que se somam créditos frequentando módulos idênticos e universais. A formação deverá obedecer antes, na perspectiva de Perrenoud, a um plano organizado em redor de competências, com uma aprendizagem através de problemas, numa tentativa de verdadeira articulação entre a teoria e a prática.

Porlán e Rivero (1998), por seu lado, apontam também a abordagem de problemas como uma via de desenvolvimento, mas dão uma maior ênfase à progressão do conhecimento profissional rumo a um perfil coerente com a ideia de professor-investigador.

Apresentam, nessa medida, uma perspectiva em que atribuem aos professores o papel de impulsionadores activos de um processo gradual de transformação do ensino, no qual é fundamental a construção e o desenvolvimento gradual de um conhecimento prático. A mudança desejável no conhecimento profissional dos professores de ciências não pode passar, dessa forma, por uma substituição total das velhas ideias pelas novas, mas por uma evolução progressiva no sentido de as tornar mais adequadas, coerentes e complexas, por intermédio da expressão das próprias concepções e por uma descentração que permita estar aberto a outras perspectivas.

A promoção do desenvolvimento profissional está ligada, no seu entender, aos processos de investigação do professor organizados em torno de problemas relevantes da prática do ensino das ciências. Para isso, propõem um percurso em etapas sequenciais, embora flexíveis, partindo dos modelos didácticos tradicionais, passando por estados intermédios em que dominam tendências espontaneístas e tecnológicas e tendo como nível de referência modelos alternativos mais inovadores – construtivistas e investigativos (Fig. 4).

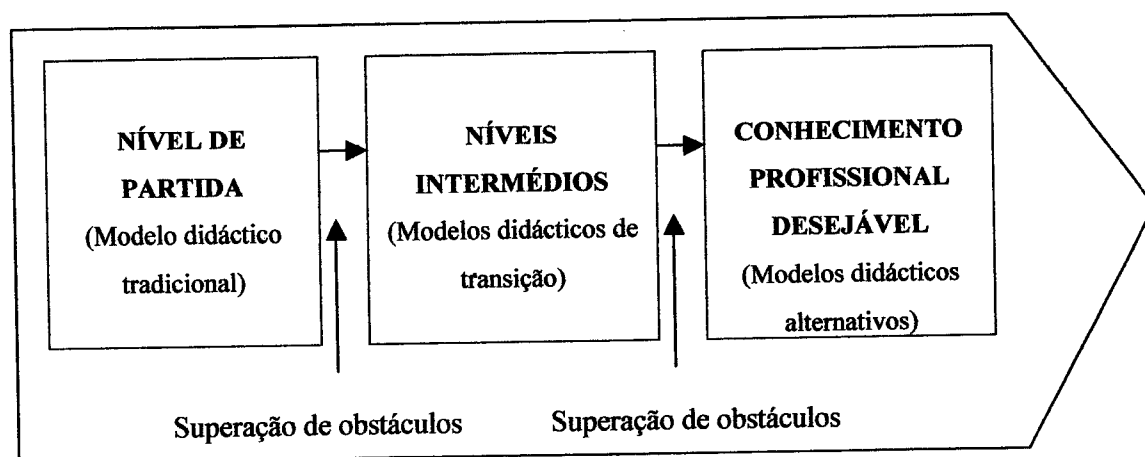


Figura 4 – Processo de reorganização contínua do conhecimento profissional (Porlán e Rivero, 1998).

Numa primeira etapa, trata-se de contrapor alternativas às rotinas habituais, através de conhecimentos e problemas que possam favorecer mudanças concretas com vista à inovação e à ruptura com a uniformidade curricular. Segue-se um estado de transição em que a necessidade de mudança da prática se faça sentir no professor e se concretize já na elaboração de hipóteses – formuladas a partir de processos de reflexão resultantes da experiência e da teoria – e no exame dos dados recolhidos da prática, para avaliar a consistência das mesmas. A terceira e última etapa corresponde ao conhecimento profissional desejável, equiparado a um modelo de ensino construtivista e investigativo e a um perfil profissional próximo do professor-investigador, vinculado a projectos de desenvolvimento profissional.

A evolução gradual entre os modelos sugere, segundo Mellado (2001), o conceito de zona de desenvolvimento próximo de Vygotsky (1979), visto que a formação dos professores, ao incidir em aspectos intermédios e alcançáveis, cria expectativas de desenvolvimento orientadas no sentido de o professor poder alcançar modelos mais avançados.

As perspectivas actuais reconhecem a necessidade de crescimento do professor ao longo da sua vida profissional, processo esse em que se atribui cada vez mais ao próprio professor o papel de sujeito fundamental, numa atitude permanente de pesquisa, de questionamento e busca de soluções.

É neste contexto que surge, recentemente, o relatório da OCDE *Teacher Education and the Teaching Career in an Era of Lifelong Learning*, onde é feita referência expressa à necessidade de uma mudança de paradigma na educação, por forma a promover a aprendizagem ao longo da vida (*lifelong learning*), como resposta às exigências colocadas pelas sociedades actuais. A importância do professor nessa mudança é reforçada, nessa análise, pela centralidade que inevitavelmente ocupa nessa transformação e pelas consequências que esse papel implica na sua própria formação. O conhecimento base do professor tem de incluir, assim, a perspectiva da sua própria aprendizagem ao longo da vida. Na opinião dos autores deste relatório, a consecução deste objectivo passa, entre outras coisas, pela sua ligação e participação na investigação educacional e pela promoção de relações recíprocas entre os formadores e as escolas (OECD, 2002).

As investigações que se realizam desligadas dos professores acabam por levar a uma articulação deficiente entre a investigação, a formação e a inovação, com os professores a serem meros veículos da suposta transformação de conhecimento teórico em prático. Além disso, “se as propostas da investigação não forem compreendidas e assumidas pelos professores, o seu potencial educacional fica irremediavelmente comprometido” (Cachapuz, 1995a, p. 248). A própria informação proveniente da investigação acaba por ter pouco impacto na escola pois, segundo Cachapuz (1995a), as publicações são mal conhecidas e em geral fornecem poucas sugestões práticas relevantes para o ensino das ciências, sugestões que, além disso, se tornam pouco inteligíveis, quando usam uma linguagem demasiado tecnicista.

As investigações *com* professores ajudam a minimizar estas dificuldades pois são orientadas com referência às práticas pedagógicas, pelo que a evolução em direcção à mudança e à inovação sai facilitada. A sugestão de Cachapuz vai também no sentido de se privilegiarem cada vez mais os modelos de investigação-acção, os quais valorizam o desenvolvimento profissional do professor. Esta preocupação esteve presente nas opções metodológicas seguidas neste estudo, em que se procurou ter em conta a complexidade do processo ensino-aprendizagem e a valorização da prática.

2. O Lugar da Didáctica das Ciências

Na linha das considerações anteriores, é hoje incontornável a ideia de que uma verdadeira formação tem de passar por um constante questionamento das práticas, através da investigação/reflexão, em que o formando seja perspectivado como sujeito activo da sua própria formação e desenvolvimento.

Este posicionamento implica uma valorização da componente prática do currículo e uma abordagem reflexiva sobre a prática, tendo como meta a formação de um professor inovador, investigador, reflexivo, sensível à mudança, capaz de fomentar, por outro lado, a investigação e a reflexão nos seus alunos.

De acordo com Nóvoa (1991), a formação de professores, “ao longo da sua história, tem oscilado entre modelos académicos, centrados nas instituições e em conhecimentos fundamentais, e modelos práticos, centrados nas escolas e em métodos aplicados”. Para este autor, torna-se imperioso ultrapassar esta dicotomia e adoptar “modelos profissionais”, assentes em parcerias entre as instituições de ensino superior e as escolas, “com um reforço dos espaços de tutoria e de alternância” (p. 24).

Esse encontro poderia permitir a integração da teoria-prática na formação de professores, levando a uma reflexão séria sobre o conjunto das situações educativas.

Um processo que desenvolva a componente dinâmica do conhecimento profissional implica que a prática apareça, tanto quanto possível, ao longo da formação académica. A didáctica das ciências pode, a esse respeito, enquanto disciplina curricular, constituir o núcleo integrador dos diferentes aspectos da formação docente no processo de aprender a ensinar ciências.

A palavra “didáctica” constitui uma expressão polissémica, podendo ser usada em função de diversos referentes. Procurando clarificar tal polissemia,

Alarcão (1997) distingue três vias que, por se interligarem, formam um todo que designa por *tríptico didáctico*: a investigação em didáctica, a didáctica curricular – disciplina que se ensina no espaço curricular dos programas de formação de professores – e a didáctica de acção profissional, que corresponde à actuação dos professores no exercício da sua função didáctica. A ligação entre estes três referentes, que serve de base aos três sub-pontos que se seguem neste capítulo, é estabelecida, pela autora, do seguinte modo:

A didáctica curricular não é independente do que lhe fica a montante, a didáctica como campo de investigação ou a investigação que se faz em didáctica como igualmente não o é do que lhe fica a jusante, isto é, a didáctica de acção profissional. (p. 162)

2.1. Didáctica e Investigação

O objecto da didáctica situa-se, de acordo com Alarcão (1989), na intersecção do processo de ensino-aprendizagem e sua relação com o conteúdo específico a aprender, com o objectivo de contribuir para a melhoria das práticas educativas; o seu método de investigação corresponde a um trabalho sistemático, que pode variar entre investigações de natureza quantitativa e qualitativa ou investigações híbridas.

Pode dizer-se que esta disciplina se tem vindo a constituir progressivamente como um campo científico, onde se realiza trabalho de investigação e de produção de novo conhecimento, com um objecto bem definido e uma metodologia de trabalho própria. Este estatuto, no entanto, nem sempre tem alcançado o de outras áreas da educação, com a perspectiva remanescente, em alguns sectores, de que a didáctica é equivalente a um repositório de receitas acerca das formas de transmitir o conhecimento disciplinar, como resultado da acumulação da experiência profissional. Esta ideia está, obviamente, totalmente ultrapassada, sendo esta área do saber muito mais do que uma consequência da prática profissional. Na verdade, como salienta Ponte (1998), a didáctica:

corresponde a um domínio de teorização, investigação empírica e reflexão que se debruça sobre a natureza do saber próprio de cada disciplina ou área

de conhecimento, sobre os seus objectivos, métodos e conteúdos enquanto saber escolar, bem como sobre a dinâmica do processo de ensino-aprendizagem e a sua avaliação. (p. 5)

A didáctica configura, assim, uma disciplina integradora de saberes pluridisciplinares, onde esta perspectiva múltipla cria enquadramentos teóricos novos, específicos do seu objecto de estudo.

Encarada em sentido epistemológico, a didáctica envolve, desse modo, trabalho empírico e teórico, ao mesmo tempo que assume como referência permanente os grandes valores e objectivos da educação e uma forte preocupação de auto-análise, ganhando um estatuto científico autónomo e independente (Ponte, 1998).

De acordo com Gil Pérez (1994), a didáctica das ciências ultrapassou, na verdade, “o domínio pré-paradigmático” e “pré-teórico” que a caracterizava nos anos oitenta, podendo hoje considerar-se a existência de um corpo de conhecimentos em que se integram de forma coerente os diversos aspectos relativos ao ensino e à aprendizagem das ciências.

A evolução do seu estatuto científico está, por outro lado, intimamente ligada à própria evolução do conceito de ciência ao longo das últimas décadas, assim como às vicissitudes que têm acompanhado a demarcação das ciências, em particular das ciências humanas e sociais. Assim, o carácter científico da didáctica esteve muito ligado aos cânones de cientificidade típicos da escola positivista, mas, a partir das décadas de oitenta e noventa do século passado, começam a verificar-se transformações importantes no processo de clarificação epistemológica e metodológica deste domínio do saber. De caracterização mais ligada à prática e de natureza complexa, o seu estatuto epistemológico tem vindo a ganhar corpo e a sua comunidade científica importância e representatividade.

Sobretudo na década de oitenta, a investigação em didáctica das ciências sofreu um impulso quantitativo e qualitativo sem precedentes, que se estendeu também a Portugal. O número de artigos publicados nesse domínio, assim como o número de trabalhos de investigação, para além da quantidade de revistas da especialidade que então iniciaram publicação, dão conta desse

crescimento exponencial.

O *movimento das concepções alternativas* constituiu a linha de investigação prioritária nesses anos e a ele se deve a publicação de milhares de artigos científicos.

A pesquisa em didáctica remonta, no entanto, a décadas anteriores, parecendo haver acordo em estabelecer a de cinquenta como o início da produção de conhecimento e investigação nessa área, com o impulso dado ao ensino das ciências em alguns países, em especial nos Estados Unidos (Neto, 2000). De uma perspectiva curricular muito ligada aos conteúdos conceptuais e à *estrutura da disciplina*, passou-se para o *movimento de aprendizagem por descoberta*, com especial ênfase nos conteúdos procedimentais.

Apesar de não ter conduzido a uma aprendizagem tão eficiente como se esperava e transmitir uma concepção de ciência indutivista, orientando os alunos para uma actividade autónoma, mas ilusoriamente investigativa, a corrente da aprendizagem por descoberta abriu caminho à inovação e à investigação sistemática que hoje se trilha.

Na sequência da contestação a esta perspectiva, com um apontar crítico à lógica positivista da ciência e do seu método, teve início um debate epistemológico acerca da natureza das teorias científicas, com repercussões nas reformas curriculares posteriores.

É neste contexto que, a par da evolução da própria psicologia que, ao reagir às limitações do condutivismo, avança para uma matriz mais cognitiva, se prepara o terreno para o já referido movimento das concepções alternativas. Este, apesar do impasse em que veio a cair, trouxe um conjunto de contributos incontornáveis, assim sistematizados por Gil Pérez (1994):

1. O questionamento incontestável do ensino por transmissão de conhecimentos elaborados, pondo em causa visões simplistas do ensino e da aprendizagem das ciências.
2. A integração de diferentes domínios, como a linguagem, a epistemologia ou a psicologia.
3. O encontro com as perspectivas construtivistas, consideradas uma via

consensual e das mais relevantes das últimas décadas, no âmbito do ensino e da aprendizagem.

4. A atenção que permitiu dirigir para a história e a filosofia das ciências.
5. O surgimento de modelos de ensino-aprendizagem das ciências que promoveu como, por exemplo, a aprendizagem por mudança conceptual, a aprendizagem generativa ou a alostérica.
6. A atenção dada também às próprias concepções dos professores relativamente ao ensino, à aprendizagem e à natureza da ciência.

Algumas consequências desviantes surgiram, todavia, na sequência dessa atenção quase exclusiva dada à detecção das concepções alternativas, o que pode, na realidade, criar condições para um reducionismo conceptual, se não se estabelecerem pontes com outros aspectos igualmente importantes para a aprendizagem das ciências, como sejam:

1. Os trabalhos práticos e a resolução de problemas, vistos agora como instrumentos de familiarização dos alunos com as estratégias do trabalho científico e não como formas de investigação autónoma na fronteira do conhecimento.
2. O tratamento de temas de interesse dos alunos e com relevância social, adoptando atitudes responsáveis e fundamentadas sob o ponto de vista científico-técnico, no que diz respeito a tomadas de decisão e suas consequências.
3. A aproximação da actividade dos alunos a uma tarefa investigativa, mas com a colaboração do professor, com oportunidades de reflexão, de acordo com uma perspectiva vygotskiana que valoriza a importância do adulto no processo de ensino-aprendizagem.

A investigação em didáctica das ciências parece, pois, apontar para o desenvolvimento e a consolidação de um corpo de conhecimentos específico sobre problemas de ensino e de aprendizagem das ciências, em consonância com outras áreas como, por exemplo, a psicologia da educação ou a filosofia das ciências. Uma perspectiva que não limita a didáctica a uma mera aplicação de conhecimento de outros domínios mas, pelo contrário, a coloca num campo de confluência e reconstrução, em que o aluno é o grande destinatário da sua acção e produção.

De acordo com Neto (2000), a Didáctica necessita ainda, no entanto, de “gerar uma investigação capaz de atenuar o fosso ainda existente entre a produção teórica e a realidade prática”, no sentido de melhor compreender essa prática e de contribuir para a sua melhoria efectiva. Este caminho é possível tendo em conta que estamos em presença de um domínio dotado de autonomia própria, um espaço integrador de diferentes saberes, mas uma integração capaz de reconstruir esses saberes, numa produção nova, onde tenham lugar as contribuições das ciências auxiliares da educação.

O fosso entre a teoria e a prática também se faz sentir a nível da discrepância existente entre as propostas da investigação educacional e as práticas dos professores (Costa, Marques e Kempa, 2000; Costa, 2000). As razões para esta situação dizem fundamentalmente respeito, segundo Costa (2000), a falhas de comunicação entre os investigadores e os professores, seja por falta de acesso às publicações, pela linguagem pouco acessível utilizada em muitos dos artigos ou, ainda, pela falta de relevância e de articulação com as práticas educativas; outra das razões diz respeito a uma cultura tradicional de trabalho dos professores tendente a não valorizar o trabalho em equipa e a leitura dos trabalhos de investigação; e, por fim, a falta de condições existentes nas escolas ou os constrangimentos suscitados pelo próprio sistema educativo, como a avaliação dos alunos ou a natureza dos programas. Ainda dentro dos condicionalismos do próprio sistema, o pouco investimento feito em formação de professores constitui um factor que influencia as dificuldades de articulação entre os professores e a investigação.

Os possíveis caminhos a percorrer para minimizar o distanciamento entre as duas comunidades (a dos investigadores e a dos professores) passam, na opinião de Costa, Marques e Kempa (2000), pelas seguintes linhas de acção:

1. Investigações mais centradas em problemas da sala de aula.
2. Envolvimento dos professores na identificação e formulação dos problemas a investigar e na própria investigação.
3. Desenvolvimento da dimensão das implicações das pesquisas nas práticas educativas.
4. Melhoria da comunicação, nomeadamente através do acesso a artigos escritos numa linguagem mais acessível.
5. Valorização da importância da investigação educacional desde a

formação inicial.

Posições como esta reforçam a necessidade de assegurar uma interligação entre o que se ensina na didáctica curricular, o que se investiga em didáctica e o que os professores fazem na sua actuação profissional futura.

No sentido de aproximar a investigação em didáctica das ciências da sala de aula, Lijnse (1995) considera que o foco de atenção da pesquisa levada a cabo neste âmbito deveria ser orientado para a melhoria do ensino e da aprendizagem das ciências e menos fixado no desenvolvimento e aplicação de teorias educacionais e/ou psicológicas gerais (Lijnse, 2000). Aponta, assim, como vectores fundamentais que poderão reorientar a investigação em didáctica das ciências os seguintes:

- o aspecto das finalidades e objectivos
- o aspecto da motivação
- o aspecto dos valores
- o aspecto do desenvolvimento conceptual
- o aspecto da metacognição, na sua relação com a resolução de problemas
- o aspecto do conhecimento e desenvolvimento dos professores
- o aspecto da estrutura do currículo
- o aspecto da teoria didáctica
- o aspecto das metodologias de investigação
- o aspecto da disseminação e implementação

O principal objectivo da investigação em didáctica das ciências deveria, na sua opinião, encaminhar-se mais para a descrição e compreensão do que acontece na sala de aula em termos dos processos de ensino e de aprendizagem relacionados com o conteúdo específico, ou seja, ter como meta o conhecimento didáctico específico. Essa investigação poderia resultar, a longo prazo, na produção de estruturas didácticas para os diferentes tópicos, apresentadas como propostas, na perspectiva de que “a melhor forma de ensinar um tópico será sempre uma ilusão; se o uso de formas melhoradas de ensino resultar em algo que seja considerado (mais) satisfatório, isso é já um resultado verdadeiramente significativo” (Lijnse, 2000, p. 323).

2.2. Didáctica e Formação Inicial

Alicerçada, cada vez mais, na responsabilização plena pelas suas teorias e na especificidade das suas interrogações e respostas (Andrade e Sá, 1989), a didáctica das ciências é hoje uma disciplina pertencente aos saberes académicos e tem como principal finalidade desenvolver formas de melhorar os processos de ensino e aprendizagem no contexto da sala de aula (Costa, 2000).

Neto (2000) olha para este campo de pesquisa como uma área dotada de “autonomia, não redutível nem ao conhecimento da disciplina a que se refere, nem ao conhecimento pedagógico geral” (p. 36). A integração entre o conhecimento do conteúdo e o conhecimento pedagógico, tão defendida por Shulman, é vista como tendo um espaço privilegiado neste campo, um espaço em que se pode iniciar esse processo, ainda que de forma necessariamente incipiente.

É reconhecido o valor da formação didáctica no desenvolvimento de saberes específicos. Contudo, como reconhece Ponte (1998), é “importante fazê-lo de modo convergente com os restantes domínios e objectivos da formação e com o que se sabe acerca do desenvolvimento profissional dos professores”(p. 1).

Aprender a ensinar constitui um processo que, olhado do ponto de vista do professor reflexivo, pode preencher toda a vida profissional de um professor e integrar o desenvolvimento profissional do mesmo. A formação inicial corresponde à primeira etapa formal nesse percurso e implica a análise de duas questões centrais: o conhecimento base para o ensino e a prática desenvolvida nesses programas de formação.

A base de conhecimento para o ensino corresponde, na análise de Llinares (1993), a um conhecimento profundo e contextualizado da matéria, o qual não se esgota no período relativamente curto da formação inicial. Aprender a ensinar é, assim, um processo de aprendizagem situado, em que a actividade através da qual o conhecimento se desenvolve toma parte integrante naquilo que é aprendido.

Deste modo, tanto o conhecimento prévio e as crenças dos formandos como a

actividade em que se desenrola o processo de aprender a ensinar se afirmam como referências incontornáveis na caracterização dessa aprendizagem. Os futuros professores podem, no entanto, modificar, ampliar, aperfeiçoar os conceitos, em resultado da utilização que deles fizerem no desenvolvimento de actividades contextualizadas.

Possuem, também, um conhecimento e concepções sobre aspectos da sua futura actividade profissional, gerados numa determinada cultura escolar que determina, por outro lado, a forma como dão significado ao tipo de actividades que têm de realizar como professores (Llinares, 1993).

Partir dessas concepções e conhecimentos prévios dos futuros professores e colocar a actividade no centro do processo de aprendizagem é a sugestão de Llinares, a que alia, ainda, uma prática reflexiva, veiculada através da análise de situações hipotéticas ou reais ou pela análise de incidentes críticos, como meios de activar o conhecimento prático pessoal.

A didáctica das ciências, concebida como disciplina curricular, poderá, em consonância, dar um contributo especial, no sentido de fomentar a integração de uma componente prática e reflexiva na componente académica, através da análise de casos retirados da realidade.

A formação inicial corresponderia, assim, a um espaço onde os futuros professores poderiam identificar e analisar as suas concepções sobre as ciências, o ensino e a aprendizagem das ciências e a educação, integrando, ao mesmo tempo, os vários tipos de conhecimento teórico abordado.

Fonseca (2002) identifica, com base em Dana et al. (1998), três construtos como pilares teóricos para a formação de professores de ciências na actualidade: construtivismo, reflexão e cooperação. No que diz respeito à perspectiva construtivista, a aprendizagem do professor é considerada de forma análoga à do aluno, na medida em que os professores constroem activamente o conhecimento acerca do ensino e da aprendizagem com base em experiências pessoais e em conhecimentos anteriores. Será importante, nessa medida, que a formação faculte experiências em que os professores ou futuros professores ponham em questão as suas concepções prévias acerca da ciência, do ensino e da aprendizagem e que possam assim construir ou

reconstruir as suas estruturas de conhecimento correspondentes. Na verdade, é cada vez mais reconhecida a importância do conhecimento prévio dos professores a respeito do ensino, da aprendizagem, da natureza e necessidades dos alunos e ainda dos conteúdos científicos na construção do seu conhecimento.

Na perspectiva reflexiva, já abordada de forma circunstanciada no ponto anterior, o professor é encorajado a desenvolver uma compreensão crítica de como os alunos aprendem ciências e da relativa adequação das várias estratégias de ensino de ciências. Isto implica que os programas de formação procurem desenvolver nos professores capacidades para conduzirem à sua própria investigação.

A cooperação é considerada fundamental, já que a atenção que é dada aos professores apenas como alunos individuais é, por certo, insuficiente para conseguir uma melhoria profunda, persistente e significativa em educação em ciências. Para Fonseca, o ideal seria um desenvolvimento profissional onde a actividade, tanto dos professores como da escola, se centrasse em problemas pedagógicos reais, sobre os quais se promovesse o diálogo, a reflexão, a investigação colaborativa e a construção do desenvolvimento profissional dos intervenientes.

Na mesma ordem de ideias, Cachapuz (1995a, 1995b) defende que se propiciem aos professores, na sua formação didáctica, os meios adequados para que possam tornar-se mais reflexivos, avaliativos e insatisfeitos e onde se prepare o professor para um ensino numa perspectiva do trabalho científico. O ensino por pesquisa é aqui a solução apontada, no sentido de uma abordagem de situações-problema do quotidiano.

Valorizando e enquadrando a importância que tem sido dada na literatura ao desenvolvimento nos professores de competências e atitudes relacionadas com o trabalho de investigação, poderíamos aqui relevar um isomorfismo que permitisse que, da mesma forma que os professores se formam tendo por base a análise de situações problemáticas, sejam capazes de promover também essas competências nos seus alunos.

Os desafios que os novos tempos colocam, em termos de formação de

professores de ciências, implicam, no dizer de Neto (2000, p. 44 e 45), uma Didáctica Específica subordinada a três grandes *princípios globalizantes*: *Multidimensionalidade, Reflexividade e Comunicação*.

Multidimensionalidade, pela necessidade de o processo de formação e desenvolvimento integrar diversas valências, como o conhecimento científico, o conhecimento pedagógico e o conhecimento pedagógico do conteúdo.

Reflexividade, pela necessidade de problematizar, de privilegiar formas e técnicas de investigação e reflectir sobre as crenças e convicções de cada professor.

Comunicação, pois o diálogo e a cooperação, como assegura Vygotsky, podem contribuir de forma decisiva para o desenvolvimento do indivíduo e, neste caso, para o desenvolvimento profissional do professor.

Esta comunicação pode surgir entre diferentes colegas, cujas diferentes competências e experiências se podem cruzar e provocar desenvolvimento, mas também pode corresponder à interacção com o formador ou o supervisor responsável pela formação. Este processo pode, assim, constituir um momento de reflexão e crescimento dos diferentes intervenientes.

Como síntese, transcrevem-se, a propósito, as recomendações emanadas de um documento de trabalho do Conselho de Reitores das Universidades Portuguesas (CRUP):

A competência do professor não se constrói por justaposição, mas por integração entre o saber académico, o saber prático e o saber transversal. A presença de um formador bem preparado junto do formando em desenvolvimento justifica-se pela necessidade de interpretação da dialéctica que se estabelece entre estes saberes e pela necessidade de análise e síntese que este processo implica. Daí decorre a importância da prática pedagógica como um tempo de vivência, acompanhada, do processo de consciencialização e integração dos vectores da competência profissional. A prática pedagógica não deve ser independente do resto do curso. Antes pelo contrário, deve ser nele integrada como o momento, por excelência, da integração de saberes e a ponte entre dois mundos que, no seu conjunto e nas suas inter-relações, constituem o



seu enquadramento formativo institucional: o mundo da escola e o mundo da instituição de formação inicial. É muito mau para o desenvolvimento pessoal e profissional do professor quando estes dois mundos se desconhecem ou contradizem. Por isso é fundamental a organização da prática pedagógica segundo um princípio de relação interinstitucional. (Alarcão et al., 1997)

A importância da prática é, assim, sustentada desde uma fase precoce da formação, o que implica por parte do futuro professor um contacto com a escola, directa ou indirectamente, para que a integração entre os diferentes saberes se possa realmente efectivar. Será a mobilização dos saberes na acção que permitirá conferir utilidade ao conhecimento dos professores em formação.

2.3. Didáctica e Desenvolvimento Profissional

Partindo, tal como Ponte (1998), da argumentação vygotskiana de que as pessoas aprendem a partir da sua actividade e da reflexão sobre a mesma, também os professores e futuros professores aprendem sobretudo a partir da sua actividade e da reflexão sobre a sua actividade, realizada num contexto de práticas enquadradas numa cultura profissional bem definida. A prática reveste-se aqui de uma importância determinante nos processos de formação e o papel do professor na sua própria formação sai reforçado.

Fazendo uma análise do papel do professor nos modelos de formação mais correntes, Estrela (2002) conclui que os modelos de formação que continuam a vigorar entre nós colocam o futuro professor no lugar de objecto de formação e são orientados com base em aquisições pré-definidas pelos responsáveis dessa formação.

A autora alerta, no entanto, para o facto de o outro extremo poder não constituir a solução ideal, pois os modelos que colocam o futuro professor como sujeito activo da sua formação implicam um currículo aberto, centrado no percurso e virado para o auto-desenvolvimento.

Os modelos que tendem para a superação de antagonismos sujeito-objecto correspondem a modelos orientados para a pesquisa (Zeichner, 1983), os

quais, sem subestimarem saberes e técnicas acumuladas como capital profissional, apostam na sua utilização de forma crítica e na promoção da capacidade que os professores têm de questionar e analisar as situações profissionais, assim como os contextos em que elas têm lugar. Esta é uma perspectiva que confere ao professor uma atitude crítica e investigativa, quer no que diz respeito à investigação já feita mas também na que tem a ver com a construção do seu conhecimento profissional.

O trabalho de natureza investigativa aparece, assim, como uma via cada vez mais aceite e consensual, dadas as suas possibilidades formativas incontornáveis. A integração da dimensão investigativa na formação do professor é uma ideia que começa a ganhar solidez crescente, sendo, igualmente, uma recomendação expressamente sublinhada no já referido documento do CRUP:

É importante que o saber adquirido na formação inicial não assuma um carácter exclusivamente académico, mas tenha também vertentes multidisciplinares e orientadas para questões da investigação actual. O contacto com a investigação, tanto no domínio das ciências de especialidade (matemática, física, história, geografia, etc.) como no domínio das ciências da educação é, de resto, essencial na formação do jovem professor. Só este contacto o poderá ajudar a perceber a natureza, as problemáticas, os métodos e o valor da produção do conhecimento nestes domínios, permitindo-lhe desenvolver, ele próprio, uma atitude investigativa, de abertura à reflexão e ao permanente aprofundamento do seu próprio conhecimento. (Alarcão et al., 1997)

O trabalho investigativo que pode dar resposta neste contexto tem por base uma noção de investigação com um sentido amplo, pois o principal objectivo dos professores será resolver problemas de natureza local e não tanto a produção de conhecimento geral, organizado e transmissível.

Perrenoud (1993a) apresenta duas acepções muito diferentes da noção de investigação: como processo cognitivo, equivalendo a procurar conhecer; e como prática social, surgindo como o processo complexo de produção e validação levado a cabo por uma comunidade científica. Na sua perspectiva, os dois processos, embora relacionados, não se devem confundir:

Numa aula ou, de uma forma geral, em situação de formação, vão-se buscar à investigação como prática social certas características que dão sentido, finalidade, enquadramento e métodos a uma actividade de investigação enquanto processo cognitivo. (p. 121)

Segundo Ponte (1998), a investigação, usada como estratégia formativa, procura tomar como referência muito mais os processos cognitivos utilizados no processo investigativo do que os rituais próprios da construção e validação do conhecimento nas comunidades académicas.

A investigação no contexto da formação, com as características referidas anteriormente, justifica-se por diversas razões. Por um lado, pode ajudar a valorizar a investigação produzida nas diferentes áreas disciplinares e, por outro, pode levar à construção de conhecimento relevante do ponto de vista da prática profissional. Aprende-se fazendo e desenvolvem-se competências profissionais e atitudes que aumentam o espírito crítico e a autonomia dos professores, valorizando-se a prática.

No relatório sobre as políticas de formação de professores na União Europeia, Buchberger (2000) alerta para o facto de muitos dos programas de formação europeus se continuarem a basear na aquisição de conhecimento científico através de um conjunto de disciplinas académicas, apontando para a necessária mudança, se se pretender uma formação de qualidade. Considera que uma componente de investigação educacional coerente continua em falta, com as implicações desfavoráveis que daí advêm para o desenvolvimento da identidade profissional dos professores e da qualidade do seu serviço.

As instituições que na Europa foram capazes de desenvolver currículos de alta qualidade, criando adequados ambientes de aprendizagem, possuem, avança aquele relatório, características que se correlacionam com a existência de culturas de formação de professores muito desenvolvidas, fundadas em universidades e uma integração da componente prática de ensino nos currículos de formação de professores.

A não inclusão de investigação educacional coerente e da componente de desenvolvimento implica que a capacidade de resolver problemas de natureza pedagógica dos futuros professores não se possa desenvolver e à formação ao

longo da vida profissional lhe faltem as necessárias fundações, capazes de assegurar um desenvolvimento profissional sustentado.

Parece haver sinais de que esse caminho está a ser percorrido em Portugal, com uma defesa crescente do professor investigador e da investigação com os professores como parceiros nos projectos de investigação e na frequência de mestrados e outros cursos de pós-graduação. Por outro lado, a didáctica curricular, ao induzir a investigação em didáctica, tem por fim transformar o ensino desenvolvendo o pensamento dos professores e envolvendo-os, por seu lado, na investigação (Cachapuz, 1995a), dinâmica que, a ser realmente efectivada, conseguirá reunir, dialéctica e sinergeticamente, as três componentes do tríptico didáctico de que fala Alarcão.

CAPÍTULO V

METODOLOGIA

Não é provável que um exemplo positivo estabeleça ou modifique uma generalização, mas pode incrementar a confiança na generalização do investigador (Stake, 1999).

1. Pressupostos Metodológicos Gerais

A investigação educacional estuda as questões e problemas relativos à natureza, epistemologia, metodologia, finalidades e objectivos, no âmbito da procura de conhecimento no campo educativo.

A *metodologia*, por seu lado, refere-se, segundo Anderson e Burns (1989), à forma como se recolhem os dados e ao modo como deles se retira sentido e significado. Segundo esta ordem de ideias, metodologia implica pensamento e raciocínio e difere de método ou técnica, conceitos de âmbito mais restrito.

Os pressupostos de que parte o investigador, os seus interesses, a questão de partida ou os objectivos do estudo que pretende levar a cabo levam-no a enveredar por um ou outro tipo de metodologia, ou seja, por uma ou outra forma de criar conhecimento.

Em termos muito gerais podemos dizer que, em investigação educacional, têm prevalecido duas grandes perspectivas epistemológicas que levam à classificação das metodologias em duas grandes categorias principais: a metodologia *quantitativa* e a metodologia *qualitativa*, ambas aqui designadas singularmente mas, efectivamente, de significação e domínio plurais

(Silverman, 2000).

A relação entre esses dois tipos de metodologia, por muitos consideradas opostas em sentido epistemológico e até ontológico, tem sido alvo de discussão desde meados do século XX: a metodologia quantitativa desenvolvendo técnicas de amostragem, controlo experimental, usando testes objectivos e análise estatística; a metodologia qualitativa, em contraste, mais associada com os estudos de caso, estudos etnográficos, entrevistas, observação participante, numa procura de significado nos fenómenos sociais (Anderson e Burns, 1989).

Ao olhar para a investigação actual nas ciências humanas e sociais, Hammersley (1998) infere, no entanto, que muitos estudos não encaixam numa ou noutra das duas categorias. Para ele, em vez de se reduzir a metodologia destas ciências a apenas duas abordagens, precisamos é de reconhecer a diversidade de opções metodológicas disponíveis:

O que é preciso, do meu ponto de vista, é um ecletismo metodologicamente fundamentado, no qual todas as opções sejam tidas em conta. (p.174)

Tal como no resto das ciências sociais, a investigação em educação tem assim mudado ao longo do tempo e tem adoptado novos contornos, à medida que novos pontos de vista e modos de entender o acto educativo também têm ido mudando.

Para autores adeptos da corrente denominada *empírico-analítica*, a investigação educativa deve cingir-se às normas do designado método científico, no seu sentido estrito, apoiando-se nos critérios e postulados típicos das ciências físico-naturais. Este tipo de investigação aspira a criar conhecimento teórico, cuja função radica em explicar os fenómenos educativos e eventualmente a sua previsão e controlo.

Com o desenvolvimento de novas ideias sobre educação, concebida como realidade sociocultural, de natureza complexa, singular e socialmente construída, surgiram novas abordagens da investigação educacional, denominadas *interpretativas* e *críticas*. Estas perspectivas encaram a educação como uma acção intencional, global e contextualizada, regida por

regras pessoais e sociais e não tanto por leis científicas.

De acordo com a perspectiva interpretativa, o propósito da investigação educativa é, deste modo, o de interpretar e compreender os fenómenos educativos e não o de fornecer explicações de tipo causal. A corrente crítica coloca-se numa relação dialéctica entre a teoria e a prática mediante a reflexão crítica e a investigação e é concebida como um meio permanente de auto-reflexão (Arnal, Rincón e Latorre., 1994).

A educação, ao constituir uma área de natureza complexa e não lhe correspondendo uma estrutura disciplinar única – como a sociologia, a antropologia ou a psicologia – vai utilizar e adaptar técnicas destas ciências.

Esta situação cria um ecletismo que se, por um lado, fornece à educação uma ampla gama de instrumentos, dificulta, por outro, a emergência de um consenso relativamente à abordagem mais apropriada para conduzir a investigação educacional (Anderson e Burns, 1989).

Da análise efectuada por Anderson e Burns aos estudos realizados na área da educação ressalta a conclusão de que muitos desses estudos se colocam num dos pólos da contenda quantitativo/qualitativo, mas muitos outros representam *estudos híbridos* (p. 73). Do seu ponto de vista, estes últimos são de grande utilidade para o campo da investigação na sala de aula, assumindo que os dois sistemas podem coexistir, cada um contribuindo com informações únicas acerca dos fenómenos.

O debate sobre a forma de melhor conduzir uma pesquisa configura, aliás, uma discussão antiga e recorrente e tem envolvido filósofos da ciência e metodólogos ao longo da história da ciência, ao constatarem a emergência de diferentes paradigmas. O termo paradigma, vulgarizado por Kuhn na sua obra, acarreta alguma ambiguidade, até pelos diferentes sentidos a ele atribuídos pelo próprio, dificultando a tarefa de identificar, de forma consensual, os paradigmas subjacentes à investigação educacional.

Definindo paradigma como uma visão do mundo, uma perspectiva geral, uma forma de desmontar a complexidade do mundo real, Patton (1990) defende a existência de dois grandes paradigmas de investigação, fundamentalmente

diferentes: o positivismo lógico, que advoga o recurso a métodos quantitativos e experimentais para testar generalizações hipotético-dedutivas, e o paradigma fenomenológico, que recorre a abordagens qualitativas e naturalistas para compreender holisticamente a experiência humana, em contextos situados.

Na opinião daquele autor, os paradigmas podem ajudar mas também podem prejudicar o desenvolvimento da investigação no campo da educação. Sendo normativos, indicam a forma de actuação que o investigador deve seguir, sem necessidade de grandes reflexões epistemológicas. Este aspecto dos paradigmas constitui, assim, simultaneamente uma força e uma fraqueza – por um lado, tornam possível a acção, por outro, as razões para agir escondem-se nos pressupostos inquestionáveis do paradigma¹⁸ (Patton, 1990):

As formas rotineiras e cegas de pensamento, sob o signo dos paradigmas, constroem a flexibilidade metodológica e a criatividade, ao fecharem o investigador em padrões inconscientes de percepção e em comportamentos que mascaram a natureza das suas “decisões” sobre os métodos, já pré-determinadas e enviesadas. (p. 38)

No sentido de ultrapassar dificuldades deste tipo, Husén (1988) defende um pluralismo de abordagens no campo da investigação educacional, uma vez que as práticas educacionais não são independentes do contexto social e cultural em que ocorrem. Como tal, considera que os dois principais paradigmas em educação não devem, com efeito, ser considerados exclusivos mas complementares.

É muito provável que, contrariamente à análise de Kuhn para as ciências físico-naturais – com períodos de competição, emergência de um paradigma, seguida de estabilidade –, nas ciências sociais e na educação, a coexistência de escolas de pensamento em competição seja um estado natural e até de maturidade da sua evolução. É essa a sugestão de Shulman (1986a), que considera ser esse um factor vantajoso para estas ciências:

¹⁸ Na actualidade, a abordagem de problemas complexos (na área da saúde e do ambiente, por exemplo) tem feito surgir a necessidade de equipas multidisciplinares para encontrar soluções inovadoras. Este trabalho conjunto implica o esbatimento de fronteiras entre paradigmas disciplinares e tem permitido a redefinição criativa de problemas e soluções.

Diferentes paradigmas permitem aos investigadores estudar fenómenos vários, analisar diferentes perspectivas e diferentes aspectos do problema, possivelmente ignorados se abordados de um só ângulo. (p. 5)

No que diz respeito à investigação qualitativa em educação, convém, todavia, não ignorar que, desde o início, surgem no seu seio focos de tensão entre os investigadores que acreditavam nos resultados admiravelmente objectivos atingidos nas muito anteriores ciências físico-naturais e os que sentiam que as ciências humanas precisam de uma abordagem diferente devido à sua complexidade e natureza (Tesch, 1992).

Muitos autores passam, em concreto, a defender que o conhecimento humano não deve estar predominantemente unido ao desejo de controlo. É o caso de Habermas (citado em Greene, 1999), segundo o qual é mais importante considerar as pessoas sujeitos activos, capazes de interacções comunicativas livres. Esta visão será fundamental em qualquer projecto qualitativo, como forma de evitar o que Greene (1999) denomina “a objectivação dos chamados objectos” (em particular os sujeitos) das investigações:

Os investigadores defensores da abordagem qualitativa, cujos esforços têm a ver com a interpretação e com a descrição, necessitam de tornar clara a distinção entre os fenómenos desprovidos de consciência e os seres humanos cuja consciência se projecta no mundo. (p. 4)

A abordagem positivista tem, necessariamente, uma abrangência limitada quando se trata de estudos com seres humanos, onde os valores estão intrinsecamente presentes. Ao tratarem-se as pessoas como objectos vai ignorar-se a sua capacidade para reflectirem sobre os problemas e as situações e para agirem com base nessa reflexão.

O que permite englobar numa mesma designação modelos de investigação etnográficos, qualitativos, observação participante, estudo de caso, interaccionismo simbólico, fenomenológicos, construtivistas ou interpretativos, é, com base na análise de Erickson (1986), o facto de todos se centrarem nos significados que os indivíduos atribuem aos acontecimentos e às situações que vivenciam, assumindo o investigador um papel-chave na

elucidação e na exposição desses significados. Este autor opta por denominar de *interpretativa* toda a investigação que se insere nessa descrição, para que não se confundam métodos com técnicas de pesquisa, conteúdo e objectivo da pesquisa com procedimentos de recolha de dados: “uma técnica de pesquisa não determina um método de pesquisa” (p. 120).

Apesar de adoptarmos este sentido, optámos por continuar a denominar por *qualitativo* este tipo de investigação, por uma questão de facilidade e também por ser o termo mais vulgarmente utilizado em estudos desta natureza. O próprio Erickson intitulou o capítulo onde explana estas suas razões de *Qualitative Methods in Research on Teaching*.

As designações mudam consoante a ênfase dada pelos diferentes autores a um ou outro dos factores distintivos deste tipo de abordagem e, por vezes, os mesmos autores vão mudando a nomenclatura ao longo do tempo. É o caso de Guba e Lincoln (1994) que passam a denominar por *construtivismo* o que anteriormente apelidavam de investigação naturalista. Consideram que o termo qualitativo deve estar reservado para a descrição dos tipos de métodos. Na sua perspectiva, tanto os métodos qualitativos como os quantitativos podem ser usados em qualquer paradigma de investigação. As questões de método são secundárias em relação às questões de paradigma, o qual definem como o sistema básico de crenças ou a visão do mundo que guia o investigador, não só na escolha do método como em termos das questões ontológicas e epistemológicas fundamentais.

Nessa perspectiva, esses autores caracterizam quatro paradigmas de investigação alternativos para as ciências sociais: positivismo, pós-positivismo, teoria crítica e construtivismo. O positivismo correspondendo à visão que dominou o discurso formal nas ciências físicas e sociais nos últimos 400 anos e o pós-positivismo representando o esforço das últimas décadas para dar resposta, embora de forma limitada, às principais críticas feitas ao positivismo. No ponto de vista destes autores, a teoria crítica engloba um conjunto de paradigmas alternativos, tais como neo-marxismo, feminismo, materialismo e investigação participante, podendo a teoria crítica ser sub-dividida em dois domínios: pós-estruturalismo, pós-modernismo e uma mistura de ambos. O construtivismo, por fim, representando um paradigma alternativo que marca a mudança de um realismo ontológico para um

relativismo ontológico.

O paradigma construtivista engloba ainda, segundo Guba e Lincoln (1994), várias abordagens – construtivista, interpretativa, naturalista e hermenêutica – que terão surgido como alternativa ao paradigma tradicional, positivista, e com pressupostos ontológicos, epistemológicos e metodológicos comuns.

Do seu ponto de vista, o paradigma construtivista admite uma realidade múltipla, a qual pode ser percebida pelos indivíduos de modo muito diverso, na forma de construções social e experiencialmente baseadas. Essas construções dependem das representações de cada pessoa e, como tal, não são mais ou menos verdadeiras, mas sim mais ou menos informadas ou sofisticadas. O conhecimento é pois construído à medida que a investigação prossegue e que investigador e investigado interagem, através de um processo dialógico de partilha de significados.

O investigador, ao tentar compreender o ambiente social em estudo, usa a sua própria interpretação para construir significados que resultam da sua interacção com a situação e o objecto. À medida que as situações e os objectos se alteram, alteram-se os significados.

Vários críticos a esta posição argumentam que, por não existir uma janela que permita aceder à vida interior de cada indivíduo, não podemos obter observações objectivas, apenas observações socialmente situadas nos mundos do observador e do observado. O facto de os indivíduos raramente serem capazes de explicar profundamente as suas acções ou intenções, dando apenas conta de algumas justificações e descrições para a sua acção, levou Denzin e Lincoln (1994) a defender a diversidade metodológica, para que se possam captar as variações subtis da experiência humana. Como consequência, a orientação qualitativa (abarcando aqui o sentido atribuído a construtivismo por Guba e Lincoln) da investigação educacional requer uma variedade de métodos, sempre à procura de melhores formas de compreender as situações em estudo.

Podemos dizer, em suma, com Arnal et al. (1994), que se assiste hoje à defesa de uma concepção da investigação educativa imbuída de maior abertura e flexibilidade e mais preocupada com a resolução de problemas colocados a

partir da própria realidade educativa. Em consequência, a preocupação inicial em fazer da investigação educativa uma actividade estritamente objectiva e rigorosa vai dando lugar a uma maior flexibilização, a qual permite ter em conta a forma e o conteúdo da investigação, os participantes, os objectivos da investigação e a forma de a conduzir.

Esta abertura deve-se a uma cada vez maior difusão da investigação qualitativa nos diversos campos do saber, revestindo-se de particular intensidade no campo da educação.

A natureza complexa e dinâmica do seu objecto de estudo, juntamente com a consciência crescente de que os fenómenos educacionais não se podem desligar do contexto social em que se encontram e da realidade histórica e política em que se inserem, são factores que contribuem para a disseminação de estudos de cariz qualitativo nesta área do saber (Bogdan e Biklen, 1994; Patton, 1990).

Esta diversidade de estudos de investigação educacional qualitativa reflecte, segundo Bogdan e Biklen (1994, p. 46), “a maturidade e sofisticação crescentes” destas abordagens. Perante tal diversidade, estes autores estabelecem um conjunto de características que, sem pretenderem ser exaustivas ou determinantes na sua totalidade, permitem enquadrar as investigações desta natureza. Descrevem-se, de seguida, essas características, relacionando-as com a estratégia principal que deu corpo à presente investigação, tendo como pano de fundo a premissa pelos próprios sugerida: “A questão não é tanto a de se determinada investigação é ou não totalmente qualitativa; trata-se sim de uma questão de grau” (p. 47) .

Em primeiro lugar, *a fonte directa de recolha de dados é o ambiente natural e o investigador constitui o instrumento principal neste tipo de investigação*. É este que se desloca aos locais onde vai recolher a informação, através do contacto directo com os intervenientes e com uma preocupação com o contexto. A razão pela qual os investigadores permanecem, por vezes de forma prolongada, nos locais de ocorrência dos fenómenos prende-se com o reconhecimento da importância dos factores contextuais na compreensão das acções.

O nosso estudo em concreto, tendo como finalidade a compreensão dos factores relacionados com as dificuldades de aprendizagem dos alunos numa área específica da biologia – a genética –, decorreu na escola, numa turma do 11º ano, não especialmente constituída para este efeito, ou seja, sem se retirar os alunos do seu ambiente natural habitual. Os factores contextuais foram tidos em conta na fase de análise dos dados, permitindo enriquecer as conclusões e contribuir para a compreensão dos fenómenos educacionais. Tendo havido uma intervenção na sala de aula, dentro de um enquadramento inspirado na investigação-acção, procurou-se que essa acção acontecesse de forma gradual, com a nossa presença nas aulas desde uma fase anterior à unidade a trabalhar e sempre com a presença e a participação da professora titular da turma.

O nosso trabalho no terreno não constitui, em consequência, uma investigação naturalista em sentido literal, devido à inevitabilidade da perturbação causada pela presença e acção do investigador nas aulas. No entanto, tal como Patton (1990) – que começa por considerar que nas investigações naturalistas não deve haver qualquer tipo de manipulação por parte do investigador – é levado a incluir nesta categoria os estudos que procuram minimizar a manipulação da pesquisa e se afastam de uma configuração de tipo experimental (com metas e variáveis pré-determinadas e com acentuado grau de controlo e de medida), também o presente estudo se procura enquadrar num tipo de orientação mais dinâmico e aberto:

A diferença mais importante é a que decorre *dos graus de manipulação* utilizada. Selecciona-se uma estratégia de investigação naturalista quando se quer minimizar a manipulação e estudar programas ou processos e impactos de tratamento, no ambiente natural em que têm lugar. Seleccionam-se desenhos experimentais quando se quer introduzir um grau considerável de controlo na investigação, isolando variáveis e calculando um conjunto limitado de medidas pré-definidas. (Patton, 1990, p. 43)

Em segundo lugar, a investigação qualitativa é *descritiva* porque a palavra se reveste, neste tipo de abordagens, de muito maior importância do que os números, baseando-se em dados que descrevem pormenorizadamente as situações, as pessoas ou os acontecimentos. O investigador procura não descurar os detalhes, atendendo ao maior número possível de elementos da

situação, aspectos muitas vezes essenciais na compreensão mais profunda do objecto em estudo.

O trabalho de campo aqui seguido procurou, nesse sentido, dar relevo à riqueza da palavra escrita – nas transcrições das entrevistas, nos questionários, nos documentos escritos ou em notas de campo dispersas –, procurando significados e evitando descurar aspectos de pormenor, supostamente triviais.

Em terceiro lugar, *o processo tem mais importância do que os resultados ou produtos*. As técnicas quantitativas podem mostrar que ocorreram mudanças num determinado grupo, mas as qualitativas procuram o seu significado na forma como são vividas pelos participantes nas suas actividades, procedimentos e interacções sociais.

A nossa presença durante todo o trabalho de campo e a nossa “imersão na realidade” pretendeu, precisamente, possibilitar um olhar múltiplo para o processo de ensino-aprendizagem – materializado nas diferentes fontes de dados – procurando explicações nas suas forças e fragilidades e com menor preocupação pelos produtos finais eventualmente desejáveis.

A quarta característica diz respeito à tendência das investigações qualitativas para *analisar os dados de forma indutiva*. Estes estudos não pretendem uma comprovação de hipóteses colocadas *a priori*, mas a construção de um quadro que vai ganhando forma à medida que se recolhem e analisam os dados.

Pode dizer-se que este terá sido um caminho trilhado, se entendermos *dado* de forma abrangente e nessa concepção incluirmos os dados construídos a partir das fontes bibliográficas seleccionadas e dos sentidos delas retirados. Estes sentidos vieram a constituir um enquadramento conceptual necessário, orientador da intervenção no terreno; procurámos, no entanto, dele não depender em exclusivo na análise dos dados recolhidos através de entrevistas, documentos ou notas de campo, no sentido de encontrar regularidades e interpretar as situações, tendo subjacente uma lógica indutiva.

Neste ponto, não estaremos longe da perspectiva de Strauss e Corbin (1990), quando defendem que para compreender um fenómeno é necessário ir ao campo onde ele decorre, sendo todavia fundamental que seja enquadrado por

uma questão de partida que oriente a recolha dos dados e que mantenha o problema dentro dos limites possíveis do estudo. É a sensibilidade teórica do investigador que lhe vai permitir reconhecer a importância dos dados, assim como o seu significado e, por fim, é esse próprio enquadramento de partida que vai possibilitar, em última análise, a emergência da teoria contida nesses dados. Erickson (1986) releva esta ideia ao referir que, no decorrer da pesquisa, a indução e a dedução estão em constante diálogo, à medida que a própria percepção e compreensão dos acontecimentos vai mudando.

Por último, a quinta característica apresentada por Bogdan e Biklen considera o *significado* de importância vital, ou seja, procura captar a perspectiva dos participantes e o significado que atribuem às situações e aos acontecimentos por eles vividos. Um dos objectivos deste estudo visou, nesta ordem de ideias e como já ficou evidente, pôr em relevo o dinamismo interno das situações e ter em conta o ponto de vista dos participantes.

A questão do investigador como instrumento de recolha de dados tem sido muito debatida na literatura e levanta o problema dos modos de validação para as interpretações realizadas. Schutz (citado em Greene, 1999) lembra que o mundo é sempre intersubjectivo e a sua acessibilidade implica intercomunicação e linguagem. Só pela e na comunicação é, então, possível compreender uma situação social: “só reconhecendo que a ‘realidade’ das escolas e das salas de aula é aquilo que as pessoas experienciam (...) quando vivem e falam umas com as outras é que podemos começar uma investigação relevante” (Greene, 1999, p.10). Apesar de só podermos olhar para o mundo de um ponto de vista situado, cremos que só o próprio ser humano possui as características necessárias para poder captar a complexidade, subtilidade e variabilidade das acções dos outros seres humanos. Segundo Arendt (1983), isso é possível porque a pluralidade humana possui, como condições fundamentais da acção e da palavra, um carácter duplo: igualdade e distinção. A igualdade entre os seres humanos permite que possamos compreender os outros, inclusivamente compreender os que nos precederam e antever as necessidades dos que virão; a distinção cria a necessidade do uso da palavra e da acção para, por um lado, sermos compreendidos e, por outro lado, compreendermos os outros. É inerente à natureza humana, na sua perspectiva, construir um conjunto de significados que nos permite revelar-nos aos outros, através da linguagem e da acção.

O significado tem, assim, de ser construído pelo investigador através da aproximação e do contacto com as situações e as pessoas, mas também de um distanciamento que lhe permita reflectir sobre as observações e as acções comunicativas estabelecidas.

A investigação qualitativa assume ainda, segundo a análise de Patton (1990), o mundo como um sistema dinâmico em permanente mudança. Nesta perspectiva, qualquer programa objecto de estudo constitui um sistema dinâmico e em desenvolvimento, onde as intervenções podem provocar mudanças subtis mas importantes, à medida que as condições se alteram.

Patton considera que a investigação qualitativa é a mais apropriada para a avaliação de programas onde se pretende a inovação ou a mudança, o seu aperfeiçoamento ou a sua melhor implementação, identificando os factores que podem contribuir para as transformações operadas nos participantes.

Nessa perspectiva, foi objecto deste estudo, concomitantemente, pretender compreender como as actividades desenvolvidas ao longo do terceiro período do ano lectivo poderiam provocar mudanças no pensar e, de algum modo, no sentir dos alunos. Também no caso da professora da turma essa foi uma meta pretendida. Partimos, assim, tal como Patton (1990), da convicção que “a mudança constitui uma parte natural, esperada e inevitável da experiência humana” (p.53). A investigação qualitativa, de acordo com o mesmo autor, em vez de controlar, limitar ou orientar a mudança, aceita a sua inevitabilidade, antecipa a possibilidade do inesperado e acompanha-a para a compreender.

2. Uma Aproximação ao Estudo de Caso e à Investigação-Acção

O evoluir da investigação em educação tem permitido uma consciencialização crescente, por parte dos investigadores, de que a lógica racional postulada pela investigação positivista não abrange as diferentes dimensões da prática educativa, tendo os problemas educativos um carácter global que torna imperiosa a utilização de outras abordagens que ponham a ênfase na compreensão.

A investigação qualitativa, nesse sentido, ao invés de pretender a generalização, estuda em profundidade uma dada situação; procura uma interpretação adequada, mais do que previsão e controlo; não busca a explicação e a causalidade mas a compreensão. Este tipo de investigação privilegia, assim, desenhos e estratégias de investigação mais abertos e emergentes das múltiplas realidades em interacção nas situações educativas, como é o caso da sala de aula. O estudo de caso e a investigação-acção têm sido considerados como duas estratégias que se enquadram nesta perspectiva, sendo-lhes atribuída crescente importância na tentativa de compreender e resolver os problemas educativos (Ponte, 1994; Pérez, 1998).

2.1. Estudo de Caso

O estudo de caso nasce do desejo de compreender fenómenos sociais complexos e tem contribuído com informação única para o conhecimento dos fenómenos sociais, individuais ou organizacionais (Yin, 1984). Usado como estratégia de investigação nas ciências sociais e humanas, o estudo de caso permite ter em conta e valorizar “as características holísticas e significativas dos acontecimentos da vida real” (p. 14). Uma questão de fundo desta abordagem, responsável pela sua inserção dentro das metodologias qualitativas, corresponde ao facto de o caso ser estudado por direito próprio e não como uma amostra de uma população (Robson, 1998).

No sentido de compreender o que é o estudo de caso e o distinguir de outras estratégias de investigação, Yin (1993) considera-o apropriado quando se pretende investigar um fenómeno contemporâneo no seu contexto e em que as características da investigação são as seguintes: as questões de partida são gerais e abertas; pretende-se ter em consideração as condições do contexto e não apenas o fenómeno em estudo; e podem ser usadas múltiplas fontes de dados, o que permite procedimentos de triangulação. Por outras palavras, o estudo de caso constitui uma boa opção quando se pretende estudar um fenómeno em particular e o contexto no qual o fenómeno tem lugar, seja porque o contexto parece conter factores explicativos importantes, seja porque o fenómeno em estudo é difícil de separar desse mesmo contexto (Yin, 1993).

O estudo de caso torna-se, assim, particularmente útil quando se trata de compreender pessoas, problemas específicos ou situações únicas, em profundidade. Qualquer que seja a unidade de análise, o estudo de caso procura o detalhe não esquecendo o todo, na sua complexidade sistémica. Para isso, é necessário recolher dados que permitam obter um máximo de informação. A análise do caso pode ser feita através de dados obtidos em entrevistas, em documentos, em notas elaboradas sobre e ao longo do estudo, em dados obtidos pela observação dos participantes – enfim, por recurso a toda a informação que for possível recolher sobre o caso, alguma até de recorte quantitativo (Patton, 1990).

Quando comparado com outros métodos ou modalidades de pesquisa, o estudo de caso permite uma melhor descrição das múltiplas realidades encontradas num determinado local e atende às interações do investigador com o meio onde decorre a pesquisa; permite, ainda, a compreensão das múltiplas influências que se estabelecem no terreno e possibilita a recolha de elementos para possíveis generalizações comuns a outros casos (Lincoln e Guba, 1985).

A questão de formular generalizações a partir de uma realidade singular é, todavia, controversa e pouco consensual. Segundo Merriam (1988), o estudo de caso, ao permitir observar de um modo naturalista e interpretar as relações de ordem superior no interior dos dados observados, torna-os generalizáveis, no sentido em que a informação dada (divulgada) permite, a quem consulta,

decidir se o caso é similar ao seu e daí extrair ilações, ou seja, tem lugar a generalização pelo próprio leitor.

Apoiando-se em diversos autores, Patton (1990) aponta algumas vulnerabilidades inerentes a esse processo de generalização: constitui um procedimento frágil, de significado ambíguo e de importância variável; os fenômenos sociais são muito diversos e dependentes do contexto para permitir generalizações empíricas significativas, mesmo quando os estudos são quantitativos; quando se têm em conta as condições locais, qualquer possível generalização terá o estatuto de hipótese de trabalho, não de conclusão. Com base nestas premissas, o mesmo autor apresenta como alternativa a *extrapolação*, querendo com este termo significar o processo de avançar para além do campo restrito dos dados, apontando outras possíveis aplicações dos resultados. São especulações limitadas à possibilidade de aplicação dos resultados a outras situações que, sem serem idênticas, são semelhantes (Punch, 1998).

Foi com base nestas considerações que foram por nós estabelecidas algumas das extrapolações que acompanham os resultados a que chegámos e a sua discussão, e que incluímos nos capítulos seguintes.

Também no campo específico da investigação educacional, o estudo de caso é considerado, por Merriam (1988), uma estratégia a privilegiar pois baseia-se nas interpretações das pessoas sobre os fenômenos educacionais vivenciados, o que permite o aprofundamento do próprio conhecimento educacional, tanto teórico como prático.

Segundo esta autora, a escolha do caso a estudar tanto pode resultar do interesse do caso em si mesmo, como pode partir do interesse do investigador em compreender um fenómeno de modo tão profundo quanto possível.

Ainda na área da educação, Stake (1999) restringe o estudo de caso às pessoas e aos programas, pelo que têm de singular e único. Admite, tal como Merriam, que o estudo de um determinado caso pode surgir de duas maneiras possíveis: fundado no seu valor intrínseco, quando a importância desse caso se impõe por si mesma; ou movido pelo seu valor instrumental, quando o estudo do caso particular surge por se tornar útil na compreensão de uma

determinada questão ou problema. Nesta situação, o caso é estudado por permitir dar resposta à questão de partida.

A nossa investigação teve o seu início precisamente numa questão de partida que se impunha estudar e conhecer os seus cambiantes, tendo surgido depois a necessidade de encontrar respostas para essa questão através do estudo, mais em profundidade e no seu ambiente natural, de uma turma de uma escola, a qual se revestiu, por essa ordem de ideias, de um valor instrumental.

Numa tentativa de síntese, Robson (1998), baseando-se em vários autores, enumera as características consideradas fundamentais no enquadramento destes estudos:

1. A pesquisa é levada a cabo no contexto próprio da entidade em estudo.
2. As pessoas são a fonte principal de recolha de dados.
3. Os métodos qualitativos tendem a ser mais usados do que os quantitativos.
4. O desenho definitivo da investigação emerge da interacção com o estudo, sendo, por isso, evolutivo.
5. Existe uma tendência para interpretar os dados idiograficamente (em termos das particularidades do caso) em vez de nomoteticamente (em termos de generalizações).
6. Torna-se necessário usar de ponderação na aplicação alargada dos dados.
7. São precisos critérios especiais de validade.

A validade nestas áreas de pesquisa é uma preocupação entre os investigadores, devido às características de que se revestem. Como os significados não se transferem intactos quando se comunicam aos outros, o caminho mais apontado para a redução desta dificuldade tem sido o da variação dos procedimentos utilizados. Esse processo, denominado *triangulação*, procura contribuir para o reforço da validade dos estudos, preconizando o uso de percepções múltiplas para clarificar o significado de um determinado fenómeno, através de diferentes perspectivas de abordagem do mesmo¹⁹ (Stake, 1994).

¹⁹ O uso de métodos múltiplos é visto como tendo, em geral, um papel determinante na validação neste tipo de pesquisas. Há, no entanto, alguns críticos que atribuem o acordo

Neste estudo concreto procurou-se utilizar duas das vias de triangulação apontadas por Denzin (citado em Janesick, 1994): *triangulação de dados* e *triangulação metodológica*. A triangulação de dados, que corresponde ao uso de variadas fontes de dados no mesmo estudo, foi utilizada ao recorrer e ao ter em conta a descrição de outros casos relatados na literatura e ao indagar a opinião de professores e de alunos. Quanto à triangulação metodológica, esta foi tentada através do recurso a métodos múltiplos de estudo para o mesmo problema, como sejam a entrevista, o questionário, a observação e a revisão de documentos. Podemos acrescentar, ainda, que, embora de forma menos sistemática, a *triangulação do investigador* também esteve presente, através do contributo de outro observador – a professora da turma – na confirmação ou refutação das interpretações que foram sendo realizadas.

Em termos gerais, as principais etapas seguidas no planeamento e desenvolvimento desta actividade foram as sugeridas por Pérez (1998):

1. *Fase pré-activa*. Procura de conhecimento básico sobre o caso, das questões fundamentais e dos problemas implicados no mesmo.
Nesta fase analisaram-se os fundamentos epistemológicos, os objectivos que se pretendiam e a informação de que se dispunha.
2. *Fase interactiva*: Trabalho de campo, procedimentos e desenvolvimento do estudo.
Aqui procurou assegurar-se uma contínua obtenção de dados através de diferentes meios.
3. *Fase pós-activa*: Análise dos dados e reflexões críticas sobre o problema/caso estudado.
A análise dos dados recolhidos foi efectuada, fundamentalmente, com base na análise de conteúdo dos textos produzidos ou transcritos, sendo depois estabelecidas algumas extrapolações consideradas legítimas e pertinentes.

entre resultados a semelhanças no processo, sem que isso signifique necessariamente validade adicional. Ressalvam, contudo, que mesmo não trazendo uma validade acrescida para além da inerente a cada uma das componentes, tem sempre a vantagem de criar uma perspectiva mais alargada e profunda para a compreensão do problema.

O estudo de caso permite, como vimos, uma análise em pormenor de um caso, estudando os seus elementos e a interacção entre estes e o contexto, com vista à procura de significado e à tomada de decisões. Esta não é, contudo, uma abordagem virada para situações de intervenção do investigador, daí a presente pesquisa não corresponder a um estudo de caso puro. A investigação-acção, por seu lado, para além de também ter como intenção compreender para decidir a mudança, abre campo, para além disso, a investigações partilhadas pelo investigador e pelos participantes, pelo que a ela também se recorreu como complemento e orientação metodológicos.

2.2. Investigação-Acção

A investigação mais convencional procura descrever e explicar, não sendo vulgar que a promoção da mudança surja como um dos seus objectivos primordiais. Quando, para além da compreensão, a mudança constitui um aspecto esperado e natural da actividade no terreno, a perspectiva investigativa tem de ser outra.

A investigação-acção tem vindo a ser considerada como o caminho para dar resposta a estas preocupações quando, através da ampliação da compreensão de um dado problema, se tem como fim apresentar recomendações tendentes à mudança. Elliot (1990), por exemplo, define a investigação-acção como o estudo de uma situação social, cuja finalidade é a de melhorar a qualidade da acção dentro da mesma.

A ênfase numa situação específica, olhando para uma determinada prática num contexto particular e a tentativa de promover a mudança nesse mesmo contexto, colocam a investigação-acção dentro da estratégia de estudo de caso, tal como a definimos.

Muitos autores referem Dewey como o pai das primeiras ideias sobre este tipo de investigação (Goyette e Lessard-Hébert, 1988; Arnal et al., 1994; Pérez, 1998). Para tal, baseiam-se no seu entendimento sobre pedagogia e no desenvolvimento que lhe deu, considerando como pilares que sustentam essa perspectiva, explícita ou implicitamente, os seguintes: o carácter democrático

da educação, a aprendizagem na acção ou a necessidade de implicação dos professores nos projectos de investigação (Dewey, 1916/1997).

Terá sido, no entanto, o psicólogo social Kurt Lewin a utilizar a expressão *action-research* (Lewin, 1946) e a considerar que este tipo de investigação seria fundamental para que os avanços teóricos e as mudanças sociais pudessem ocorrer em simultâneo.

Lewin descreveu a investigação-acção como um processo de escada em espiral, composta por planificação, acção e avaliação do resultado da acção. Na sua perspectiva, o que desencadeia uma pesquisa deste tipo é a ideia de que é necessária uma melhoria ou algum tipo de mudança. Depois de identificado o que se quer mudar e feita uma exploração preliminar, elabora-se um plano geral com vista a uma determinada mudança, num processo em etapas (Kemmis e McTaggart, 1992):

1. Desenvolvimento de um plano de acção criticamente informado para melhorar aquilo que está a ocorrer;
2. Actuação para pôr o plano em prática;
3. Observação dos efeitos da acção, criticamente informada no contexto em que tem lugar;
4. Reflexão em torno desses efeitos como base para uma nova planificação, através de ciclos sucessivos.

O conceito de investigação-acção tem, todavia, mudado com o tempo e as definições constituem um amplo espectro que vai desde o que se poderia considerar uma investigação aplicada, até atingir um estatuto de paradigma singular e alternativo ao modelo tradicional (Arnal et al., 1994).

Embora a expressão seja usada por autores diferentes e de diferentes maneiras, a *melhoria* e o *envolvimento* parecem ser ideias centrais a todos os usos que se lhe tem dado: melhoria de uma determinada prática, da sua compreensão e da situação na qual a prática tem lugar e o envolvimento de todos os intervenientes (Robson, 1998).

Na perspectiva anglo-saxónica, por exemplo, a investigação-acção adquiriu uma orientação diagnóstica, como elucida Elliott (1990) quando considera

que o objectivo desse tipo de investigação é ampliar a compreensão de um problema, tendo um papel exploratório. Na escola francesa, por seu lado, a investigação-acção vai evoluir para uma via de formação ao longo da vida, com a participação e o envolvimento, de preferência, de todos os intervenientes no processo educativo (Pérez, 1998).

Ao referirem-se à utilização da investigação-acção na escola e na sala de aula, Cohen e Manion (1986) estendem por cinco categorias os propósitos que lhe podem dar corpo:

1. resolução de problemas diagnosticados em determinadas situações particulares ou melhoria de algumas das circunstâncias observadas;
2. formação permanente, desenvolvendo no professor novas competências e métodos;
3. inserção de novas abordagens ou inovações no ensino-aprendizagem;
4. melhoria da comunicação entre professores e investigadores;
5. alternativa à forma geralmente intuitiva e pouco sistemática de resolver problemas na sala de aula.

As perspectivas e percursos que este tipo de investigação tem tido em diferentes países, ainda que diversos, têm de comum a preocupação por uma repercussão imediata da investigação na alteração da realidade, para melhor contribuir para a resolução dos problemas práticos que se apresentam nos diversos campos.

A generabilidade deste tipo de pesquisa é limitada e coloca-se, tal como no estudo de caso, de forma diferente da dos estudos experimentais que pretendem uma relevância global. A investigação-acção assume, em contrapartida, uma relevância local. Em certas circunstâncias, contudo, alguma generalização é possível, em concreto quando diversos estudos em diversos enquadramentos revelam conclusões semelhantes, podendo inferir-se que acções semelhantes produzem resultados semelhantes em situações diferentes. O uso de fontes indirectas – como os estudos publicados na literatura da especialidade – pode também ajudar à relevância dos resultados (Dick e Swepson, 1997).

O processo subjacente a este tipo de abordagens envolve, como antes se salientou, uma espiral de ciclos com diversas etapas. A flexibilidade é uma característica inerente a esse processo, o que permite voltar atrás e reformular os vários passos, num processo dinâmico. Começando por identificar o problema, o propósito é o de compreender, na prática, como e por que razão ocorre uma determinada dificuldade; segue-se a acção, a qual corresponde a uma variação cuidadosa e reflectida da prática; observa-se, documentando os efeitos da acção; e, finalmente, reflecte-se sobre o que aconteceu, com vista a uma nova acção.

O desenvolvimento da nossa pesquisa teve por base estes elementos estruturantes, embora sem se estabelecer o carácter cíclico e retrospectivo que caracterizam a investigação-acção. Daí devermos dizer que este modelo inspirou a nosso trabalho no terreno, embora sem o determinar completamente. Visámos dar resposta às dificuldades de aprendizagem dos alunos, aplicando algumas estratégias da sala de aula consideradas mais capazes de promover a mudança; recolhemos dados sobre possíveis efeitos dessa acção; e, com base nesses dados, procurámos compreender todo o percurso, com vista a estabelecer implicações futuras.

Foi nossa intenção também que essa prática reflexiva se estabelecesse na parceria entretanto formada por nós e pela professora da turma, já que, como sugere Pérez (1998), a investigação-acção pode propiciar o desenvolvimento de uma cultura reflexiva, através da qual os professores podem melhorar a sua prática a partir da sua própria reflexão sobre ela.

3. Desenho do Estudo

Partindo do referencial teórico apresentado, de modelos de suporte e de paradigmas de referência estruturantes, dos quais apontámos já os contornos fundamentais, a parte empírica do nosso estudo pode dividir-se em duas fases fundamentais: uma fase inicial que se denominou *descritiva*, por ter como principal objectivo a obtenção de dados que descrevessem a realidade existente e uma fase *interventiva*, na qual se optou por actuar directamente na escola, através da leccionação da unidade *Hereditariiedade* numa turma real, em cooperação com a professora da mesma.

Este estudo foi planeado, como já se referiu, tendo como pano de fundo orientações inerentes ao estudo de caso e à investigação-acção. Segundo Robson (1998), o planeamento de um estudo de caso implica quatro etapas principais: construção de um *esquema conceptual*, definição de *questões de partida*, constituição da *unidade objecto de estudo*, escolha dos *métodos e instrumentos para a recolha dos dados*.

O esquema conceptual aqui apresentado pretende constituir uma síntese que releve os princípios norteadores do trabalho no terreno e que, ao mesmo tempo, oriente a leitura do presente relato:

Estuda-se uma turma do 11º ano para tentar compreender a natureza de algumas das dificuldades de aprendizagem manifestadas pelos alunos na área da genética. Numa fase anterior, recolheram-se dados que permitiram enquadrar conceptualmente o estudo, tendo sido, nesse sentido, entrevistados alunos e professores do 11º ano de forma a que, juntamente com os dados recolhidos através de outras pesquisas citadas na literatura consultada, pudessem constituir uma triangulação que desse suporte a uma intervenção directa na sala de aula. A turma é assim um caso onde se pretendeu levar a cabo uma intervenção (no sentido de tentar contribuir para a solução dessas dificuldades dos alunos), numa perspectiva de investigação-acção. São entrevistados,

numa última fase, alunos da turma e a respectiva professora após essa intervenção específica na sala de aula.

Uma concretização mais detalhada das outras etapas do planeamento do estudo de caso são desenvolvidas nos pontos seguintes.

3.1. Fase Descritiva

Nesta primeira fase do estudo foram recolhidos os dados através da aplicação de inquéritos por entrevista semi-estruturada a 21 alunos e a 10 professores, com vista a identificar as principais dificuldades do tema em estudo. A recolha desta informação teve como principal objectivo a triangulação entre os estudos relatados na literatura consultada e a opinião de alunos e de professores a respeito de alguns aspectos considerados fundamentais nessa unidade de ensino-aprendizagem.

Os alunos entrevistados pertenciam à Escola Secundária Severim de Faria, em Évora (escola onde realizámos a intervenção), frequentavam o 12º ano no início do ano lectivo 2001/2002 e, como tal, haviam já passado pelo ensino formal da Hereditariedade. Pertenciam a diferentes turmas e tinham sido alunos de diversos professores no 11º ano, na disciplina de Ciências da Terra e da Vida.

Quanto aos professores, foram entrevistados todos os professores com experiência de leccionação nessa mesma disciplina e nessa mesma escola e mais quatro docentes, dois de cada uma das outras duas escolas secundárias da cidade, tendo sido aplicado o mesmo critério de escolha: a sua experiência de leccionação no 11º ano. O alargamento do grupo de professores a entrevistar a outras escolas teve por objectivo ampliar e diversificar o grupo em estudo.

3.2. Fase Interventiva

A turma em que efectuámos a intervenção na sala de aula, a qual decorreu durante todo o 3º período do ano lectivo 2001/2002, correspondia a uma turma considerada heterogénea, com alunos cujas classificações no final do 1º

período tinham variado entre 6 e 18 valores, com uma média de 13.3 (nas classificações obtidas nos finais dos períodos lectivos anteriores) e em que três dos alunos eram repetentes nesta disciplina. Apesar de constituir, forçosamente, um grupo já constituído, correspondia a uma turma onde observámos, através destes indicadores e das conversas mais informais com os professores, maior diversidade entre os alunos.

Sendo estudada como um caso, esta turma configura uma unidade individual, cuja lógica de selecção reside na riqueza de informação que pode proporcionar e no seu estudo em profundidade, em oposição à escolha aleatória sustentada pela investigação quantitativa. Nesta, a constituição da amostra baseia-se, geralmente, numa lógica probabilística, sendo seleccionada com o intuito de ser estatisticamente representativa de uma população, com vista a legitimar possíveis generalizações.

As diferentes lógicas de constituição das unidades a investigar constitui, no entender de Patton (1990), o aspecto que melhor traduz a diferença entre métodos quantitativos e qualitativos.

As linhas mestras que deram estrutura à nossa intervenção na sala de aula resultaram da reflexão feita a nível do enquadramento teórico deste trabalho. Em contraposição com as abordagens mais vulgarmente adoptadas nas aulas de biologia, optou-se por estratégias que dessem ênfase à explicitação do conhecimento declarativo e processual dos alunos, uma atenção especial aos processos de pensamento presentes na resolução de problemas e uma preocupação explícita com as suas dificuldades mais comuns (as referenciadas na literatura e as constatadas ao longo do estudo) na aprendizagem dos conceitos de genética.

3.3. Linhas Orientadoras da Intervenção na Sala de Aula

A nossa intervenção na sala de aula pautou-se, como já foi referido, por uma orientação inspirada na metodologia de investigação-acção, a qual, em contexto educativo, implica um modo de pensar sistemático acerca do que ocorre na aula, com vista a uma acção criticamente informada e com o objectivo de transformar, melhorando-a. Tal orientação pretende também, por

outro lado, controlar e valorizar os efeitos da acção, com vista a prosseguir a melhoria pretendida (Kemmis e McTaggart, 1992). A nossa grande meta nesta intervenção foi, em concreto, a de compreender, através da relação com a prática, a natureza das dificuldades que os alunos manifestam em geral na área da *genética* e apontar vias para a superação das mesmas, cruzando a literatura com os contextos em que têm lugar as situações de ensino-aprendizagem.

Estamos, por princípio, em sintonia com a perspectiva de Lewin, ao descrever a investigação-acção como um processo em espiral, com cada passo composto de planificação, acção e avaliação do resultado da acção. Por outro lado, a natureza cíclica desta abordagem implica que os planos sejam necessariamente flexíveis e dúcteis, já que, dada a complexidade das situações sociais reais, é impossível prever tudo o que se deve fazer.

Nesse sentido, apesar de a nossa acção ter necessariamente de ir mudando, consoante a análise da própria prática na sala de aula e a ela ter que dar resposta, estabeleceu-se, em termos gerais, e com base na análise da literatura mais específica da *genética* e mais geral da educação em ciências, um conjunto de orientações que desse sentido à nossa *praxis*. Essas orientações serviriam como guia, já que a sua construção obedeceu à necessidade de dar resposta às dificuldades de aprendizagem mais comuns neste tópico e a um ensino que promovesse um conjunto de objectivos abrangentes, no sentido de contribuir para a formação global dos alunos.

Dar resposta a esta finalidade implica analisar a educação a diferentes níveis e prever sequências de aprendizagem que permitam construir um conhecimento escolar apropriado para o nível educativo em que os alunos se encontram e que seja o mais relevante possível, sob o ponto de vista pessoal e social.

Antes de apresentar esse plano geral da unidade, analisemos os fundamentos que lhe pretenderam dar estrutura.

As concepções dos alunos. Diferentes estudos realizados têm evidenciado que as crianças desenvolvem, desde cedo, explicações sobre os aspectos elementares da hereditariedade que, frequentemente, não coincidem com os

pontos de vista da ciência escolar. O surgimento dessas explicações pode estar ligado a diversos factores: o ambiente familiar (ao observarem as parecenças entre familiares, por exemplo), os meios de comunicação (pela forma como são veiculadas as informações sobre engenharia genética, clonagem ou organismos transgênicos, entre outros) e o próprio ambiente escolar (como entendem os conceitos de célula, diversidade dos seres vivos, etc.). Muitas dessas explicações resultam em esquemas mentais relativamente coerentes, que explicam como os alunos relacionam as suas ideias sobre hereditariedade. Para além disso, estes esquemas, que parecem articular-se segundo diferentes graus de complexidade, acabam por configurar concepções alternativas ao conhecimento desejável, as quais persistem após o ensino formal (Ayuso e Banet, 2002). As concepções identificadas em diversos estudos, realizados em diferentes países e em diferentes faixas etárias e níveis de ensino, apontam para alguns modelos que tendem a ser recorrentes e transversais:

- *Informação genética e diversidade celular* – Dificuldade em compreender a natureza universal e idêntica da informação genética em todas as células somáticas de um organismo. Para muitos alunos, essas células contêm apenas a informação genética que necessitam para a sua função específica e não concebem a capacidade que elas têm de usar parte da sua informação genética e de não utilizarem outra (Wood-Robinson et al., 2000; Lewis e Wood-Robinson, 2000).
- *Informação genética e divisão celular* – A compreensão insuficiente da mitose cria dificuldades em perceber que as células filhas resultantes desta divisão possuem informação genética idêntica à da célula que lhes deu origem (Lewis et al., 2000b). No que diz respeito à meiose, falham em compreender que a redução do número de cromossomas para metade é aleatória e o número de combinações possíveis dos cromossomas que podem entrar em cada gâmeta é muito elevado e fonte de variabilidade intraespecífica.
- *Localização da informação genética* – Muitos alunos localizam a informação genética exclusivamente nos gâmetas, sendo as outras células desprovidas dessa informação. Outros pensam que são os cromossomas sexuais os únicos responsáveis pela transmissão das características hereditárias e que só existem nas células sexuais (Banet e Ayuso, 1995).

- *Distinção entre cromossoma/gene/alelo/informação genética* – A noção de que um gene pode ter formas alternativas (alelos) é difícil para muitos alunos. O mesmo se passa com a distinção das funções dos genes e dos cromossomas, não reconhecendo os alunos o papel dos cromossomas na transferência da informação genética, contida nos genes, para as novas células.
- *Distinção meiose/fecundação* – É pouco comum a noção de que apenas um membro de cada par de cromossomas homólogos vai integrar cada gâmeta e que na fecundação é restaurado o número de cromossomas para a sua forma diplóide original.
- *Características individuais produzidas pelo meio e características hereditárias* – Os alunos confundem facilmente as mudanças hereditárias acumuladas numa população ao longo do tempo e as características adquiridas ao longo da vida de um organismo, ou seja, mudanças não hereditárias (Brumby, 1979; Kargbo et al., 1980; Engel Clough e Wood-Robinson, 1985).

Vertentes de formação a desenvolver. Começando pelos *conteúdos conceptuais*, parece não haver dúvidas de que é necessário que os alunos tenham conhecimento das características básicas dos seres vivos – estrutura e função celulares, reprodução, por exemplo – para que possam compreender os conceitos mais complexos da genética. Será, então, importante tornar esses conceitos funcionais, ajudando os alunos a estabelecer a relação entre diferentes estruturas – por exemplo, gene, cromossoma, ADN e informação genética – que se estudam em tópicos separados e cuja relação raramente é explicitada. De acordo com Lewis et al. (2000a), os alunos têm dificuldade em estabelecer, por si mesmos, as pontes entre os diferentes tópicos estudados (por vezes, até muito afastados no tempo), havendo necessidade de ser assegurado o ensino explícito dessas relações.

A relação entre os processos de mitose, meiose e fecundação, como mecanismos implicados na continuidade da informação genética, deve, segundo a mesma ordem de ideias, ser explicitada, para que os alunos consigam construir redes conceptuais adequadas (Lewis et al., 2000c).

Reduzir o estudo da mitose e da meiose ao das suas fases leva os alunos a concentrarem-se mais na memorização das suas características e a afastar-se do respectivo significado biológico. A deficiente compreensão da natureza do processo meiótico, por exemplo, constitui a base de muitas das dificuldades que os alunos demonstram na resolução de problemas de genética (Slack e Stewart, 1990).

Outra forma de tornar mais significativos os conteúdos conceptuais pode passar por conferir um lugar destacado à hereditariedade humana, dotando assim esses conteúdos de interesse e utilidade para os alunos (Banet e Ayuso, 1995).

Banet e Ayuso sugerem, também, que a diversidade dos seres vivos constitui um bom ponto de partida para o estudo da hereditariedade, acrescentando o facto de poder funcionar como um vínculo útil entre a genética e a evolução. Pode, então, levar-se os alunos a reflectir sobre a variabilidade que existe entre os indivíduos de uma mesma espécie (tomando como exemplo destacado a espécie humana) e a que se verifica entre diferentes espécies, identificando as características hereditárias e diferenciando-as das que não o são.

Para que os alunos possam compreender a reprodução sexuada e as mutações como mecanismos geradores de biodiversidade, será necessário, em primeiro lugar, voltar a considerar uma das consequências importantes da meiose: os organismos formam gâmetas idênticos quanto ao número de genes mas distintos quanto à sua natureza. Este será o suporte conceptual para compreender a diversidade intraespecífica. Em segundo lugar, será necessário abordar o estudo das mudanças (mutações) que a informação genética pode experimentar. A utilização de exemplos que mostrem as suas consequências para a sobrevivência dos indivíduos e das espécies a que pertencem pode contribuir para a compreensão da natureza e das causas das mutações, assim como do seu possível carácter hereditário (Ayuso e Banet, 2002).

No que diz respeito aos *conteúdos de carácter atitudinal e axiológico*, a discussão de temas que relacionem a genética e a sociedade pode ajudar os alunos a ter consciência dos seus valores e crenças e da importância de se ser receptivo em relação às ideias dos outros, incentivando-os, desse modo, a desenvolverem valores sólidos.

Esta temática permite, em suma, a promoção de atitudes de rigor e flexibilidade intelectual e a necessidade de justificar e fundamentar os pontos de vista num contexto científico, ao avaliar as vantagens sociais e as limitações da aplicação do conhecimento científico.

Outra atitude que se pode desenvolver no âmbito das discussões levadas a cabo neste tópico é a do respeito em relação às outras pessoas, como consequência da compreensão da natureza genética de algumas doenças ou de certas diferenças individuais.

A relação genética-sociedade pode, em síntese, ilustrar a diversidade de opinião, a tolerância na controvérsia e levar os alunos a tomar consciência das suas próprias crenças, intenções e opiniões e a compreender as dos outros.

Nesta unidade, os alunos podem também ser levados a desenvolver *capacidades de investigação e de comunicação*, com a realização de investigações simples e a resolução de problemas de papel e lápis, as quais implicam o desenvolvimento de competências no âmbito da aplicação prática de algoritmos necessários para resolver problemas; da observação, recolha, pesquisa e organização de informação sobre, por exemplo, a diversidade dos indivíduos; da formulação de hipóteses explicativas; da análise e interpretação de dados, com relatos escritos ou orais das conclusões e implicações mais importantes desse trabalho (Ayuso e Banet, 2002).

Quanto às *relações da genética com a tecnologia e a sociedade*, são variados os temas de importância social passíveis de explorar com os alunos neste âmbito. São eles, por exemplo: a importância, sob o ponto de vista científico, dos estudos desenvolvidos sobre o genoma humano; as causas de certas doenças de carácter hereditário ou que têm a sua origem em problemas desta natureza ou o significado dos processos de clonagem, assim como as suas possibilidades de aplicação em diferentes grupos de seres vivos; o significado da utilização dos testes de ADN em diversos âmbitos (detecção precoce de doenças, provas de paternidade, criminologia); a terapia genética (fabrico de hormonas, vacinas a partir de microorganismos geneticamente modificados); o estado actual dos conhecimentos relacionados com as características, o fabrico e o consumo dos alimentos geneticamente modificados ou, ainda, a

utilização da engenharia genética na agricultura e pecuária. Como defende Yager (2000), as aplicações da ciência constituem o domínio mais importante para uma verdadeira aprendizagem pois diz respeito à vida das pessoas e aproxima-se da sociedade no seu todo.

Finalmente, pode desenvolver-se conhecimento no que diz respeito à *natureza do conhecimento científico*, ao abordar a história da ciência nas aulas, levando os alunos a tomar consciência do carácter provisório que acompanha, com frequência, a construção do conhecimento científico, constituindo a genética um domínio particularmente bem posicionado para o fazer (Ayuso e Banet, 2002).

Estruturação da sequência didáctica. A planificação da sequência didáctica baseou-se no quadro teórico que deu corpo a este estudo, do qual relembramos aqui alguns dos aspectos fundamentais.

A aprendizagem é considerada, de forma cada vez mais consensual, um processo activo, através do qual os aprendentes constroem explicações viáveis para as suas experiências. As actividades escolhidas para os alunos levarem a cabo deverão, assim, permitir que eles explicitem e clarifiquem os seus pontos de vista sobre hereditariedade, por forma a que possam ampliar, modificar ou substituir os seus conhecimentos iniciais, consoante a situação. De acordo com Posner (1982), a essa fase deverá seguir-se a aplicação das novas ideias em diferentes contextos e a tomada de consciência do que foi aprendido.

A resolução de problemas constitui, habitualmente, uma das tarefas emblemáticas do ensino da genética, através das quais se tenta que os alunos aprendam noções de âmbito conceptual relativamente complexo.

A investigação tem, no entanto, mostrado que a aprendizagem a partir destas actividades está condicionada por diversos factores (Ayuso et al., 1996): dificuldades de natureza conceptual; outras relacionadas com o nível de desenvolvimento cognitivo dos alunos; outras, ainda, ligadas ao próprio objectivo dos problemas ou com as estratégias intelectuais que os alunos têm de pôr em prática na sua resolução.

Será, então, necessário explicitar os objectivos científicos e didácticos que se

pretendem atingir com a sua realização e decidir, reflectidamente, o objectivo e o momento em que se vão desenvolver esses problemas.

Estas actividades são, muitas vezes, resolvidas mediante a aplicação mecânica de algoritmos, usando mecanismos aprendidos de memória ao longo da sua aplicação reiterada em situações similares. Este tipo de exercícios, usados de forma única e repetida, instiga à manipulação imediata e rotineira dos dados das tarefas propostas, impedindo que os alunos reflectam e dêem sentido aos conceitos e às estratégias implicadas na sua resolução. A ênfase deve ser posta, pelo contrário, no processo de resolução e não no produto ou na obtenção da resposta certa e os alunos encorajados a pensar em voz alta, ou seja, a descrever o quê e o porquê das suas opções (Smith, 1988).

Numa fase inicial, será importante que os alunos aprendam as destrezas algorítmicas, o que se pode conseguir com os problemas que se colocam habitualmente nas aulas com uma orientação causa-efeito (dos genótipos dos progenitores aos fenótipos e genótipos dos descendentes). Esta circunstância facilita que, posteriormente, se possam abordar situações problemáticas mais complexas, abertas, sem solução única, que favoreçam o desenvolvimento do raciocínio científico. Neste sentido, os problemas colocados sob a orientação efeito-causa (dos fenótipos observáveis às suas causas: genótipos, modelo de hereditariedade) são importantes para esse fim.

Os problemas podem ter diferentes finalidades: como consolidação e aplicação do que os estudantes aprenderam; como incentivo à motivação no início de uma aula (quando interessam aos alunos – se se referem a genética humana, por exemplo), como ponto de partida; como estímulo e incentivo à construção de conhecimentos; como ocasião para desenvolver competências cognitivas e metacognitivas de nível elevado.

Para que os alunos possam resolver problemas de forma significativa, como já foi relevado, é necessário ajudá-los a relacionar os diferentes conceitos e a não perder de vista as entidades subjacentes aos símbolos. Assim, procurámos, sempre que possível, substituir os símbolos que se utilizam habitualmente para representar os genes (letras maiúsculas ou minúsculas) por modelos que situavam os genes nos cromossomas, para que os alunos pudessem compreender melhor as relações cromossomas-genes-alelos.

Analisar detalhadamente a natureza dos problemas que se propõem aos alunos constituiu uma preocupação permanente e, nesse sentido, procurámos utilizar diferentes tipos de problemas, consoante o objectivo que se pretendia atingir nas diferentes etapas. Utilizámos, conseqüentemente, problemas mais fechados e de aplicação algorítmica, numa fase inicial, e problemas mais abertos e mais próximos de verdadeiras situações problemáticas, numa fase posterior.

Mostra-se, no Quadro 1, a representação esquemática da sequência didáctica prévia, a qual pretendíamos que orientasse a prática lectiva desta unidade. De ressaltar, no entanto, que a sequência efectiva se viria a afastar do plano inicial, por diferentes tipos de razões, mas sobretudo devido a varáveis de contexto (inerentes à aproximação ao estudo de caso) e à própria natureza flexível e dinâmica do modelo inspirador do estudo: a investigação-acção.

Essas alterações reflectiram-se sobretudo nas primeiras e nas últimas aulas: nas primeiras, porque foi a própria professora da turma a dar início à unidade, por uma questão de fazer a transição e porque só ela possuía a noção exacta dos conceitos que os alunos já dominavam e os que eram completamente novos para eles; as últimas, porque o ano lectivo chegou ao fim sem que tivéssemos tido tempo para trabalhar com os alunos *mutações* e *genética aplicada*. De resto, apesar de termos disposto de todo o 3º período lectivo para leccionar a unidade, o tempo foi o nosso principal factor limitante. Necessitaríamos de mais tempo para poder trabalhar os problemas mais em profundidade e, sobretudo, para poder individualizar mais o ensino.

Quadro 1
Representação esquemática da sequência didáctica

<i>Conteúdos conceptuais</i>	<i>Fases e finalidades</i>	<i>Actividades</i>
<p><i>Características dos organismos e hereditariedade</i></p> <p>1) Os seres vivos e a reprodução sexuada. 2) Hereditariedade e diversidade dos seres vivos. 3) Diversidade das pessoas: diversidade dos alunos da turma.</p>	<p><i>Orientação:</i></p> <p>Incentivos à motivação e inserção dos alunos no tema. Explicitação de ideias.</p>	<p>1) Utilização da ideia de diversidade dos seres vivos como ponto de partida para o estudo da hereditariedade e como vínculo entre genética e evolução. 2) Discussão do mapa de conceitos.</p>
<p><i>Perspectiva histórica da hereditariedade</i></p> <p>As experiências de Mendel.</p>	<p><i>Desenvolvimento:</i></p> <p>Ter em conta o contexto histórico, social e científico que acompanha a construção da ciência.</p>	<p>Realização de fichas de trabalho construídas com base na sequência histórica das descobertas sobre hereditariedade.</p>
<p><i>Células, cromossomas, genes e hereditariedade</i></p> <p>1) Transmissão de informação genética entre células. 2) Teoria cromossómica da hereditariedade. 3) O genoma humano: cromossomas, genes e alelos. 4) Homozigotia e heterozigotia. 5) Árvores genealógicas.</p>	<p>Construção do conhecimento científico: ampliação, modificação ou substituição dos conhecimentos iniciais.</p>	<p>Actividades em pequenos grupos. Realização de fichas de trabalho. Resolução de problemas envolvendo a compreensão dos conceitos, usando problemas de orientação causa-efeito e de orientação efeito-causa.</p>
<p><i>Reprodução sexuada e mutações</i></p> <p>1) Diversidade intraespecífica, mutações e reprodução sexuada. 2) Meio ambiente, hereditariedade e diversidade.</p>		<p>Realização de fichas de controlo das aprendizagens.</p>
<p><i>A clonagem dos seres vivos</i></p> <p><i>Organismos transgénicos</i></p> <p><i>Diagnóstico pré-natal</i></p>	<p><i>Aplicação das ideias</i></p>	<p>Resolução de problemas envolvendo a compreensão dos conceitos. Actividades de discussão dos temas. Actividade de <i>Role-play</i>²⁰</p>
	<p><i>Avaliação das aprendizagens:</i></p>	<p>Resolução de problemas envolvendo a compreensão dos conceitos. Comparação das novas ideias com os seus conhecimentos iniciais.</p>

²⁰ Como exemplo, a adaptação do exercício sugerido por Garvin e Stefani (1993), no artigo *Genethics –genetic disorder and diagnosis: A role-play exercise*.

O objectivo da primeira etapa – *orientação* – era o de enquadrar os alunos no tópico a ser estudado e levá-los a compreender a sua importância na explicação de fenómenos da vida quotidiana, particularmente os que dizem respeito ao seu próprio organismo.

Algumas das questões iniciais a serem colocadas como introdução ao tópico e que implicavam conceitos a serem aprendidos nesta unidade, seriam:

1. O que estará na base da diversidade dos seres vivos? Porque são tão diversos os seres vivos existentes no planeta?
2. E dentro da mesma espécie? O que provocará a variabilidade intraespecífica (atentar nas semelhanças e diferenças entre os membros da turma)?
3. Porque existem traços de fisionomia semelhantes entre os membros da mesma família?

Os resultados desta discussão seriam acompanhados com a construção de um mapa de conceitos idêntico ao que se mostra na Figura 5. Os mapas de conceitos, representando relações entre conceitos sob a forma de proposições (Novak e Gowin, 1999), são úteis em termos de aprendizagem e sob o ponto de vista da metacognição, pois podem ajudar os alunos a ter consciência dos seus processos de aprendizagem e a valorizar as relações entre conceitos aparentemente desligados (Campanario, 2000).

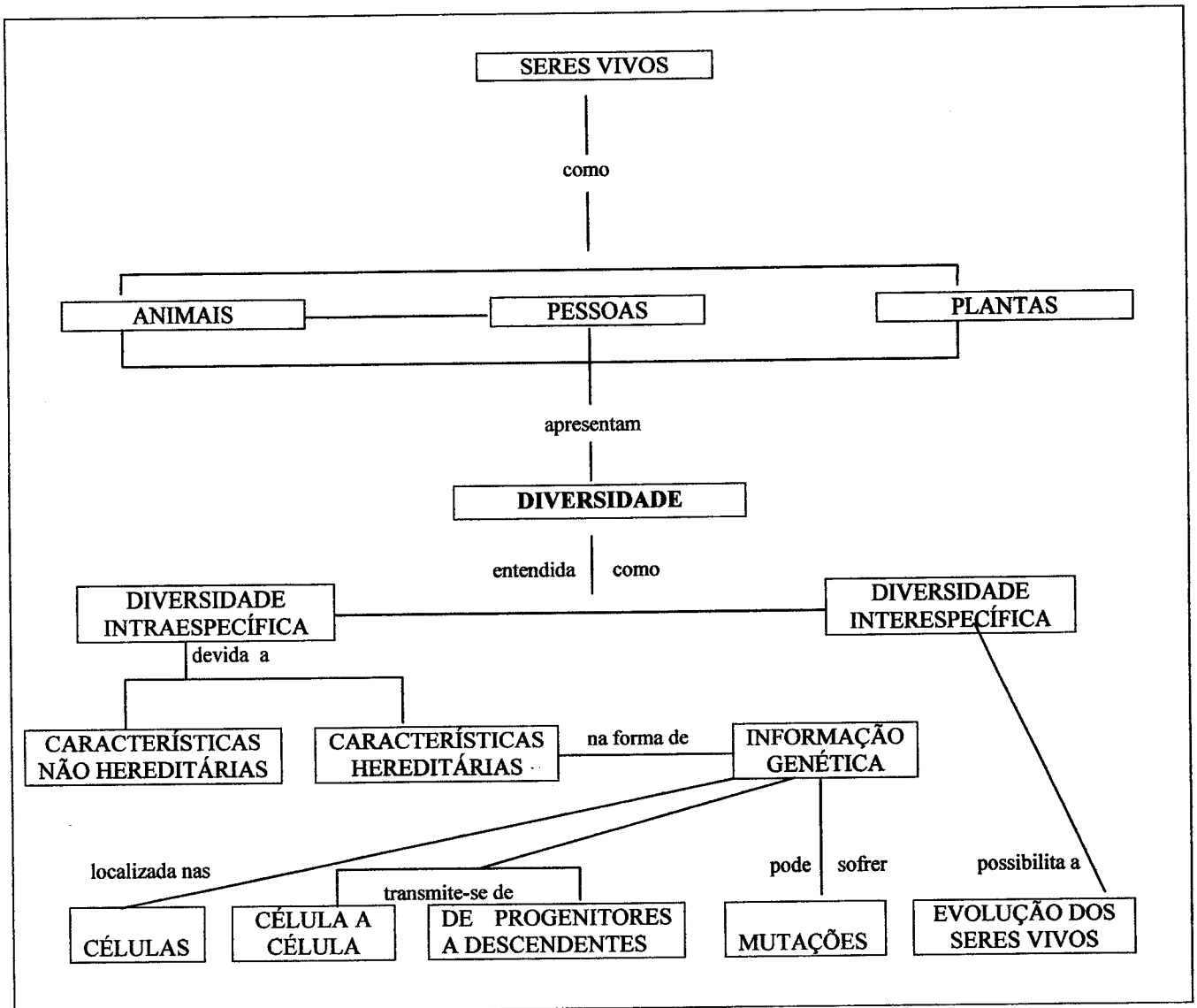


Figura 5 – Mapa de conceitos relativo ao desenvolvimento dos conteúdos conceptuais relacionados com a hereditariedade (Adaptado de Ayuso e Banet, 2002).

O objectivo desta rede conceptual era o de levar os alunos a estabelecer as relações entre os conceitos a serem construídos e os já existentes na sua estrutura cognitiva.

De seguida, os alunos seriam introduzidos numa actividade de discussão em que se debateriam ideias consideradas pré-requisitos para a compreensão da hereditariedade (mitose, meiose, células somáticas, gâmetas, crescimento

reprodução, cromossoma, gene), no sentido de verificar se possuíam suficientemente clarificados os conceitos pré-requisitos.

A fase de *desenvolvimento*, destinada a trabalhar os diferentes conceitos considerados pré-requisitos a esta unidade e os conceitos novos, incluía uma tarefa em que os alunos foram confrontados com o contexto histórico, social e científico em que ocorreram os primeiros estudos de Mendel, na forma de uma ficha de trabalho (Anexo 1). O tipo de abordagem histórica tem por objectivo contribuir para a compreensão da natureza da ciência e, neste caso, para além disso, permitir que os alunos, ao seguirem o processo de pensamento de Mendel, pudessem compreender melhor a simbologia e a terminologia utilizadas nesta área (Caballero et al., 2001).

Posteriormente, procedeu-se ao desenvolvimento dos conceitos específicos da genética, sendo seguidos de resolução de problemas correspondentes a cada tópico, de início problemas do tipo causa-efeito (problemas fechados) e, posteriormente, problemas mais abertos (problemas efeito-causa) (Anexo 1).

Para se testarem as ideias novas que os alunos iam construindo, recorreu-se também à resolução de problemas que envolviam a compreensão dos vários conceitos de genética. Nestas tarefas, os alunos eram encorajados a descrever as suas estratégias de resolução, no sentido de serem levados a pensar sobre o seu próprio pensar. Esta estratégia metacognitiva foi utilizada nos vários problemas que serviram para testar a compreensão dos alunos e pretendeu levá-los à superação das suas dificuldades (Anexo 1).

A última fase – *aplicação das ideias* – pretendia reforçar as novas ideias em contextos familiares e novos, com discussão de temas de incidência social, tendo a genética por pano de fundo. Os temas previstos eram a clonagem dos seres vivos, os organismos transgénicos e o diagnóstico pré-natal. Ao colocar os alunos perante problemas diferentes e com contornos distintos, mais do que levá-los a aplicar, pretendia-se prepará-los para transferirem as suas aprendizagens, explicitando os conceitos usados através de um processo metacognitivo de pensamento (Georghiadis, 2000).

Apesar deste estudo não ter sido delineado com o objectivo único de provocar mudança conceptual nos alunos, o que é facto é que algumas

mudanças se poderiam esperar com a utilização da sequência didáctica prevista, em termos da fase inicial e final da unidade.

O objectivo principal do estudo foi, contudo, reagir a cada situação, resolvendo problemas, e compreender a génese dos principais obstáculos a uma aprendizagem efectiva, apontando caminhos de solução.

4. Procedimentos Investigativos Empíricos

As opções relativamente à recolha e à análise dos dados procuraram integrar os pressupostos metodológicos de partida e tirar partido das abordagens orientadoras desta pesquisa: o estudo de caso e a investigação-acção. A diversidade de métodos, de técnicas e instrumentos de pesquisa foi aqui uma consequência dessas opções iniciais e permitiu vários ângulos de abordagem.

4.1. Recolha de Dados

A recolha de dados foi realizada através de vários tipos de métodos e técnicas, com vista à obtenção de informação, tanto a nível do conteúdo conceptual como processual ou atitudinal. Assim, na primeira fase, fez-se a recolha de dados através de entrevistas semi-estruturadas a professores e a alunos do 11º ano e, na segunda fase, utilizando questionários, análise dos documentos produzidos pelos alunos nas aulas, dados de observação e, mais uma vez, entrevistas semi-estruturadas aos alunos que constituíam a unidade de análise e à professora da turma.

Esta etapa do estudo, baseada na utilização deliberada de métodos distintos, correspondeu a um dos critérios que permitem validar os resultados obtidos. No dizer de autores como Patton (1990), todos os métodos apresentam pontos fortes e pontos fracos; os métodos quantitativos e qualitativos não devem, por outro lado, ser encarados como opções de investigação mutuamente exclusivas, podendo ser recolhidos, no mesmo estudo, dados de ambas as características. A utilização de fontes múltiplas de recolha de dados é preconizada por diversos investigadores (Lincoln e Guba, 1985; Stake, 1999; Yin, 1984) de modo a aumentar também a confiança nos resultados.

Instrumentos de Recolha de Dados

Os instrumentos utilizados foram construídos ou adaptados a partir da consulta de literatura específica e da análise de outros instrumentos similares.

No sentido de lhes assegurar validade de conteúdo, foram sujeitos a uma avaliação por um painel de juizes, envolvendo professores doutorados em ciências da educação e professores de Ciências da Terra e da Vida do 11º ano, cujas sugestões e rectificações foram devidamente tidas em conta na melhoria dos mesmos.

Os diferentes instrumentos foram, para além disso, previamente ensaiados com grupos de alunos, no sentido de atestar a compreensão das tarefas pedidas, assim como a adequação da linguagem utilizada.

Uma vez inseridos os ajustamentos considerados pertinentes, elaboraram-se as versões finais dos instrumentos utilizados para a recolha de dados no presente estudo.

Fichas de diagnóstico. Na fase de intervenção foi necessário obter informação tanto ao nível de conteúdo conceptual como atitudinal ou processual, não só como indicadores do tipo de grupo em estudo, mas também como forma de detecção de possíveis mudanças na compreensão dos alunos.

Por se tornar muito moroso e funcionalmente difícil entrevistar todos os alunos da turma, a opção foi a elaboração de inquéritos por questionário, com duas versões não coincidentes, que foram designadas por *Ficha de diagnóstico inicial* e *Ficha de diagnóstico final* (Anexo 2), aplicadas imediatamente antes da abordagem da unidade investigada, a primeira, e logo após o seu termo, a segunda.

Na *Ficha de Diagnóstico Inicial* (FDI), as três primeiras perguntas destinavam-se a recolher um mínimo de informação sobre a atitude dos alunos para com a disciplina e o tópico Hereditariedade, sendo as restantes seis destinadas ao diagnóstico de eventuais dificuldades com os conceitos considerados pré-requisitos à compreensão da genética.

Pergunta 1. Esta questão, tendo por base uma escala de Likert de sete pontos, visava levar os alunos a manifestar a sua opinião sobre a disciplina até ao momento de começar a intervenção. Optou-se por um

número ímpar de pontos pois tornar-se-ia, assim, mais clara a posição dos alunos relativamente a uma zona claramente favorável ou desfavorável para com o objecto em apreciação.

Pergunta 2. Pergunta directa em que o aluno assinalava o tópico de que mais tinha gostado e o que menos tinha gostado até à unidade alvo da investigação.

Pergunta 3. Pretendia registar a expectativa que o aluno teria criado em relação ao tópico Hereditariedade, antes de iniciar o seu estudo. Para os alunos que repetiam a disciplina, obter-se-ia indicação se haviam desenvolvido uma atitude positiva ou negativa face ao tema. Para este efeito, foi também construída uma escala de Likert semelhante à da pergunta 1.

Pergunta 4. Inquiria o aluno sobre o objecto de estudo da hereditariedade, podendo dar indicações de possíveis concepções alternativas ou incorrecções relativamente ao que pensavam que se estuda neste tópico programático.

Perguntas 5, 6 e 7. Estas questões, adaptadas do artigo *All in the genes? - young people's understanding of the nature of genes* de Lewis et al. (2000a), pretendiam fornecer dados sobre a compreensão dos conceitos de gene, cromossoma e ADN. Estes conceitos, já aflorados em unidades anteriores, constituem noções basilares para a compreensão da genética, daí a importância de serem avaliados. A natureza destas questões teve em vista a avaliação da compreensão dos conceitos e não o mero debitar de factos memorizados. Assim, os esquemas de codificação basearam-se nas respostas livremente elaboradas pelos alunos, categorizando-se todas as respostas, de maneira a que o esquema de codificação final representasse os tipos de raciocínio evidenciados por eles. As perguntas de resposta curta foram codificadas de acordo com cada opção apontada, tendo, além disso, sido calculada a frequência com que cada alternativa foi escolhida pelos alunos.

Perguntas 8 e 9. Estas perguntas, adaptadas do artigo *Chromosomes: the missing link – young people’s understanding of mitosis, meiosis, and fertilisation* de Lewis et al. (2000c), tinham por objectivo avaliar a compreensão dos alunos relativamente aos processos, propósitos e produtos da divisão celular, sendo a questão 8 relativa à mitose e a 9 à meiose. Em ambas as perguntas os alunos tinham de se referir aos seguintes aspectos: a) comparar o número de cromossomas e a informação genética na célula original e nas novas células; b) identificar o local onde este tipo de divisão tem lugar no organismo. No sentido de evidenciar a compreensão dos alunos, foi usada, mais uma vez, uma mistura de formatos de resposta, curta e aberta. A frequência de respostas para cada opção foi representada em conjunto com os tipos de raciocínio usados para justificar cada opção, tendo sido também representada a frequência de cada tipo de justificação apresentada.

Na *Ficha de Diagnóstico Final* (FDF), mantiveram-se as três primeiras perguntas, destinadas à área das atitudes, embora ajustadas, logicamente, à fase pós-intervenção. As restantes foram reduzidas, sendo avaliados apenas os conceitos a que se deu tratamento intencional ao longo da leccionação na escola.

As perguntas 4 e 5 mantiveram a avaliação da compreensão, por parte dos alunos, dos conceitos de gene e cromossoma, trabalhados durante a unidade. A pergunta 6, finalmente, avalia a compreensão dos alunos relativamente à meiose, processo estudado ao longo da unidade.

Teste de Pensamento Lógico (TPL). A aplicação do teste de pensamento lógico resultou da necessidade sentida de se obter informação sobre essa vertente do funcionamento intelectual dos alunos. Embora não correspondendo ao pensamento na sua globalidade, o pensamento lógico tem sido referido na literatura como um dos factores que interfere na aprendizagem e na resolução de problemas em ciências e as suas medidas apresentam frequentemente correlações positivas com as medidas de sucesso dos alunos naquelas actividades. Pareceu, por isso, aliciante estudar a sua relação com os resultados obtidos nos testes de avaliação de conhecimentos dos alunos, em particular aquele que incidiu especialmente sobre a resolução de problemas de genética.

Apesar de ser apenas um dos diferentes componentes do funcionamento intelectual humano, como o atesta Gardner (1985), na sua teoria das múltiplas inteligências, o pensamento lógico poderia constituir um bom preditor no caso concreto do desempenho em genética, já que muitos dos seus conteúdos mobilizam, à partida, esquemas operatórios desta índole. Daí a decisão de comparar as correlações entre o TPL e os diferentes testes realizados anteriormente e também o teste sobre hereditariedade. Este implicaria, à partida, pela natureza do próprio tema, maior competência nos esquemas do pensamento lógico, em contraste com os anteriores.

O instrumento utilizado (Anexo 3), adaptado a partir de Neto (1998), procurou ter em conta diferentes esquemas operatórios, no sentido proposto por Piaget, e, de entre esses, os mais utilizados na resolução dos problemas em genética: raciocínio probabilístico e raciocínio combinatório.

O instrumento apresenta, em concreto, seis questões, abrangendo os esquemas operatórios referidos e cuja correspondência se apresenta no Quadro 2.

Quadro 2

Esquemas operatórios presentes no Teste de Pensamento Lógico

<i>OPERAÇÕES</i>	<i>QUESTÕES</i>
Raciocínio probabilístico	1, 2, 3 e 4
Raciocínio combinatório	5 e 6

Nas primeiras quatro perguntas, os alunos assinalavam a opção que consideravam dar resposta à pergunta, indicando, de seguida, a justificação para eles mais satisfatória. Nas duas últimas, os respondentes tinham de apresentar as combinações pretendidas, de acordo com as instruções de cada pergunta. Os critérios de classificação seguidos na análise das respostas a estas e às primeiras perguntas foram os que se apresentam no Quadro 3, retirados de Neto (1998).

Quadro 3

Chave de classificação utilizada no Teste de Pensamento Lógico

<i>CRITÉRIO</i>	<i>PONTUAÇÃO</i>
Questões 5 e 6	
• Número máximo de combinações e estratégia sistemática	3
• Número máximo de combinações e estratégia aleatória	2
• Mais de 2/3 de combinações e estratégia sistemática	2
• De 1/3 a 2/3 de combinações e estratégia sistemática	2
• De 1/3 a 2/3 de combinações e estratégia aleatória	1
• Outros casos	0
Restantes Questões	
• Resposta certa e justificação correcta	3
• Resposta certa e justificação incorrecta	1
• Outros casos	0

As perguntas utilizadas correspondem a tarefas inúmeras vezes referenciadas na literatura da especialidade e reflectem operações propostas por Piaget, o que julgamos contribuir para a validade de conteúdo do teste. Nem todas as operações, no entanto, foram avaliadas, já que o objectivo deste instrumento não era tanto ter indicação se estes alunos se encontravam no estágio operatório formal, mas saber se dominavam as operações formais mais ligadas aos problemas que teriam de resolver ao longo da unidade de ensino-aprendizagem em estudo.

Questionário de Atitude para com a Hereditariedade. Este instrumento foi construído tendo por referência a técnica do diferencial semântico, a qual constitui um tipo de escala originariamente desenvolvida por Osgood e seus colaboradores (1975), no domínio da psicologia e tendo em conta a sua análise da multidimensionalidade do significado (Osgood, 1973). Partindo da diferenciação do significado de cada conceito específico, a técnica implicava, na fase inicial, a medição do conceito num espaço semântico tridimensional: avaliação (por exemplo: bom-mau), potência (por exemplo: forte-fraco) e actividade (por exemplo: rápido-lento) (Hopkins et al., 1990).

Hoje em dia, esta técnica afastou-se um pouco desta versão clássica e é aplicada correntemente em investigação educacional, nomeadamente no estudo das atitudes, e pretende definir operacionalmente o significado que um determinado conceito ou procedimento tem para um indivíduo particular. Essas operações implicam que o sujeito se posicione dentro de um sistema padrão de escalas descritivas por meio de uma série de juízos associativos independentes. Sendo-lhe apresentado um par de termos bipolares descritivos e um conceito, o sujeito indica o sentido da sua associação e a sua intensidade, pela posição do seu ponto de indicação numa escala gráfica.

A principal preocupação é, assim, a de estabelecer a pontuação global de cada aluno em relação ao conceito em análise e as escalas são usadas pela sua relevância intrínseca para o conceito em questão, quer traduzam medidas puras ou não de uma dada dimensão (Hopkins et al., 1990). O instrumento utilizado neste estudo foi construído com base nesta lógica, afastando-se da abordagem ortodoxa tridimensional e por análise das pontuações globais.

Esta técnica tem sido utilizada em diversos estudos e vários autores salientam a fidelidade das suas medidas (por exemplo: Hopkins et al., 1990), embora reconhecendo algumas das suas limitações, como sejam a ambiguidade de interpretação que pode promover e alguma falta de flexibilidade; a sua validade empírica foi, no entanto, atestada em estudos desenvolvidos por Messick (citado em Neto, 1998).

O questionário aplicado neste estudo (Anexo 4) teve como base estes pressupostos e acabou por ficar constituído por 19 escalas bipolarizadas, de adjectivos semanticamente opostos, com 7 intervalos por escala. A pontuação de cada aluno correspondeu ao somatório das pontuações obtidas em cada um dos itens, classificados de 1 a 7, correspondendo o 1 ao pólo negativo extremo e o 7 ao polo positivo oposto. Esse valor global permitiu obter alguma indicação relativamente à atitude global dos alunos para com a unidade.

As entrevistas. Os procedimentos de recolha de dados mais utilizados nas investigações de pendor qualitativo são, porventura, as entrevistas, as quais podem constituir a opção exclusiva nessa recolha ou podem ser combinadas com outras técnicas (Bogdan e Biklen, 1994), como foi o nosso caso.

A entrevista de investigação é definida, por Cohen e Manion (1986), como um diálogo entre duas pessoas, iniciado pelo entrevistador com o objectivo específico de obter informação relevante para a pesquisa em causa, focando especificamente conteúdos relativos a objectivos de descrição sistemática, previsão ou explicação. A entrevista é, assim, usada para recolher dados descritivos na linguagem do próprio sujeito, o que permite, de algum modo, tentar captar a sua perspectiva sobre o fenómeno em estudo.

Entrevistam-se as pessoas, no dizer de Patton (1990), para procurar o que não podemos obter por observação directa, sejam sentimentos, pensamentos ou intenções. O seu uso em exclusivo pode, no entanto, acarretar algumas limitações pois não é tarefa fácil para o investigador criar as condições ideais para que o entrevistado exponha, de modo sincero e aberto, as suas opiniões e preocupações. Na verdade, o mesmo autor sublinha a dependência entre a qualidade da informação obtida durante uma entrevista e as características pessoais do entrevistador. Em suma, é indispensável que o investigador procure criar um clima de confiança, de abertura e de empatia, algo que pode ser facilitado pela presença e interacção continuadas entre investigador e entrevistado e que se procurou que acontecesse nesta pesquisa.

As entrevistas diferem quanto ao seu grau de estruturação ou de formalidade. Podem variar entre *entrevistas estruturadas*, com um conjunto pré-determinado de questões, onde as respostas são registadas segundo um esquema estandardizado, até às *entrevistas não estruturadas*, nas quais o entrevistador apresenta um tema geral e deixa que a conversa se desenvolva livremente à volta do mesmo (Cohen e Manion, 1986; Robson, 1998). Entre estes dois pólos situam-se as *entrevistas semi-estruturadas*, nas quais o entrevistador apresenta um conjunto de questões estabelecidas mas é livre de modificar a sua ordem, baseado na percepção em relação ao que lhe parece mais apropriado no contexto da conversa; pode, em concreto, usar outros termos, dar explicações, deixar de lado algumas perguntas que se venham a revelar inapropriadas para alguns entrevistados ou acrescentar outras (Robson, 1998).

Foi com base nesta última modalidade que planeámos o nosso conjunto de entrevistas, tanto na primeira fase como na última, com alunos ou com

professores. De ressaltar, no entanto, que as perguntas das entrevistas aos alunos mais relacionadas com os conteúdos conceptuais se revestiram de um carácter mais rígido; visto tratar-se de uma forma de avaliar as aprendizagens dos mesmos, foram construídas mais com uma lógica de questionário do que de entrevista, embora mantendo a possibilidade de aprofundamento de algumas das questões. Pode afirmar-se que o grau de estruturação acabou por variar consoante os objectivos de cada entrevista e de cada pergunta, e, também, consoante a fase do estudo, como, aliás, sugerem Bogdan e Biklen (1994).

O tipo de entrevista semi-estruturado é por natureza flexível, ideal para investigações educacionais, pois concede liberdade ao entrevistado de interagir com o investigador e exprimir livremente as suas ideias e, por outro lado, implica uma estruturação mínima – elaborada a partir de um quadro teórico orientador, como era o nosso caso – materializada num *guião*, fio condutor de todo o diálogo (Anexos 5 e 6).

As entrevistas, audio-gravadas, foram por nós transcritas à medida que foram sendo realizadas e com o menor tempo de permissão que nos foi possível, no sentido de minimizar as distorções presentes em qualquer processo de transcrição. Delas se obtiveram, desse modo, protocolos verbais, de que se apresentam nos Anexos 7 e 8 alguns exemplares representativos.

Documentos escritos. Neste estudo, os documentos escritos que constituíram fontes de dados corresponderam às respostas elaboradas pelos alunos na prova de avaliação de conhecimentos, fichas de controlo e fichas de trabalho.

A análise dessas respostas puderam ser analisadas com vista à detecção de falhas de conhecimento factual, de dificuldades de compreensão conceptual ou detecção de concepções alternativas. No que diz respeito às fichas realizadas ao longo das aulas, a sua análise teve como objectivo a avaliação formativa, com vista à regulação da acção pedagógica e das aprendizagens (de forma tão individualizada quanto possível) (Perrenoud, 1993). Os testes de avaliação (elaborados pela professora titular da turma), forneceram informação sobre o rendimento global da turma e individual dos alunos,

servindo as respectivas classificações como indicadores possíveis para comparação do sucesso por eles alcançado nas diferentes unidades.

Algumas das respostas dadas pelos alunos foram retomadas nas entrevistas efectuadas na parte final do ano lectivo, com vista a melhor compreender as razões de ser de algumas das dificuldades detectadas. Na verdade, como salienta Patton (1990), os documentos escritos pessoais podem servir um duplo propósito: corresponder a uma fonte primordial de informação ou sugerir questões a desvendar posteriormente, através de observações directas ou entrevistas.

4.2. Análise de Dados

O estudo desenvolvido possibilitou a recolha de um *corpus* de dados substantivo, que foi necessário analisar. Esses dados foram recolhidos quer na fase anterior à intervenção, a qual preparou o trabalho no terreno, quer durante o próprio desenvolvimento da intervenção na sala de aula, quer, ainda, após a sua conclusão.

As fontes a partir das quais foi construído o *corpus* de dados em apreço podem ser assim sistematizadas:

1. Um total de 12 entrevistas semi-estruturadas a alunos que haviam já estudado genética na escola.
2. Entrevistas a 10 professores com experiência de leccionação no 11º ano de CTV.
3. Respostas dos alunos da turma em estudo aos instrumentos *Ficha de diagnóstico inicial* e *Teste de pensamento lógico* (como indicação do estado de partida).
4. Respostas dos mesmos alunos aos questionários *Ficha de diagnóstico final* e *Questionário de atitude sobre a unidade Hereditariedade* (mais relacionados com o estado de chegada).
5. Um conjunto de entrevistas semi-estruturadas, realizadas no final da unidade em estudo a 12 daqueles alunos, de acordo com um critério em que se escolheram os alunos melhor e pior classificados no teste de avaliação de conhecimentos realizado no final da intervenção.

6. Entrevista à professora da turma, a qual participou na leccionação da unidade e acompanhou todo o processo na sala de aula.

A partir destas fontes, e do teste de avaliação realizado pelos alunos, obteve-se um conjunto elevado de respostas, de natureza diversa mas com uma forte dominância qualitativa, orientação que marcou a essência da nossa pesquisa.

O grupo de alunos constituiu, como já foi dito, uma unidade de análise, cuja abordagem se equiparou a um estudo de caso. Esta estratégia implica, de acordo com Robson (1998), uma análise mais idiográfica que nomotética, o que não obriga a uma recolha de dados exclusivamente qualitativos. De acordo com este autor, uma das principais características que definem um estudo de caso é, precisamente, o uso de métodos múltiplos de recolha de dados.

No âmbito da investigação-acção, de igual modo, tanto os métodos qualitativos como os quantitativos podem ser utilizados (Bogdan e Biklen, 1994). De qualquer modo, os dados de natureza quantitativa assumiram, neste estudo, um papel complementar, constituindo indicações pontuais sobre algumas competências cognitivas dos alunos. Outras considerações sobre estes dados serão apresentadas mais adiante.

Miles e Huberman (1984) designam por *análise qualitativa de dados* o processo formado por três etapas complementares, exercidas sobre os dados obtidos no terreno: “*condensação dos dados, apresentação dos dados e elaboração/verificação das conclusões*” (p. 21).

A *condensação* consiste no processo de selecção, convergência, simplificação, abstracção e transformação dos dados “brutos” recolhidos durante o trabalho de campo.

A *apresentação* está associada ao conjunto organizado de informação que permite o desenho de conclusões ou a tomada de decisões quanto ao modo de agir. Essa organização dos dados – gráfica, tabular ou matricial – tem como objectivo reunir a informação organizada, de modo acessível e compacto.

As *conclusões*, que podem ter início assim que se inicia a recolha dos dados, vão-se tornando mais explícitas e sólidas à medida que se chega ao fim da análise de todos os dados. Através da revisão e reflexão sobre os dados, o analista vai-lhes dando sentido e consistência, à medida que a análise prossegue e se vão encontrando explicações, regularidades e significados (Miles e Huberman, 1984).

A fase de *condensação dos dados* ocorre, então, ao longo de todo o processo de análise e implica tomadas de decisão relativamente a que dados categorizar, que critérios seguir na codificação dos mesmos e, inclusivamente, que dados excluir. É, portanto, um processo construtivo permanente.

No nosso caso, iniciámos a fase de condensação dos dados por uma *análise de conteúdo* (Bardin, 1977) do conjunto das respostas, tendo em vista a sua categorização. Este processo implica a procura de regularidades e padrões ou tópicos presentes nos dados e a criação de palavras ou frases que representem esses mesmos tópicos e padrões – *categorias de codificação* (Bogdan e Biklen, 1994). Essas categorias foram criadas obedecendo a critérios diversos, que variaram consoante o tipo de pergunta, de natureza bastante heterogénea, como já foi referido.

De facto, as entrevistas iniciais feitas a alunos incluíram, por exemplo, perguntas com categorias criadas à partida, como é o caso da pergunta nº 3 (Anexo 5), em que os alunos tinham que classificar o grau de dificuldade nos tópicos de biologia em *fácil*, *médio* ou *difícil*, a perguntas, como a nº 5, em que os alunos tinham de manifestar a sua opinião sobre a actividade de resolução de problemas nas aulas de biologia, de resposta muito mais aberta. Outras, ainda, procuravam evidenciar, através de categorias definidas *a posteriori*, os traços gerais das concepções dos alunos e, na fase pós-intervenção, a sua possível evolução, associada à intervenção na sala de aula. As opções foram, deste modo, tomadas em função das características de cada pergunta e dos seus objectivos.

Após a fase de condensação, a operação de *apresentação dos dados* foi condicionada pela mesma diferença na natureza das perguntas, pela diferença no conteúdo das respostas e pelo número de respondentes em cada um dos conjuntos de entrevistas e nos questionários. Os dados condensados são

apresentados de diferentes modos: através de tabelas numéricas; numéricas e percentuais nos casos em que se torna relevante e melhora a leitura dos resultados obtidos; e por representações gráficas, que acrescentaram legibilidade aos estados e às evoluções em algumas das categorias.

Optámos ainda por apresentar de forma descritiva, ou seja, prescindindo de uma representação gráfica, a exploração das respostas em que as categorias encontradas acabavam por ter pouca expressão ou eram muito dispersas, acabando por não ser representativas do conjunto, apesar do seu valor intrínseco e contextual.

Não obstante ter-se trabalhado apenas com uma turma a nível da escola, considerou-se pertinente estabelecer algumas comparações entre o estado inicial e final dos alunos, procurando possíveis indicadores de mudança. Foi o que aconteceu com as fichas de diagnóstico inicial e final, quanto à opinião dos alunos sobre a disciplina em causa e sobre o tópico da Hereditariedade, em particular.

Também se estabeleceram algumas pontes entre as entrevistas realizadas aos 21 alunos, na 1ª fase do estudo, e as que foram efectuadas a 12 dos alunos que participaram directamente na intervenção na sala de aula. Sendo outros os alunos, essas pontes serviram apenas como indicativo da existência ou não de algumas tendências nesses dois grupos, não sendo nossa intenção obter algum tipo de generalização ou de prova.

Para aprofundar ou facilitar a *extracção das conclusões*, foi sempre possível voltar à leitura das entrevistas ou das respostas integrais dos alunos aos questionários ou aos testes de avaliação, às fichas de trabalho por eles realizadas e às notas e observações recolhidas ao longo das aulas. Recorrendo a informação proveniente de fontes diversas, procurou-se a triangulação dos dados, numa preocupação de aumentar a fidelidade e a validade da investigação. Tal como afirma Stake (1999), “com enfoques múltiplos dentro de um único estudo, é provável que clarifiquemos ou que anulemos algumas influências externas”.

As diferentes fases do processo de transformação dos dados qualitativos também foram caracterizadas por outros autores. Wolcott (1994), por

exemplo, prefere reservar o termo “análise” para uma das três categorias que ele considera essenciais no tratamento desse tipo de dados: *descrição*, *análise* e *interpretação*.

Na fase de *descrição*, o investigador não se afasta muito dos dados tal como foram registados, deixando-os “falar por si mesmos” (p. 10) e recorrendo à transcrição das palavras dos próprios participantes.

Na fase de *análise*, equivalente à fase de apresentação e organização dos dados proposta de Miles e Huberman, os dados são expandidos e ampliados através de uma análise cuidadosa e sistemática, de modo a levar à identificação de factores-chave e de relações entre os dados.

A fase das conclusões constitui para Wolcott a fase de *interpretação*, onde se pretende dar sentido às situações procurando a compreensão, para além dos limites do que pode ser explicado através da análise.

Estas fases não são, no dizer do autor, nem mutuamente exclusivas nem facilmente demarcáveis, podendo colocar-se a ênfase mais numa ou noutra das categorias, em função dos objectivos e da natureza do estudo.

Podemos dizer que a primeira categoria proposta por Wolcott – *descrição* – caracteriza a nossa opção no tratamento dado à entrevista da professora da turma. De facto, recorreu-se à transcrição de vários excertos do seu discurso, por termos sentido que “falavam por si”, sendo importante revelar o testemunho de quem acompanhou cada instante do nosso trabalho no terreno.

Nas entrevistas pré-intervenção, podemos dizer que a ênfase foi posta na *análise* e nas entrevistas pós-intervenção, na *interpretação*, acabando estas por ter maior destaque, devido à presença continuada e interactiva da investigadora na sala de aula, o que aumentou a possibilidade de ir para além dos limites da análise.

Qualquer tipo de investigação, no dizer de Lincoln e Guba (1985), é influenciado por diferentes ordens de factores: as escolhas feitas pelo investigador quanto ao problema a investigar; o enquadramento conceptual

que guia a recolha, a análise dos dados e a interpretação dos resultados; e, também, os valores inerentes à pesquisa.

A investigação de pendor mais interpretativo, ao utilizar o investigador como instrumento de recolha de dados, requer alguma cautela e reflexão acrescidas. A triangulação ou a combinação de vários procedimentos metodológicos acabam por ser a recomendação mais sugerida na literatura (Patton, 1990) para aumentar a confiança nos resultados. Procurou-se estabelecer essa triangulação através de duas variantes: utilização de várias fontes de recolha de dados e uso de métodos múltiplos para analisar o problema em questão.

Os *dados quantitativos* foram essencialmente obtidos através dos testes de avaliação de conhecimentos, do teste de pensamento lógico (TPL) e da consideração das frequências resultantes da análise de conteúdo das respostas aos questionários e entrevistas, tendo-se recorrido a indicadores estatísticos simples, como a média, a mediana ou o desvio-padrão. Foram ainda comparadas as correlações obtidas entre cada um dos testes de avaliação e o TPL, visando obter indicação sobre o seu grau de associação, com significado estatístico. Para isso, determinou-se o *coeficiente de correlação de Pearson* (r) (D'Hainaut, 1990) entre cada teste de avaliação referido e o TPL, comparando, de cada vez, duas séries de medidas concretas, através do programa informático SPSS (versão 11.5).

Como veremos no próximo capítulo, alguma correlação pareceu existir, confinada, é claro, ao âmbito específico dos grupos estudados.

CAPÍTULO VI

RESULTADOS

De entre todas as variáveis que afectam a aprendizagem, o *tempo* proporcionado é talvez uma das mais importantes, tempo para ouvir, tempo para pensar, tempo para comunicar, tempo para reestruturar a nossa estrutura cognitiva e enquadrar os novos conceitos, tempo para os transformar e tempo para revalidar os nossos novos conceitos. Se (nas aulas de ciências) não há tempo para pensar, como poderá haver aprendizagem que corresponda a uma verdadeira compreensão. (Valente, 1996)

Neste capítulo apresentam-se os resultados obtidos ao longo das diferentes etapas da investigação, segundo a sequência descrita no capítulo anterior. Os resultados e a sua análise subsequente aparecem organizados da seguinte maneira:

- Entrevistas prévias: triangulação com a literatura
 - Entrevistas a alunos
 - Entrevistas a professores
- A intervenção na sala de aula
 - Estado de partida dos alunos
 - Linhas orientadoras da intervenção
 - Dados recolhidos ao longo das aulas
- Entrevistas pós-intervenção
 - Entrevistas aos alunos
 - Entrevista à professora da turma

1. Entrevistas Prévias: Triangulação com a Literatura

1.1. Entrevistas a Alunos

Foram entrevistados 21 alunos, pertencentes à Escola Secundária Severim de Faria, em Évora, no início do ano lectivo 2001/2002, altura em que frequentavam o 12º ano. As duas turmas de que eram oriundos foram escolhidas por terem sido consideradas heterogéneas pelos professores da escola e acolherem alunos de diversos professores do 11º ano. Só foram entrevistados os alunos que se mostraram receptivos e interessados em participar. No Quadro 4 apresentam-se as classificações finais que obtiveram na disciplina de Ciências da Terra e da Vida e a indicação da altura em que a concluíram.

Quadro 4

Classificação dos alunos na disciplina de CTV- 11º ano

<i>ALUNO</i>	<i>Classificação final na disciplina de CTV</i>	<i>Obs.</i>
A01	10	Fez CTV há 2 anos
A02	14	Fez CTV há 2 anos
A03	12	Fez CTV há 2 anos
A04	12	Fez CTV há 3 anos
A05	12	
A06	13	
A07	12	
A08	13	
A09	17	
A10	17	
A11	13	Fez CTV há 2 anos
A12	10	Fez CTV há 2 anos
A13	13	Fez CTV há 2 anos
B14	16	
B15	20	
B16	17	
B17	19	
B18	18	
B19	17	
B20	14	
B21	18	

NOTA: Os alunos que não têm nada referido nas observações, completaram a disciplina no ano lectivo imediatamente anterior.

No que diz respeito à pergunta 1 (*O que achas da disciplina de Ciências da Terra e da Vida?*), os alunos manifestaram-se referindo, essencialmente, se haviam ou não gostado da disciplina em questão (Quadro 5).

Quadro 5
Opinião dos alunos sobre a disciplina

<i>Categorias</i>	<i>Gostou da disciplina</i>	<i>Não gostou da disciplina</i>	<i>Ambivalente</i>
Frequência ²¹	18	1	2
Percentagem	(86%)	(4%)	(10%)

Como se pode ver pelo quadro, a quase totalidade dos alunos entrevistados manifestou o seu agrado pela disciplina. As razões por que gostaram centraram-se sobretudo no objecto de estudo da própria disciplina: porque é *interessante* ou *útil*, porque *estuda o Homem* ou os *seres vivos*, foram algumas das justificações apontadas. Curiosamente, alguns dos alunos (F=4) salientaram que os métodos de ensino utilizados pelos professores (estagiários) terá sido o que mais os motivou para a disciplina.

O único aluno que afirmou categoricamente não ter gostado da disciplina encontrava-se em fase de mudar de agrupamento pois, segundo ele, tinha escolhido ciências apenas para que pudesse continuar com os mesmos colegas.

²¹ Por uma questão de simplificação na apresentação dos quadros, optou-se por fazer corresponder às expressões (estatisticamente mais rigorosas) *Frequência Absoluta* e *Frequência Relativa* os termos *Frequência* (F) e *Percentagem*, respectivamente. Esta opção pretende apenas facilitar a leitura, sem que a isso corresponda qualquer alteração de sentido e deve ser tida em conta em todos os quadros do presente capítulo.

Outra informação importante que a resposta a esta pergunta nos forneceu foi o facto de os alunos terem explicitamente mencionado que, apesar de terem gostado da disciplina na sua generalidade, nem todos os tópicos terem sido realmente do seu agrado. A *Fotossíntese, a Respiração e a Fermentação*, a parte inicial do programa, foram, nesse âmbito, os tópicos que mais desagradaram (14 dos alunos expressaram essa opinião).

A *Hereditariedade*, pelo contrário, foi referida espontaneamente, por 16 alunos (76%) como a parte do programa que mais os motivou e interessou.

Na pergunta 2 (*Quais as principais dificuldades que sentiste ao longo da parte de biologia do programa?*), as respostas dos alunos dividiram-se entre dificuldades de ordem genérica e dificuldades mais específicas, relacionadas com alguns dos conteúdos programáticos.

As dificuldades de ordem genérica mencionadas apontaram essencialmente no sentido da *extensão do programa* e da *quantidade de informação para estudar e memorizar*.

Quanto aos aspectos mais específicos, vale a pena salientar, e antecipando a Questão 3, que os alunos se referiram sobretudo a dificuldades sentidas ao nível da *Fotossíntese, Respiração* e da *Fermentação*, tópicos referidos em bloco pelos alunos entrevistados e apontados como muito difíceis ou muito complexos por 67 % deles; os outros tópicos mencionados explicitamente como tendo levantado dificuldades foram os de *ADN, Replicação, Reprodução Assexuada* e *Hereditariedade*.

Na *Hereditariedade* é interessante assinalar que, apesar de ser um tópico apontado como um dos preferidos, como se verificou nas respostas à pergunta anterior, é um daqueles em que alguns dos alunos afirmaram ter sentido dificuldades e o tornam manifesto já nesta resposta. No tópico *Fotossíntese/Respiração/ Fermentação*, pelo contrário, o agrado e a dificuldade surgem a par:

os alunos, em geral, sentiram muitas dificuldades e declararam não ter gostado dessa parte da matéria.

Em relação à pergunta 3 [*Qual o grau de dificuldade que atribuis a cada um dos seguintes tópicos de biologia já estudados? (Avalia em Fácil, Médio ou Difícil)*], os resultados foram os que se encontram sistematizados no Quadro 6.

Quadro 6
Grau de dificuldade nos tópicos de biologia

Tópicos	Ácidos Nucleicos			Replicação			Mitose			Meiose		
	F	M	D	F	M	D	F	M	D	F	M	D
Frequência (Fácil/Médio/Difícil)	14	6	1	10	8	2	15	6	0	14	7	0
% (Médio + Difícil)	33			48			29			33		

Tópicos	Reprodução Assexuada			Reprodução Sexuada			Hereditariedade			Fotossíntese/Respiração/Fermentação		
	F	M	D	F	M	D	F	M	D	F	M	D
Frequência (Fácil/Médio/Difícil)	11	9	1	9	9	3	9	11	1	3	7	11
% (Médio + Difícil)	48			57			57			86		

(Resultados por ordem decrescente de dificuldade: Fotossíntese/Respiração/Fermentação > Hereditariedade = Reprodução sexuada > Reprodução assexuada = Replicação > Meiose = Ácidos Nucleicos > Mitose)

Na resposta à pergunta anterior (pergunta 2), os alunos tinham já apontado como difíceis os tópicos que nesta tabela se evidenciam com mais clareza como sendo, para eles, de dificuldade média ou realmente difíceis. A Hereditariedade aparece mais uma vez referida como um dos tópicos de maior dificuldade, surgindo em segundo lugar na tabela. Este resultado vem na linha de muitos estudos relatados na literatura, os quais apontam este tópico como especialmente difícil para os alunos do ensino secundário e mesmo do universitário (Brumby, 1979; Johnstone e Mahmoud, 1980; Longden, 1982; Johnstone, 1991; Wood-Robinson, 1994, 1995; Bahar et al., 1999a, 1999b).

Quanto às respostas à pergunta 4 (*Que tipo de dificuldades, importas-te de explicitar em concreto? No tema da Hereditariedade, em particular, o que te pareceu mais difícil de compreender?*), voltam a repetir-se as dificuldades de ordem genérica já declaradas, como, por exemplo, a extensão do programa, a necessidade de muito estudo para acompanhar toda a matéria e a memorização de grandes quantidades de informação (não só de termos como de processos). Os alunos apontaram também aspectos específicos de alguns dos tópicos, como, por exemplo, dificuldades com equações químicas, com esquemas e ciclos relacionados com a fotossíntese e a respiração. Estes pontos do programa foram qualificados de *complicados, difíceis e teóricos*, exigindo muitos conhecimentos de química. Esta situação parece ser comum a outros alunos de biologia como o constatou Pritchard (1990), ao entrevistar alunos de uma disciplina dessa área, verificando que eles se desmotivavam e se sentiam inseguros sempre que eram confrontados com os pré-requisitos de química, sendo-lhes difícil utilizar os conceitos que aprendem num determinado contexto em situações novas. Os alunos precisarão, nesta perspectiva, de ser ajudados a integrar os diferentes conceitos que são abordados em disciplinas diversas, de forma quase sempre compartimentada.

Para além dessas razões – essencialmente de cariz curricular e presentes em todas as entrevistas –, foram indicadas outras de natureza diversa: factores pessoais – como a falta de estudo e de atenção ou a incapacidade para compreenderem determinados conteúdos – ou razões ligadas aos métodos de ensino e/ou de avaliação seguidos pelos professores da disciplina.

Quanto à segunda parte da pergunta, os aspectos que os respondentes mais referiram são os que se sistematizam no quadro que se segue.

Quadro 7
Dificuldades associadas pelos alunos à Hereditariedade

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Problemas de genética	11
Genes em <i>linkage</i>	3
Hereditariedade ligada aos cromossomas sexuais	3
Distinção genótipo/fenótipo	2
Cromossomas (função)	2
Dominância/recessividade	1
<i>Crossing-over</i>	1
<i>Sem dificuldades no tópico Hereditariedade</i>	6
<i>Não sabe/Não se lembra</i>	3

Nesta área do programa, o que parece ter suscitado maiores dificuldades de compreensão aos alunos foram os problemas de genética – resultado semelhante, aliás, ao encontrado em estudos como os de Longden (1982 e Radford e Bird-Stewart (1982). Alguns indicaram ter tido bastantes dificuldades, sobretudo na fase inicial, para entenderem o mecanismo de funcionamento e o processo de resolução; outros afirmaram que, ultrapassada essa fase, resolveram todos os restantes problemas com facilidade.

Esta evidência parece pressupor que, uma vez encontrado o mecanismo de resolução, os alunos funcionavam de forma repetitiva. De facto, muitos dos problemas de genética clássicos permitem, no dizer de Stewart e Van Kirk (1990), uma resolução por aplicação de algoritmos, sobretudo quando se trabalha numa perspectiva de valorização do produto em detrimento do processo de resolução.

Outros alunos ainda declararam que alguns problemas mais complexos, sobretudo os relacionados com a ligação factorial ou a ligação aos cromossomas sexuais, nunca ficaram bem entendidos.

Todos os alunos inquiridos afirmaram, todavia, ter resolvido algum tipo de problemas ao serem confrontados com a pergunta 5 (*Nesta disciplina resolveram problemas? Que tipo de problemas? Qual a tua opinião sobre essa actividade?*). Quanto ao tipo de problemas que terão resolvido, e de que se lembravam, surgem os de genética em primeiro lugar, como o ilustra o Quadro 8.

Quadro 8

Tipo de actividades realizadas pelos alunos

<i>Tipo de actividades</i>	<i>Frequência</i>
Problemas de genética	17
Problemas sobre balanço energético	2
Exercícios do livro	2
Fichas	2
<i>Não sabe/ Não se lembra</i>	2

Para a grande maioria dos alunos, os problemas de genética constituíram o único exemplo de problemas que se lembravam ter resolvido em biologia. Alguns manifestaram dúvidas em classificar outras actividades desenvolvidas na aula como problemas, como é o caso dos exercícios do livro; outros foram de opinião que algumas fichas realizadas no tema *Respiração* correspondiam a problemas, pois tinham de fazer cálculos do balanço energético. Esta é uma ideia que parece subsumir a concepção que os alunos terão construído de problema: para o ser, a tarefa em causa tem de envolver cálculo matemático.

Quanto à sua opinião sobre os problemas em geral, ou seja, sobre a actividade de resolução de problemas, a maior parte dos entrevistados respondeu associando-os directamente aos problemas de genética, pelo que essas opiniões acabam por não se poder diferenciar. Alguns alunos qualificaram, porém, essa actividade genericamente como difícil, sobretudo quando os problemas tinham muitos dados ou se tornava necessário associar os conceitos aprendidos com a resolução do problema ou, ainda, antes de mecanizarem a forma de resolução. Poucos

alunos afirmaram ser uma tarefa que não lhes levanta qualquer tipo de dificuldade.

No que diz respeito aos problemas de genética propriamente ditos, a que se refere a pergunta 6 (*Sentiste dificuldades com os problemas de genética? O que te pareceu mais difícil nesses problemas?*), as respostas de 12 dos alunos indicam terem sentido algumas dificuldades com este tipo de problemas. O que lhes pareceu mais difícil foi, para 5 deles, a própria interpretação do enunciado, como o evidenciam as palavras do aluno B16: *“primeiro era importante que fundamentalmente nós interpretássemos bem o enunciado”*. Outros manifestaram ter experimentado dificuldades com apenas alguns tipos de problemas mais complexos ou com mais dados (4 alunos) ou naqueles em que se torna mais difícil estabelecer a relação com os conceitos de genética (F=2). Um aluno referiu-se ao método de ensino como o principal obstáculo à melhor compreensão dos problemas e outro apontou como maior dificuldade os conceitos de proporcionalidade e probabilidade, os quais nunca conseguiu perceber muito bem. De facto, os investigadores Deadman e Kelly apontavam, já em 1978, a inadequada compreensão da probabilidade como um dos maiores obstáculos para o desenvolvimento de conceitos mais elaborados por parte dos alunos.

Os restantes 9 alunos afirmaram não ter sentido dificuldades com estes problemas, considerando-os fáceis e acessíveis. De ressaltar, no entanto, que fazerem esse tipo de apreciação nem sempre quer dizer que tenham compreendido realmente o processo de resolução dos problemas, como o parece indicar a seguinte afirmação de um dos alunos: *“eu fazia aquilo mais por ir ver como é que se tinham feito os outros (...) mas não conseguia perceber porquê”* (aluno A01).

Na opinião expressa por alguns alunos pode verificar-se que, uma vez realizados os primeiros problemas, sentiam que a partir daí os resolviam de forma mecânica, aplicando sempre o mesmo modo de resolução. As palavras extraídas de algumas das entrevistas dão disso conta: *“depois de fazer alguns já era*

repetitivo (...) alguns mecanizei-os” (A07); “a resolução era praticamente o mesmo para todos” (A10); “também era sempre a mesma coisa, era sempre o mesmo” (B14).

É interessante verificar, em contrapartida, que certos alunos relevaram a necessidade de estudar antes de resolver problemas com sucesso, como nos mostram os seguintes excertos: *“depois estudei mais um bocadito, depois consegui associar” (A13); “foram fáceis mas requer algum trabalho” (A05).* Dos alunos entrevistados que terminaram a disciplina com a classificação mais elevada, vale a pena salientar duas opiniões que, a nosso ver, parecem manifestar algumas preocupações metacognitivas: *“penso que às vezes o mais difícil, quando ainda não dominamos bem a matéria, é associar os conceitos para conseguir chegar àquelas respostas mais elaboradas” (B15) ou ainda e de maneira taxativa: “na genética é preciso saber-se teoria para aplicar à prática” (B18).*

As perguntas seguintes dizem respeito já a uma avaliação mais específica dos conhecimentos dos alunos a nível conceptual.

Analisando as respostas dadas à pergunta número 7 (*Recordas-te, com certeza, de teres estudado os cromossomas. Responde, então, às seguintes questões, com eles relacionadas.*), ponto 7.1. (*Onde se localizam, no teu organismo?*), as respostas revelaram associação a estruturas diversas, como mostra o Quadro 9.

Quadro 9

Frequência das respostas à questão 7.1.

“Qual a localização dos cromossomas?”

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Núcleo das células/ Nas células	11
ADN	6
Órgãos reprodutores	2
Genes	1
<i>Não sabe/Não se lembra</i>	3

Onze alunos apontaram explicitamente o núcleo das células ou as células do seu organismo como o local onde poderiam encontrar cromossomas, denotando, aparentemente, que conseguiam estabelecer a ligação organismo/célula/núcleo/cromossoma.

Para 6 alunos, pareceu, no entanto, existir alguma confusão na relação entre ADN e cromossoma, não distinguindo as duas estruturas. Percebiam que os dois conceitos estão relacionados mas foi-lhes difícil determinar se os cromossomas são constituídos por ADN ou se é o ADN que é constituído por cromossomas. No mesmo tipo de confusão terá incorrido o aluno que respondeu estarem os cromossomas localizados nos genes, confundindo gene com cromossoma.

Os alunos que indicaram que os cromossomas se localizam nos órgãos reprodutores possivelmente associam os cromossomas a gâmetas, assim se justificando a sua resposta imediata de circunscreverem os cromossomas apenas a esses órgãos. Como concluíram Banet e Ayuso (1995), muitos alunos pensam que os cromossomas sexuais são os únicos responsáveis pela transmissão das características hereditárias e que só existem nas células sexuais.

Quanto às respostas (sistematizadas no Quadro 10) ao ponto 7.2. (*Qual a sua constituição?*), 16 dos alunos tentaram uma resposta, sendo esta cientificamente válida em 10 dos casos, nos quais o ADN era considerado como o material biológico constituinte dos cromossomas. As restantes respostas apresentaram-se

vagas, imprecisas ou mais ligadas à forma do que ao conteúdo dos cromossomas. Por nos termos apercebido que os alunos poderiam estabelecer esta confusão entre forma e conteúdo no que diz respeito ao termo “constituição”, houve o cuidado de esclarecer bem os alunos quanto ao seu significado.

Quadro 10

Frequência das respostas à questão 7.2.

“Qual a constituição dos cromossomas?”

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
ADN	10
Cromatídeos	3
Informação genética	2
Ácidos nucleicos	1
<i>Não sabe/Não se lembra</i>	5

O Quadro 11 pretende dar-nos uma panorâmica do leque de respostas formuladas pelos alunos ao ponto 7.3. (*Qual a sua importância?*).

Quadro 11

Frequência das respostas à questão 7.3.

“Qual a importância dos cromossomas?”

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Determinação das características	8
Transmissão de informação genética	3
Número/Tipo de cromossomas	3
Transporte do código genético	2
Variabilidade genética	2
Função na divisão celular	1
<i>Não sabe/Não se lembra</i>	2

A maior parte dos alunos referiu-se, vagamente, à determinação das características, sem nenhum deles mencionar de modo explícito a divisão celular conjugada com a transferência de informação. As respostas aparecem muito ligadas a aspectos particulares dos cromossomas como, por exemplo, o seu tipo e número e menos aos processos mais abrangentes em que os cromossomas estão implicados.

Os alunos entrevistados mostraram, por outro lado, alguma confiança em relação aos seus conhecimentos sobre a natureza e a função dos cromossomas, já que quase todos arriscaram uma resposta, embora nem sempre a mais correcta ou a mais completa.

Quanto aos genes, a confiança nos seus conhecimentos acerca do conceito pareceu bastante menor, já que um número bastante elevado de alunos não respondeu ou não se lembrava já do que aprendera em relação ao tema.

Passemos então a olhar para o que os alunos manifestaram em relação à pergunta 8 (*8. No programa de CTV também ouviste falar de genes*) e ao sub-ponto 8.1. (*No teu organismo, onde se localizam os genes?*).

Quadro 12

*Frequência das respostas à questão 8.1.
“Qual a localização dos genes?”*

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Cromossomas	5
Células/ Núcleo das células	4
Órgãos reprodutores	1
<i>Não sabe/Não se lembra</i>	11

A maioria dos alunos não conseguiu responder, alegando ser muito mais difícil lembrarem-se dos genes que dos cromossomas. Apenas cinco foram capazes de

localizar os genes nos cromossomas, sendo as outras respostas mais vagas ou mesmo erróneas, como foi o caso de um aluno que respondeu só haver genes nos órgãos reprodutores.

Quanto à constituição dos genes (pergunta 8.2.), os resultados encontram-se evidenciados no Quadro 13. A maior parte dos alunos revelou, mais uma vez, dificuldade em se lembrar desta matéria, tendo apenas 3 deles respondido de forma adequada e precisa. As restantes respostas expressas apontaram para uma falta de distinção entre o ADN e o gene e outras para alguma confusão entre gene e cromossoma. A falta de distinção entre estes conceitos vem na linha da evidência recolhida em pesquisas mais amplas e abrangentes, como é o caso de Lewis et al. (2000a) que, numa amostra superior a 400 alunos, obtiveram resultados semelhantes.

Quadro 13

Frequência das respostas à questão 8.2.

“Qual a constituição dos genes?”

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
ADN (porções específicas de)	3
Informação genética	2
Cromossomas	2
<i>Não sabe/Não se lembra</i>	13

O ponto 8.3. (*Que importância têm os genes?*) apresenta uma grande diversidade de categorias, tratando-se de uma questão também pouco respondida pelos alunos, o que, tendo em conta os resultados da questão anterior, acaba por não surpreender.

Quadro 14

Frequência das respostas à questão 8.3.

“Qual a importância dos genes?”

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Transmissão das características	6
Transmissão da informação genética	3
Variabilidade genética/diferenciação	2
Codificação de uma característica	2
<i>Não sabe/Não se lembra</i>	8

Alguns alunos (nove) referiram-se à transmissão de características ou da informação genética, mas nenhum assinalou expressamente a relação gene-cadeia polipeptídica-carácter.

As perguntas 9 e 10 dizem respeito à divisão celular, tendo-se verificado que a totalidade dos alunos entrevistados tentou uma resposta, o que poderá indicar que se sentiam razoavelmente confortáveis e confiantes em relação a esse tema. Esta interpretação é apoiada também pelo facto de muitos alunos terem acompanhado as suas respostas de uma justificação.

Na pergunta 9, em particular, as questões estão relacionadas com a mitose e têm por objectivo verificar se os alunos compreenderam realmente esse processo e conseguem relacionar os diferentes conceitos envolvidos, nomeadamente os cromossomas, o ADN e a informação genética.

À pergunta 9.1. (*Nos animais, as células da pele dividem-se continuamente para produzir novas células. As novas células formadas contêm o mesmo número de cromossomas que a célula original ou um número diferente? Justifica a tua resposta.*), todos os alunos responderam, embora nem todos tenham dado uma resposta adequada e muito poucos tenham justificado de acordo com a explicação científica.

Quadro 15

Frequência das respostas à questão 9.1.

Mitose: Raciocínio relativo ao número de cromossomas nas células novas da pele

<i>Nº de cromossomas</i>	<i>F.G.</i>	<i>Linhas de raciocínio</i>	<i>F. P.</i>
Mesmo	17	Mecanismo da mitose	2
		Células do mesmo tipo ou com a mesma função	4
		Confusão mitose/ meiose	5
Metade	2	Confusão mitose/meiose	2
Dobro	1	Confusão mitose/fecundação	1
Outro	1		

NOTA: Por uma questão de simplificação do Quadro, abreviam-se as expressões *Frequência Global* e *Frequência Parcial* para F. G. e F. P., respectivamente.²²

Apenas dois alunos conseguiram não só afirmar com segurança que o número de cromossomas se mantém, mas também justificar referindo os mecanismos do ciclo celular responsáveis pela manutenção desse número. Os outros 15 alunos que acertaram no número de cromossomas ou não foram capazes de justificar essa resposta (6 alunos) ou justificaram-na de forma incorrecta (9 alunos).

Quatro dos alunos que afirmaram manter-se o número de cromossomas igual utilizaram argumentos que se afastam da explicação científica, preferindo uma explicação mais simples, suportada em razões como o tipo de células ou a sua função, como é o caso do aluno A04: “*porque senão eram outro tipo de células*”.

Sete alunos confundiram, à semelhança de outros resultados obtidos em estudos análogos (Lewis et al., 2000c), a terminologia mitose/meiose e outros mostraram

²² Esta notação dever ser tida em conta para todos os Quadros semelhantes, significando *Frequência Global* a frequência absoluta de ocorrências das categorias principais e *Frequência Parcial* a frequência absoluta de ocorrências nas sub-categorias.

mesmo dificuldade em diferenciar os dois processos, como o ilustra o excerto que se segue: “quando o núcleo era $2n$, as células dividiam-se em quatro para formar uma célula haplóide, mas quando é só n , na mitose, as células ficam com o mesmo número de cromossomas” (A07).

No número de alunos que não foram capazes de justificar as suas respostas, foram incluídos os que não responderam e os que deram justificações de tipo tautológico, situação que não foi contabilizada como justificação, não constando, por isso, da tabela; esse foi o caso de respostas como a do aluno A06: “é só uma renovação mas o produto fica o mesmo” ou a do aluno A01: “acho que não é por se criar uma célula nova que esse número vai aumentar ou diminuir”.

Passando agora para o ponto 2 da mesma questão (*O ADN nas células filhas é idêntico ou é diferente do ADN da célula mãe, antes da divisão? Porquê?*), o panorama é o que mostra o quadro seguinte:

Quadro 16

Frequência das respostas à questão 9.2.

Mitose: Raciocínio relativo ao ADN nas células novas da pele

<i>ADN</i>	<i>F. G.</i>	<i>Linhas de raciocínio</i>	<i>F. P.</i>
Idêntico	19	Ciclo celular e replicação do ADN	8
		ADN/Informação genética é sempre igual	7
		Mesmo tipo de célula/mesma função	2
Diferente	2	Uma cadeia idêntica/ Uma cadeia nova	2

Relativamente a esta questão, não se pode considerar que tenha havido uma única resposta absolutamente completa, pois nenhum aluno relacionou o ciclo celular e a replicação na elaboração da sua argumentação. Oito deles, no entanto, conseguiram apresentar uma justificação razoável, explicando o mecanismo da replicação como o responsável por o ADN ser idêntico nas células filhas, para o

exemplo considerado. Tal explicação nem sempre surgiu, todavia, devidamente formulada, como é o caso do seguinte excerto: “*parte ao meio, vai metade para cada lado e vai originar outra cadeia igual à da célula-mãe*” (B20).

Algumas das explicações eram, por outro lado, de tipo finalista, sustentando os alunos que o ADN se mantém porque tem de ser assim, pois “*o ADN não vai mudar porque o nosso ADN é sempre o mesmo*” (aluno A01) ou, como nos diz o aluno A11, “*porque se mudasse de cada vez que vamos renovar uma célula tínhamos variados tipos de ADN e nós ... temos um específico para cada pessoa*”.

Dois dos alunos utilizaram como justificativo para o ADN se manter idêntico o facto de serem células idênticas ou terem a mesma função, como se exemplifica no seguinte excerto: “*senão ... teria uma função diferente da anterior*” (A13).

Os dois alunos que responderam que o ADN diminui referiram que a quantidade de ADN passa para metade, pois, como a replicação é semi-conservativa, metade da cadeia possui informação nova. É o caso do aluno A09, quando afirma: “*no ADN passa a informação dos progenitores mas também se forma informação nova*”. Nesta situação, poderá depreender-se que possa ter havido uma má interpretação do significado da palavra “idêntico” ou uma falha na compreensão dos mecanismos de replicação.

Na pergunta 9.3. (*As células filhas têm a mesma informação genética ou informação genética diferente? Porquê?*), a maioria deu a resposta certa, ou seja, afirmou que a informação genética nas duas células seria a mesma. Mas, mais uma vez, o seu raciocínio não foi em todos os casos compatível com a visão científica, como o ilustra o Quadro 17.

Quadro 17

Frequência das respostas à questão 9.3.

Mitose: Raciocínio relativo à informação genética nas células novas da pele

<i>Informação genética</i>	<i>F. G.</i>	<i>Linhas de raciocínio</i>	<i>F. P.</i>
Idêntica	17	Na divisão mantém-se a informação genética (replicação)	4
		Todas as células contêm a mesma informação genética	3
		A nova célula é do mesmo tipo/mesma função	2
Diferente	4	Tem informação da célula original e informação nova	4

A grande maioria dos alunos (F=17) respondeu que a informação se mantém, mas só nove deles apresentaram alguma razão. A justificação mais frequente foi a de que neste tipo de divisão celular a informação genética se mantém. Esta resposta poderá reflectir uma explicação científica da divisão celular mitótica, mas também podem estar aqui incluídas as respostas dos que se basearam numa ideia mais simplista: a de que células do mesmo tipo contêm a mesma informação genética, sem os alunos terem presente os mecanismos de divisão celular.

Quanto às respostas dos 3 alunos que justificaram dizendo que todas as células contêm a mesma informação genética, podem ter na base a visão científica ou estar a incluir também nesse grupo as células germinativas. Os restantes dois alunos afirmaram explicitamente que a informação genética seria idêntica porque eram células do mesmo tipo, o que parece ser uma resposta de natureza intuitiva.

Dos que sustentaram a visão oposta (4 alunos) – a informação genética seria diferente nas novas células formadas na pele –, o raciocínio foi diverso, mas do mesmo tipo nos quatro casos. Esses alunos basearam-se no processo de replicação do ADN e partiram do princípio que, se a divisão é semi-conservativa, então uma das cadeias é completamente nova e pode dar origem a uma molécula diferente. Isso o pareceu evidenciar os seguintes excertos: “*Tem informação genética da que lhe deu origem mas também tem informação nova*” (A09);

“Acho que tem alguma informação diferente ... depende da complementaridade das bases azotadas” (B19); “fica com uma parte da cadeia de ADN da célula-mãe e a outra metade da cadeia pode conter informação diferente” (B20). Este raciocínio pode basear-se num mau entendimento das características que definem o processo de duplicação do ADN.

Quanto ao ponto 4 da mesma pergunta (*E uma célula da pele, do olho ou do músculo têm a mesma informação genética?*), a maior parte dos alunos entrou em contradição, quando confrontados com células somáticas diferentes.

Quadro 18

Frequência das respostas à questão 9.4.

Mitose: Raciocínio relativo à informação genética nas células da pele, olho ou músculo no mesmo indivíduo

<i>Informação genética</i>	<i>F. G.</i>	<i>Linhas de raciocínio</i>	<i>F. P.</i>
Idêntica	9	O ADN é o mesmo/contém toda a informação	3
		As células têm todas a mesma informação	1
		Actuam genes diferentes	1
Diferente	12	Células/Funções diferentes – Diferente informação genética	10
		Cada célula tem a sua informação genética	1

Como se pode verificar pelo quadro, grande parte dos alunos que responderam que as novas células formadas na pele têm a mesma informação genética que as que lhes deram origem, quando confrontados com células somáticas diferentes, respondem que a informação muda porque as células são diferentes ou têm funções diferentes (Wood-Robinson et al., 2000). Com efeito, 12 entrevistados (57%) responderam que a informação muda e quase todos pareciam estar disso convictos já que apresentaram o mesmo tipo de explicação. Apenas um não tentou uma explicação, afirmando não se lembrar dessa matéria.

Os que responderam que a informação é idêntica pareciam sentir-se muito mais inseguros, pois nem todos foram capazes de explicar porquê (apenas 4 dos 9 alunos que responderam acertadamente conseguiram justificar). Mesmo esses não pareceram convictos, acabando por optar por essa resposta depois de muitas hesitações:

Porque cada pessoa tem um tipo de ADN ... não sei ... porque o ADN define as características da pessoa. (B20)

Acho que sim, acho que deve ser igual, apesar de a célula ser diferente. Não, se calhar não, assim já não sei ... porque o tipo de célula é diferente e se calhar... é diferente... as células são diferentes e o ADN talvez ... quer dizer, eu por um lado digo que é igual mas por outro digo que é diferente. Igual porque as nossas células têm que ter o mesmo ADN e diferente porque o órgão é diferente ... por um lado é igual, por outro, é diferente mas inclino-me mais para ser igual ... eu acho que os cromossomas são iguais. (A04)

Esta última resposta foi até difícil de classificar pois o aluno, como é notório, teve muita dificuldade em ultrapassar a ambiguidade e só tomou uma decisão após a nossa indicação de que deveria tentar e, ainda assim, sem uma explicação muito clara.

É de salientar ainda que mesmo o aluno que apresentou a explicação científica mais adequada – que a informação genética é idêntica mas em células diferentes são accionados genes diferentes – não o fez senão após muitas hesitações: “*É diferente ... não ... não sei ... se calhar a da pele até é igual à do olho ou do músculo, mas se calhar diferencia-se um gene diferente*” (B21).

A pergunta 10, da mesma natureza que a pergunta 9, diz respeito à análise da compreensão dos alunos relativamente ao processo da meiose e conceitos relacionados. Também aqui os alunos pareceram responder com alguma confiança, todos tentando algum tipo de resposta.

Pode verificar-se, no entanto, que, apesar de 14 (67%) dos alunos terem sido capazes de reconhecer que o número de cromossomas diminui para metade, só 7 (33%) conseguiram reconhecer que a informação genética seria diferente e apenas 3 reconheceram ambas as diferenças. Isto sugere uma incerteza alargada relativamente aos processos e produtos da meiose. O conceito de meiose constituiu claramente um problema para estes alunos (como também para os investigados por Lewis, 2000c), como se tornou evidente face às justificações apresentadas.

Analisando agora detalhadamente os dados, começemos pela análise das respostas obtidas na pergunta 10 (*Ainda nos animais, as células também se dividem quando os gâmetas estão a ser produzidos.*), no seu primeiro ponto (10.1. *Se a célula original contivesse 8 cromossomas, quantos cromossomas teria cada uma das células germinais resultantes? Porque dizes isso?*) e cujos resultados constam da tabela que a seguir se apresenta.

Quadro 19

Frequência das respostas à questão 10.1.

Meiose: Raciocínio relativo ao número de cromossomas nos gâmetas

<i>Nº de cromossomas</i>	<i>F. G.</i>	<i>Linhas de raciocínio</i>	<i>F. P.</i>
Quatro	14	A meiose reduz o número de cromossomas para metade A célula original divide-se ao meio Confusão de terminologia meiose/mitose	11 2 1
Oito	1	Não fazem distinção entre células somáticas e sexuais	1
Dezasseis	1	Confusão com a fecundação	1
Dois	1	Compreensão errónea da meiose: 2 divisões, 2 reduções	1
Outro	4	Confusão no conceito de célula haplóide	1

Muito embora 14 (67%) dos alunos tenham respondido correctamente no que diz respeito ao número de cromossomas, nem todos foram capazes de justificar ou de o fazer utilizando as razões mais adequadas. Apenas 11 alunos referiram explicitamente a meiose e, mesmo assim, nenhum deles foi capaz de explicar detalhadamente como ocorre essa redução e porque é que ela é necessária.

Outros justificaram dizendo que a célula se divide ao meio e portanto o número de cromossomas terá obrigatoriamente que passar para metade, como se de uma bipartição se tratasse.

As outras respostas denotam alguma confusão com outros conceitos, seja com a fecundação ou com a mitose ou mencionando outro qualquer número de cromossomas, sem justificação coerente. Estudos como o de Hackling (1982) indicam, igualmente, uma falha de compreensão por parte dos alunos – após o ensino formal da genética – relativamente aos conceitos de meiose, gâmeta, fecundação e mitose, em termos das suas relações com os cromossomas e os genes.

No que diz respeito ao ponto 2 (10.2. *A célula resultante e a que lhe deu origem têm a mesma informação genética? Porquê?*) as respostas dos alunos indiciam que o seu conhecimento sobre a meiose era mais incerto do que o faziam crer as respostas ao ponto anterior. É isso que podemos constatar no Quadro 20.

Quadro 20

Frequência das respostas à questão 10.2.

Meiose: Raciocínio relativo à informação genética nos gâmetas

<i>Informação genética</i>	<i>F. G.</i>	<i>Linhas de raciocínio</i>	<i>F. P.</i>
Diferente	7	Faz a ligação com a variabilidade da descendência	2
		A informação genética é relacionada com a função da célula	1
		A informação genética duplica	1
Idêntica	14	Têm a mesma função	1
		As novas células têm uma cópia da informação original	5

Observando o quadro anterior, percebe-se que a grande maioria dos alunos optou pela resposta errada (14 alunos-67%), curiosamente o inverso do que se passou no ponto anterior. Muitos não apresentaram razões e, dos que as apresentaram, 5 deles apontaram para o mesmo tipo de raciocínio, ou seja, de que a informação genética não pode mudar. Este argumento sugere, para além de uma possível falha na compreensão dos processos e produtos da meiose, uma confusão entre mudança da informação no ADN e separação aleatória da informação durante a meiose.

Quanto aos que apresentaram uma resposta correcta (7 alunos), apenas dois alunos foram capazes de explicitar uma argumentação correcta, focando a importância desta diferença na variabilidade da descendência. Estes resultados parecem ser indicativos de uma real dificuldade da maior parte dos alunos na compreensão do conceito.

De realçar que os alunos utilizam também aqui a função ou o tipo da célula como justificativo, num caso para justificar que a informação genética se mantém (*“Têm a mesma porque têm as duas a mesma finalidade”* – A07), no outro para justificar que a informação genética é diferente:

Porque a informação genética determina também a função e a constituição dos organismos e das próprias células. Se essa primeira célula teve como função, como informação de sofrer meiose para dar origem a um gâmeta ... provavelmente houve uma mudança da informação genética que dissesse, que determinasse olha tu agora és um gâmeta e tens como função a reprodução. (A13)

Neste último caso, em que se estabelece uma ligação entre função e natureza da informação genética e aparece como uma explicação específica para as células germinativas, o argumento até poderia ser aceitável, caso este aluno não o utilizasse como regra geral para justificar também o que se passa em relação às células somáticas.

Quando pedimos aos alunos para compararem as células somáticas com as células sexuais, no ponto 3 da questão 10 (10.3. *Essas células têm a mesma informação genética que, por exemplo, uma célula da pele? Porquê?*) estes respondem na sua maioria, havendo, todavia, dois que não arriscaram qualquer resposta.

Quadro 21

Frequência das respostas à questão 10.3.

Meiose: Raciocínio relativo à informação genética nos gâmetas e nas células somáticas

<i>Informação genética</i>	<i>F. G.</i>	<i>Linhas de raciocínio</i>	<i>F. P.</i>
Diferente	14	Faz a ligação com a variabilidade da descendência	3
		Tem uma função diferente	6
		O ADN tem outras características	1
Idêntica	5	A informação genética é igual em todas as células	3
<i>Não sabe/ Não se lembra</i>	2		

Nesta pergunta, a maior parte dos alunos optou pela resposta correcta, argumentando que a informação difere, embora em nenhuma das justificações tenham feito referência à diferença do processo de divisão celular que ocorre nos dois casos. Nenhum aluno referiu os processos da mitose e da meiose como responsáveis pela obtenção dos dois tipos de células.

Três alunos utilizaram o argumento da necessidade de variabilidade no caso dos gâmetas, mas o argumento mais utilizado foi o de que, se têm funções diferentes, então têm informação genética diferente. Nesse caso, como usam essa razão enquanto regra geral e não específica para as células germinativas, tal argumento acaba por ser pouco credível, do ponto de vista científico.

Tanto as respostas à pergunta 9 como à pergunta 10 nos levam a crer que os alunos denotaram alguma incerteza relativamente à mitose e à meiose, evidenciando alguma confusão entre os dois processos. Como Radford e Bird-Stewart (1982) sugerem, a abordagem descritiva tradicional e sequencial destes tópicos leva, efectivamente, a que os alunos os confundam; situação que é agravada pela semelhança superficial entre os dois processos de divisão. Como estes conhecimentos são básicos para a compreensão de toda a hereditariedade, será de esperar que a compreensão dos problemas de génética se faça de modo deficiente. Foi com o objectivo de indagar dessa possibilidade que foi elaborada a pergunta 11, que mais adiante se apresenta.

Antes disso, e em jeito de síntese, pode afirmar-se que os resultados até aqui obtidos estão de acordo com vários outros estudos relatados na literatura (Deadman e Kelly, 1978; Johnstone e Mahmoud, 1980; Longden, 1982; Pashley, 1994; Bahar et al., 1999b; Lewis et al., 2000a, 2000b e 2000c). Na verdade, mesmo em estudos realizados em larga escala, como é o caso de uma investigação levada a cabo no Reino Unido, durante a década de noventa, e que envolveu 750 alunos, com idades compreendidas entre os 14 e os 16 anos, as conclusões apontam no mesmo sentido (Wood-Robinson et al., 2000). Na realidade, esses alunos, mesmo após o ensino e o estudo dos tópicos de Hereditariedade, consideraram difíceis os seguintes aspectos:

1. A natureza universal e idêntica da informação genética em todas as células somáticas de um organismo, qualquer que seja a sua função.
2. A capacidade de as células somáticas usarem uma parte da informação genética e de “ignorar” outra parte.
3. A noção de replicação – de que a informação genética é copiada antes da divisão mitótica e, como tal, as células filhas contêm a mesma informação genética que a célula que lhes deu origem – e de que a informação em si mesma não se divide durante a divisão celular.
4. A diminuição do número de cromossomas para metade, durante a formação dos gâmetas, indo um só membro de cada par para cada gâmeta em

particular. E a restauração do número de cromossomas para a sua forma diplóide original, na fecundação.

5. A redução dos cromossomas para metade ser aleatória, tendo como consequência uma vasta gama de combinações possíveis dos cromossomas em cada gâmeta.

Passa-se agora a analisar como os alunos abordaram um problema concreto de genética de mono-hibridismo, por nós considerado muito simples:

11. Nos coelhos, a cor da pelagem é hereditária; a pelagem negra é dominante em relação à pelagem castanha.

11.1. Quais são os possíveis genótipos e fenótipos da geração resultante de um casal em que ambos são negros heterozigóticos.

Os resultados obtidos nesta tarefa encontram-se sintetizados no Quadro 22.

Quadro 22

Resposta à questão 11.1. Resolução de um problema de genética

<i>PROBLEMA</i>	<i>Frequência</i>
Resolve o problema	
- Apresentando os genótipos	17
- Apresentando os fenótipos	12
- Apresentando as percentagens respectivas	6
Utiliza correctamente os conceitos:	
- genótipo	14
- fenótipo	12
- heterozigotia	15
- homozigotia	15
- alelo	2
- dominância	13
- recessividade	13
Indica o significado dos símbolos	7
<i>Não resolve o problema</i>	4

A maior parte dos alunos (17 – 81% do grupo) conseguiu, pelo menos, apresentar o cruzamento através do Xadrez Mendeliano, com a indicação dos genótipos da descendência. Apenas 12 (57%) indicaram os fenótipos correspondentes e apenas 6 alunos (29%) indicaram as percentagens correctas.

Na explicação do que fizeram, nem todos conseguiram estabelecer a ligação com os conceitos envolvidos, sendo o mais difícil o conceito de alelo, o qual foi utilizado de forma adequada apenas por dois dos entrevistados, por sinal os alunos com as notas mais elevadas do grupo. A distinção entre gene e alelo mostrou-se igualmente muito difícil para alunos, com formação específica nesta área, inquiridos por Longden (1982).

Conseguirem explicar o significado dos símbolos que utilizaram ao resolver o problema revelou-se também uma tarefa difícil para a maior parte dos alunos. Apenas 7 foram capazes de dar a indicação de que os símbolos estavam relacionados com os cromossomas/genes.

Quando questionados directamente sobre isso na pergunta 11.2. [*A solução do problema (alínea a) tem alguma relação com cromossomas?*], mais 5 alunos, para além dos 7 que já o tinham referido espontaneamente no ponto anterior, afirmaram que os cromossomas estão relacionados com o quadro que apresentaram para resolver o problema anterior (Quadro 23). A confusão surge quando tentam responder à questão 11.3. (*Se sim, quantos são os cromossomas envolvidos?*), com respostas muito diversas entre si (Quadro 24).

Quadro 23

Resposta à questão 11.2.

Relação do problema de genética com os cromossomas

	<i>Sim</i>	<i>Não</i>	<i>Não sabe/ Não se lembra</i>
Frequência	12	2	7

Quadro 24

Resposta à questão 11.3.

Número de cromossomas implicados no problema de genética

<i>Número de cromossomas</i>	<i>Frequência</i>
Um par de cada progenitor	2
Dois	6
Um	1
Outro	1
<i>Não sabe/Não se lembra</i>	11

Nesta questão, só dois alunos (aqueles com a nota mais elevada na disciplina) exprimiram claramente estar-se em presença de um par de cromossomas homólogos de cada progenitor. Os outros não conseguiram explicitar essa ideia ou responderam sem conseguir justificar porquê.

A dificuldade torna-se praticamente intransponível quando se lhes pede para representarem esquematicamente essa relação na pergunta 11.4. (*Faz um esquema em que relaciones os símbolos que usaste com os cromossomas. Explica.*); aí nenhum aluno foi capaz de explicar completamente essa relação, tendo em conta os mecanismos da meiose e a noção de acaso.

Quadro 25

Resposta à questão 11.4.

Esquema da relação cromossomas/símbolos usados no problema de genética

<i>ESQUEMA</i>	<i>Frequência</i>
Representa os cromossomas	7
Localiza os genes nos cromossomas	7
Relaciona com a meiose	3
Relaciona com a fecundação	2
<i>Não constrói qualquer esquema</i>	14

Cerca de 67% dos alunos (F=14) revelaram-se incapazes de representar qualquer esquema dos cromossomas. Apenas 7 o conseguiram fazer, todos localizando os genes correctamente nos cromossomas. Dois alunos referiram a fecundação para explicarem o restabelecimento da fase diplóide.

Em conclusão, foi muito difícil para os alunos relacionarem os conceitos teóricos implicados no problema de genética para explicar o seu mecanismo de resolução, levando-os a admitir que o resolvem de forma mecânica. Os alunos, aparentemente, não conseguem tornar funcionais os conceitos a que tiveram acesso em tópicos anteriores, ideia já apontada por Whitehead (1967) onde alerta para o perigo das ideias teóricas poderem transformar-se em conhecimento inerte, quando não utilizado.

Para verificar se os alunos compreenderam a noção de probabilidade implícita no problema quando apresentaram o Xadrez Mendeliano, foi elaborada a pergunta 11.5. (*Se o casal tivesse uma ninhada de, por exemplo, quatro crias, qual seria a respectiva cor do pêlo?*). A maior parte dos alunos manifestou grande dificuldade em lidar com este conceito, como se pode ver no Quadro 26.

Quadro 26

Resposta à questão 11.5.

Noção de probabilidade na resolução do problema de genética

<i>Previsão</i>	<i>Frequência</i>
Utiliza correctamente o conceito de probabilidade	7
3 de cor negra e 1 de cor castanha	5
1 de cor negra, 1 de cor castanha, 2 como os pais (indefinido)	3
Outro	2
<i>Não sabe/Não se lembra</i>	4

Sete dos alunos conseguiram responder usando o conceito de probabilidade, mas os outros pareceram lidar mal com esse tipo de raciocínio, fazendo uma leitura imediata da proporção de 3:1 de fenótipos da descendência ou 2:1:1, nos casos em que consideram que a dominância não é completa e decidem estar perante um caso de co-dominância. O raciocínio probabilístico corresponde, na verdade, a um esquema operatório formal que, previsivelmente, alguns dos alunos não dominarão ainda plenamente (Carretero, 1986).

No que diz respeito à última parte desta unidade programática, a *genética aplicada*, elaborámos essencialmente perguntas de opinião, em que os alunos podiam expor o seu pensamento sobre o assunto.

Assim, no ponto 1 da pergunta 12, (*Passamos agora ao tema designado no programa por genética aplicada. 12.1. Consideras que os conhecimentos de genética são importantes para a vida em sociedade? Porquê?*), as respostas dispõem-se no quadro que a seguir se apresenta.

Quadro 27

Resposta à pergunta 12.1.

Importância dos conhecimentos de genética para a vida em sociedade

<i>Importância</i>	<i>F. G.</i>	<i>Categorias</i>	<i>F. P.</i>
Sim	21	Conhecimento do próprio corpo/ da vida	13
		Aplicação aos problemas da gravidez/ infertilidade	8
		Previsão das características dos filhos	5
		Compreensão/prevenção de doenças hereditárias	2
		Compreensão dos problemas do dia a dia (ADN, manipulação genética)	2
		Avanço da ciência	1
Não	0		

Todos os alunos consideraram importante o conhecimento de genética na vida em sociedade e todos apresentaram pelo menos uma razão para isso. Vários alunos enumeraram mais do que uma razão nas suas respostas.

O argumento apresentado mais vezes foi o de que os conhecimentos de genética deveriam integrar a cultura de qualquer cidadão, no sentido em que é importante que todas as pessoas compreendam o seu corpo ou os seres vivos em geral, como funcionam e quais os mecanismos que explicam esses processos.

Uma razão particular referida por oito dos alunos foi a de poderem utilizar esses conhecimentos para compreender melhor o processo da gravidez e os problemas de infertilidade. Conseguirem prever ou compreender as características hereditárias dos filhos foi uma justificação apresentada por 5 alunos.

Os restantes defenderam-se com os argumentos da importância de compreender e prevenir doenças hereditárias (F=2), de compreender as questões apresentadas pelos *mass media* (F=2) ou porque a compreensão destes problemas na sociedade pode permitir o avanço da ciência.

Parece, assim, legítimo concluir que os alunos não tinham qualquer dúvida em relação à importância destes conhecimentos, apresentando pelo menos uma boa razão para fundamentarem a sua posição.

Relativamente aos possíveis temas debatidos na parte de genética aplicada do programa, resolvemos escolher o dos alimentos transgénicos, por ser um tema em debate na altura em que foram elaborados os guiões. O importante não era verificar se os alunos sabiam exactamente o significado, mas sim trazer um tema a debate para preparar a pergunta seguinte, onde se pretendia indagar como os alunos reagem perante uma situação de tomada de decisão em face de um tema social complexo.

Seguem-se os resultados obtidos na pergunta 12.2 (*Sabes, por exemplo, o que são organismos transgénicos?*).

Quadro 28

Resposta à pergunta 12.2.

Noção de organismo transgénico (o.t.)

<i>Sabes o que são o. t.?</i>	<i>F. G.</i>	<i>Categorias</i>	<i>F. P.</i>
Sim	7	Alterados geneticamente	5
		Produtos que fazem mal ao organismo	1
		Alteração química dos alimentos	1
Não	14		

Como o Quadro 28 torna claro, muitos dos alunos (F=14) nunca tinham ouvido falar em organismos transgénicos; dois deles, apesar de já terem ouvido falar desse termo, faziam uma ideia inadequada do seu significado. Apenas 5 foram capazes de explicar correctamente do que se tratava.

Devido à extensão do programa de CTV, estes temas acabam por não ser devidamente debatidos nas aulas, daí que este resultado acabe, a nosso ver, por não ser surpreendente. Na verdade, os alunos que deram explicações correctas sobre o tema tinham participado num trabalho de grupo, na disciplina de Filosofia, onde esse foi o tema por eles trabalhado.

Quando colocados perante a seguinte situação de tomada de decisão:

(12.3. Nos EUA utiliza-se a engenharia genética na agricultura, para evitar pragas e, em consequência, graves perdas agrícolas. Em Portugal, como em vários países europeus, não há autorização oficial para se cultivarem plantas transgénicas mas efectuam-se investigações com transgénicos. É o caso das experiências feitas em amendoeiras, com o objectivo de introduzir resistências a vírus, já que as amendoeiras nacionais estão quase todas infectadas, o que acarreta enormes prejuízos para a economia do país.

Se fosses tu a decidir, autorizarias a comercialização dessas amendoeiras? Como fundamentarias a tua decisão?), a maior parte dos alunos teve alguma dificuldade em apresentar as suas ideias sobre o assunto. Alguns deles acabaram, no entanto, por fazer um balanço das vantagens e desvantagens de diferentes soluções, evidenciando, assim, algumas capacidades apropriadas à abordagem deste tipo de questões.

Sete alunos basearam a sua decisão numa aceitação sem restrições da utilização dos organismos transgénicos na Natureza. Para esses alunos, o assunto pareceu pacífico e, aparentemente, não lhes levantou grandes reservas ou suscitou grandes dúvidas.

Estes dados acabam por vir de encontro à ideia de que, de um modo geral, estas competências são pouco exploradas na escola; seja por condicionalismos de tempo, do programa ou por factores inerentes à própria cultura escolar, os alunos acabam por não ver criadas oportunidades para desenvolver tais competências.

Quadro 29

Resposta à pergunta 12.3.

Tomada de decisão perante uma questão social relativa à genética

<i>Tipo de respostas</i>	<i>Frequência</i>
Toma posição favorável, não apresentando condições	7
Toma posição favorável, apresentando condições	7
Toma posição desfavorável, apresentando condições	2
Faz uma avaliação das vantagens e das desvantagens sem decidir definitivamente	5

Perante a questão seguinte, (12.4. *Sentes que tiveste uma boa preparação na escola, para tomares decisões em situações como esta? Se não, o que sugerias para ficares melhor preparado para o futuro?*) 10 alunos responderam não se sentirem preparados para tomar decisões no âmbito da genética na sociedade, outros 9 consideraram que tinham aprendido o básico para saberem lidar com estas situações no futuro.

Quadro 30

Resposta à pergunta 12.4

Preparação dos alunos para decisões que implicam conhecimentos de genética

	<i>Sim</i>	<i>Não</i>	<i>Ambivalente</i>
Frequência	9	10	1

É curioso constatar que alguns dos alunos, não obstante não terem sido capazes de responder ao desafio proposto na pergunta anterior, consideraram, ainda assim, ter preparação suficiente para, com facilidade, fazer face a questões sociais futuras.

Na verdade, eles sabem que muitos dos seus colegas, de outros agrupamentos, que não têm esta disciplina no seu currículo, não têm acesso a este tipo de

conhecimento, pelo menos a nível escolar e, como tal, não estudam este tema na escola. Em relação a esses e à população não escolarizada, estarão, à partida, melhor alfabetizados a este nível.

Quadro 31

Resposta à pergunta 12.5.

Sugestões dos alunos para uma melhor preparação para o futuro

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Aulas práticas	8
Visitas a laboratórios	6
Mais informação sobre essas questões	6
Debates	5
Palestras	2
Folhetos informativos	2
Mais tempo/ Menos matéria	2
Testemunhos	1
Motivar mais os alunos	1
Trabalhos de grupo	1
Exposições	1
Cartazes	1
Pesquisa fora da escola	1
Aulas extra	1

Da análise das respostas pode constatar-se que as sugestões mais referidas foram no sentido de uma componente prática mais forte nas aulas e mesmo de mais informação directa sobre estas questões, por exemplo através de folhetos informativos. As actividades na sala de aula podem, no seu entender, implicar debates, palestras, trabalho de grupo, por exemplo. Dois alunos sugeriram mais tempo para este tema ou diminuição da extensão do programa.

Tendo em conta que estas entrevistas, conjuntamente com as efectuadas aos professores, tinham por objectivo identificar dificuldades dos alunos, fazendo a triangulação com a literatura, pudemos constatar que os alunos entrevistados mostravam dificuldades similares às reportadas em outros estudos semelhantes

efectuados (Wood-Robinson et al., 1998 e 2000; Lewis et al., 2000a, 2000b e 2000c):

1. dificuldades com o conceito de célula;
2. incerteza acerca da relação entre genes e cromossomas;
3. confusão acerca da terminologia da divisão celular e do seu significado;
4. dificuldades em relacionar os diferentes processos;
5. dificuldades com a resolução de problemas.

Para além disso, estes alunos pareceram ter consciência de algumas das suas dificuldades, apesar da sua apetência pela disciplina e pelo tópico em estudo, algo que não pode deixar de ser considerado um importante requisito metacognitivo, potencialmente favorável a uma mudança cognitiva mais efectiva.

1.2. Entrevistas a Professores

No sentido de procurar completar a triangulação literatura-alunos-professores, entrevistámos dez professores, todos profissionalizados no 11º Grupo-B e efectivos, pertencentes às três escolas secundárias da cidade de Évora. Na Escola Secundária Severim de Faria, escola onde centrámos o nosso trabalho empírico, entrevistámos todos os professores com experiência de leccionação no 11º ano. A esse grupo, e com o objectivo de o alargar e diversificar, juntámos então dois professores de cada uma das outras escolas da cidade: Escola Secundária Gabriel Pereira e Escola Secundária André de Gouveia. Estes professores foram escolhidos tendo por base o mesmo critério, ou seja, considerando a sua experiência de leccionação na disciplina de Ciências da Terra e da Vida (11º ano).

A primeira questão da entrevista (*Qual é, na sua opinião, a atitude que, em geral, os alunos manifestam perante a disciplina de Ciências da Terra e da Vida do 11º ano? Que razões lhe parecem estar na base dessa atitude?*) teve por

objectivo perceber qual a percepção dos professores sobre a atitude dos seus alunos perante esta disciplina, em termos gerais.

Os entrevistados, na sua maioria, manifestaram a sua opinião referindo-se à disciplina no seu todo, mas, ao expressarem o seu ponto de vista, acabaram por particularizar referindo tópicos específicos do programa.

Nas suas respostas referiram, sobretudo, se os alunos costumam gostar ou não da disciplina ou de alguns dos tópicos programáticos. O grau de dificuldade e o interesse foram dois factores também muito referidos. Os tópicos a que recorreram para melhor ilustrarem as atitudes dos alunos foram os de *Fotossíntese e Respiração, Reprodução Humana e Hereditariedade*.

Ao indicarem qual lhes parecia ser a atitude dos alunos, todos os professores consideraram que os alunos gostam desta disciplina, sendo essa ideia reafirmada por várias vezes ao longo dos discursos dos mesmos (19 registos).

A maioria dos professores (F=7) mencionou que os alunos se motivam, se interessam ou se entusiasma com esta disciplina, sendo em geral uma disciplina em que “*reagem bem aos temas*” (P02) e em que “*a aceitação do programa até costuma ser boa*” (P06). Alguns referiram, no entanto, que alguns deles não deixam de lhe associar alguma dificuldade, sobretudo quando se confrontam com as primeiras unidades – *Respiração e Fotossíntese* –, temas menos simpáticos para os alunos. Nos temas que os alunos, em geral, gostam e têm interesse também surgem dificuldades, sendo os casos mais mencionados os do *Ciclo Biológico do Homem e Hereditariedade*.

A extensão do programa foi um outro aspecto bastante referido. Para os professores que o mencionaram (F=5), constitui um factor que marca esta disciplina de uma forma muito negativa, como podemos avaliar pelas palavras de um deles (P10): “*a extensão do programa acaba por cansá-los por (...) exigir um esforço, um sacrifício que de alguma forma desvirtua a iniciativa, a aprendizagem, o gosto da aprendizagem...*”. A extensão do programa constitui, de facto, um factor que assumiu grande importância para os sujeitos que a eles se

referiram, dada a sua enunciação recorrente. Os professores consideraram que a extensão, intimamente relacionada com a falta de tempo para explorar aprofundadamente cada um dos tópicos, tem como consequência que as atitudes dos alunos, inicialmente positivas, em relação a esta disciplina, vão declinando ao longo do ano, como o ilustra a seguinte passagem do mesmo professor: *“gostam à partida mas acabam por não ver esse gosto materializado na sua aprendizagem, não há grande possibilidade de explorar os interesses deles e a participação. (...) têm o interesse à partida, são motivações intrínsecas, mas motivações extrínsecas não há possibilidade de desenvolver”*.

Por ser um programa muito extenso, alguns professores fazem notar que exige dos alunos muito esforço e trabalho pessoal para se manterem a par da matéria e, a agravar a situação, a sua abordagem é feita, pelo mesmo motivo, de uma forma essencialmente teórica. Poderemos dizer que a extensão do programa parece ser indutora de práticas rotineiras e transmissivas, mesmo quando sentidas como pouco adequadas ao desenvolvimento dos alunos. As palavras de Perrenoud (1993b) ilustram bem esta lógica que se instalou nas escolas secundárias e que parece ser generalizada:

É a lógica que existe, infelizmente em muitas escolas secundárias nos dias de hoje: avança-se através do programa a um ritmo suficiente para o cumprir totalmente, deixando a cada capítulo vários alunos pelo caminho. No final, o que importa é que o programa tenha sido ensinado, e não que tenha sido aprendido (...). (pp. 182-183)

Em relação à atitude perante a disciplina é de realçar que existe, por parte destes professores, uma percepção tendencialmente coincidente com a opinião dos alunos entrevistados anteriormente.

A segunda questão da entrevista (*Quais as principais dificuldades de aprendizagem dos alunos de que se tem apercebido, relativamente à parte de biologia desse programa?*) teve por objectivo inventariar as dificuldades gerais de aprendizagem que os professores detectam na parte de biologia do programa.

Nas suas respostas, os professores, na sua quase totalidade (F=9), referiram os tópicos *Fotossíntese* e *Respiração* como fonte de dificuldades para os alunos, sendo o domínio precário de conhecimentos bioquímicos o factor mais relevante por eles apontado (razão mencionada por 6 dos entrevistados), para além da própria abstracção inerente a esses tópicos. A falha na interligação dos programas de Ciências da Terra e da Vida e de Ciências Físico-Químicas é uma causa provável para essa dificuldade dos alunos, na opinião de um dos professores (P01), pois há noções de química que acabam por ser tratadas nas aulas de CTV e não nas de CFQ, como seria desejável: *“Essas dificuldades têm a ver com um não acompanhamento apropriado do programa de Físico-Químicas, não haver já noções que lhes permitam depois eles conseguirem ver ou tentar ver aquilo que acontece nos processos de fotossíntese e respiração, dos fenómenos que acontecem, das reacções que acontecem”* (P01).

Outros tópicos referidos nos discursos dos professores associados a dificuldades específicas dos alunos foram os de *Meiose*, *Ciclo Biológico do Homem* e *Hereditariedade*. Neste último, foram indicadas dificuldades na abordagem dos problemas de genética e na integração e aplicação do conhecimento anterior necessário à compreensão plena da genética.

Um dos professores (P10) apontou ainda como obstáculo importante o escasso domínio e compreensão de noções de estatística e probabilidade, assim como da análise combinatória de factores, competências que muitos alunos, no seu entender, não têm ainda desenvolvidas. Outros alunos, pelo contrário, são capazes, na opinião do mesmo professor, de compreender com alguma facilidade os conceitos inerentes a este tópico e, sem grande esforço, resolver os problemas ao longo de toda a unidade. Muito provavelmente tratava-se aqui de alunos que, em termos de desenvolvimento, conseguiriam operar ao nível piagetiano das operações formais, pelo menos neste contexto curricular.

No que diz respeito a condicionantes de aprendizagem mais gerais, foram especialmente relevadas por alguns dos professores as que a seguir se indicam: falta de estudo dos alunos, falta de acompanhamento nas aulas, baixo nível de raciocínio lógico-matemático, baixo nível de desenvolvimento cognitivo,

dificuldade em interpretar dados, dificuldades em estabelecer relações entre variáveis, dificuldade em estabelecer relações entre os vários tópicos da matéria. O Professor P10 chama ainda a atenção para as questões da linguagem, assumida como um factor transversal às dificuldades de aprendizagem dos alunos: “... *há uma grande dificuldade em termos de capacidade de expressão da linguagem e de interpretação em geral (...) a nível da estrutura da língua (...) do sentido das frases*”.

Embora a maioria dos professores se tenha referido a dificuldades de índole geral, alguns houve que relevaram igualmente condicionantes imputáveis aos alunos embora não deixando de as relacionar com disfunções do próprio ensino (ritmo demasiado acelerado para fazer face à extensão do programa) e com a gestão escolar, sobretudo pedagógica (organização de turmas deficiente para se poder planear aulas mais centradas na actividade dos alunos).

De salientar ainda que o tópico *Hereditariedade* foi mencionado em três das entrevistas, considerando os respectivos entrevistados que lhe estão associadas exigências cognitivas elevadas e dificuldades específicas ligadas à resolução de problemas de genética.

Mais uma vez parece existir concordância entre a opinião dos professores e a dos alunos, no que diz respeito aos tópicos mencionados no âmbito desta questão: *Fotossíntese/Respiração/Fermentação* levantam os principais obstáculos. *Hereditariedade*, por seu lado, apesar de suscitar o interesse e o gosto dos alunos, não deixa também de ser fonte de dificuldades.

Quanto à pergunta 3 (*Dos vários tópicos de biologia, qual (ou quais) aquele(s) em que lhe parece que os alunos sentem, em concreto, mais dificuldades? Como caracterizaria essas dificuldades?*), os resultados confirmam que os tópicos da *Fotossíntese, Respiração e Fermentação* são considerados difíceis pelos alunos, já que todos os professores assim o pareceram admitir. A justificação apontada foi a falta de conhecimentos de química (em concreto, bioquímica) para fazer

face à compreensão dos mecanismos envolvidos naqueles processos celulares (esta razão foi apontada por 8 dos professores).

O tópico imediatamente a seguir referido como um dos que tradicionalmente levantam mais dificuldades de aprendizagem foi o da Hereditariedade. Quatro dos entrevistados sublinharam, a este respeito, que se há alunos que acompanham desde o início e conseguem entender os mecanismos de resolução de problemas e têm um bom raciocínio lógico-matemático, aprendem com facilidade e têm sucesso, outros, em contrapartida, não conseguem acompanhar a sequência da matéria desde a sua fase inicial, têm muito mais dificuldade ou nem sequer chegam a conseguir compreender os conceitos básicos.

Na mesma ordem de ideias, um dos professores julga mesmo pertinente identificar dois grupos fundamentais, constantes em todas as turmas que tem leccionado de 11º ano:

eu noto uma grande diferença entre dois grupos de alunos, os alunos que compreendem bem a hereditariedade e que não precisam de estudar muito e que percebem bem e fazem os exercícios, mesmo que a nível de memória e de trabalho não sejam os mais eficazes; e outros alunos que, mesmo trabalhando, mesmo insistindo, têm alguma dificuldade em perceber a hereditariedade, principalmente talvez por causa da estatística, por causa da combinação entre os factores. (P10)

O terceiro tema, por ordem de dificuldade, é o da meiose, que foi apontada por seis dos professores como um processo de difícil compreensão, essencialmente por ser confundido pelos alunos com a mitose e estes não conseguirem interiorizar qual o papel diferenciado dos dois processos nos organismos vivos.

As dificuldades neste tema vão entroncar com a unidade Hereditariedade, já que o domínio do processo meiótico é fundamental para que os alunos possam compreender capazmente a genética.



Comparativamente, enquanto os professores pareceram ter a noção de que a meiose suscita dificuldades de aprendizagem, os alunos, pelo contrário, tenderam a considerar a meiose um tópico sem grande complexidade e que compreendem facilmente, apesar do seu desempenho em situação concreta (exigida em algumas das questões das entrevistas) ter evidenciado o contrário.

Quanto à pergunta 4 (*Qual lhe parece ser a opinião dos alunos sobre a resolução de problemas em biologia? E sobre os problemas de genética? Em seu entender, como se justifica essa postura dos alunos?*), os professores responderam, no que diz respeito à resolução de problemas em geral, com argumentos bastante diferenciados e dispersos: desde os alunos reagirem mal a tudo o que lhes parece ter a ver com matemática, até falta de interesse ou de empenhamento nas tarefas em geral. Alguns alunos, conforme a análise dos entrevistados, não gostam porque não estão habituados a utilizar este tipo de competências, ou porque nunca as treinam ou porque não se querem esforçar e têm dificuldade em aplicar e relacionar os conceitos necessários à resolução dos problemas. Um dos professores sublinhou, mesmo, que as dificuldades ou a falta de sucesso de alguns alunos têm muito mais a ver com o seu desinteresse pela escola do que pela falta de capacidades necessárias para fazer frente ao que a escola lhes exige em termos intelectuais.

Quanto aos problemas específicos de genética, para além dos factores anteriores, foi ainda tida em conta a especificidade do próprio tema. Assim, os entrevistados, de uma forma geral, afirmaram que os alunos reagem bem a estes problemas, gostam e alguns até os acham fáceis, sobretudo aqueles que têm um bom domínio dos conceitos aprendidos anteriormente e que funcionam como pré-requisitos deste tema, como seja, por exemplo, a meiose. Outros professores consideraram que alguns alunos acham os problemas interessantes mas difíceis, sobretudo quando se levantam dificuldades de interpretação dos enunciados ou quando lhes é exigido raciocínio lógico-matemático e é preciso imaginar, por exemplo, as combinações possíveis dos gâmetas, passo importante para quase todos os problemas.

Mais uma vez surge relevado o facto de alguns dos alunos não gostarem e terem dificuldades, não só por falta de capacidades mas também por falta de interesse e desenvolverem uma atitude negativa em relação aos problemas logo desde o início e, a partir daí, manifestarem uma total falta de empenhamento.

Um dos professores considerou que as reacções dos alunos em relação aos problemas de genética em concreto não se distinguem, no essencial, das dificuldades que, em geral, manifestam na resolução de qualquer tipo de problemas. Tais não são, em sua opinião, específicas da genética mas sim uma consequência da complexidade e do número de variáveis de cada problema.

A principal diferença entre a opinião dos professores e a dos alunos, a este respeito, é a de os professores referirem predominantemente factores atribuíveis aos alunos: falta de interesse ou falta de capacidades, entre as mais citadas; os alunos, por sua vez, atribuem mais a si próprios o insucesso do que a factores relacionados com a competência dos professores.

Algumas das dificuldades mais específicas da área da genética surgem no quadro das respostas à pergunta 5 (*Que dificuldades específicas da área da genética costumam os alunos manifestar? Porquê? O que acha que se podia fazer para obviar a essas dificuldades?*). Quase todas as dificuldades enumeradas neste âmbito dizem respeito à resolução de problemas (6 registos), aspecto, aliás, também coincidente com as entrevistas dos alunos. A esse propósito, os professores destacaram: problemas de diíbridismo e poliíbridismo, problemas em que os alunos tenham que analisar as causas através dos seus efeitos, problemas de co-dominância e dominância incompleta, de hereditariedade ligada ao sexo e de interpretação de árvores genealógicas. Conceitos de difícil abordagem por parte dos alunos, como os de gene, cromossoma, cariótipo, genótipo, “linkage”, foram, ainda, dos mais referidos.

As razões apontadas para essas dificuldades dividem-se entre questões relacionadas com o ensino, como, por exemplo, a falta de tempo para trabalhar mais com os alunos (1 registo) ou a própria dificuldade da matéria (1 registo) e

razões inerentes ao próprio aluno: diferenças nas suas capacidades de aprendizagem ou de raciocínio (3 registos).

Para ultrapassar estes obstáculos, os professores sugerem que se dedique mais tempo a esta unidade, com mais aulas práticas e mais situações para aplicação dos conhecimentos (4 registos). Outras sugestões referidas foram as seguintes: ajudar os alunos a relacionar os problemas com a teoria, apresentar aos alunos problemas já resolvidos para que se possam aperceber dos processos de resolução mais comuns, analisar situações concretas na sala de aula, desdobrar as variáveis envolvidas (quando mais do que uma) e observação sempre que possível. Um dos professores salienta, porém, que o trabalho deve ser anterior, que os alunos devem habituar-se a resolver problemas e a desenvolver competências de raciocínio mais cedo na escolaridade.

Passando agora para a pergunta seguinte (6. *Na sua opinião, qual o grau de compreensão que os alunos em geral manifestam no que tem a ver com as seguintes proposições-chave do conceito de hereditariedade*) e no que diz respeito à primeira proposição - *O mecanismo da hereditariedade transmite características dos pais para os filhos através da reprodução* -, quase todos os professores foram de opinião que os alunos compreendem perfeitamente essa ideia.

Quanto à 2ª proposição - *Os genes determinam as características hereditárias de um organismo* -, a maioria dos entrevistados considera-a acessível aos alunos e no geral compreendida, embora por vezes sintam que essa compreensão é superficial (4 registos).

Quanto à proposição seguinte - *Os genes, para um dado carácter, podem existir em formas alternativas* - as respostas de oito dos entrevistados avaliam-na como difícil para os alunos, seja pelo seu grau de abstracção, seja por não ser fácil ensinar. Os restantes consideram uma ideia que, em geral, os alunos compreendem com facilidade.

No que tem a ver com a proposição *Os genes localizam-se nos cromossomas*, todos os professores se manifestaram dizendo que os seus alunos a assimilam facilmente. Apesar de parecer, de facto, uma ideia simples, a verdade é que os alunos entrevistados não pareciam possuir, na sua esmagadora maioria, uma noção consistente do conceito de gene, confundindo-o com o de cromossoma e tendo dificuldade em fazer a sua localização nos cromossomas das células.

Quanto à compreensão do significado da afirmação *Um par de genes controla um carácter. Alguns caracteres são controlados por vários pares de genes*, dos 10 entrevistados, a grande maioria (sete) afirmou que dificilmente os alunos conseguem uma boa compreensão desta ideia.

Em relação à asserção seguinte - *A meiose separa os pares de cromossomas e os pares de genes das células dos progenitores, de tal forma que os gâmetas que se acabam por produzir transportam um cromossoma e um gene de cada par* -, as reacções foram distintas, com 8 dos professores a considerar que os alunos conseguem uma compreensão razoável destas ideias, conseguindo relacionar a meiose, os gâmetas, os cromossomas e os genes.

Os alunos entrevistados mostraram, na realidade, um mau domínio do conceito de meiose, pois, nas perguntas em que foram solicitados a utilizar esse conceito, muitos fracassaram e confundiram-no com o de mitose.

Face à afirmação - *O acaso determina qual dos espermatozóides fecunda o oócito e, por consequência, o genótipo da descendência* -, metade dos entrevistados afirmou ser uma noção com que os alunos lidam bem, tendo os restantes considerado que alguns deles sentem dificuldades com esta noção. As justificações apresentadas prendem-se com a abstracção inerente ao conceito, com a sua complexidade ou com a dificuldade que os alunos manifestam no domínio do raciocínio probabilístico.

Os alunos entrevistados anteriormente tiveram uma dificuldade extrema com a noção de acaso. Nenhum deles, na verdade, foi capaz de utilizar essa ideia na resolução do problema apresentado. Não querendo tomar aqueles 21 alunos

como representativos do universo dos alunos de CTV do 11º ano, pensamos que este resultado pode ser indicador de dificuldades efectivas na construção e/ou utilização daquele tipo de pensamento.

O último enunciado – *O organismo adulto multicelular desenvolve-se a partir de uma única célula - o zigoto - por divisão celular (mitose) e como tal todas as células somáticas desse indivíduo têm os mesmos genes* – suscitou um conjunto de reacções diversas, variando desde posições que consideravam que os alunos interiorizam estas noções com facilidade (6 registos), que têm alguma dificuldade (2 deles), muita dificuldade (1 registo) a posições que apresentavam dúvidas quanto ao facto de os alunos serem capazes de demonstrar essa compreensão, quando aplicam esse conhecimento numa situação concreta. A ênfase posta na grande dificuldade sentida pelos alunos nesta proposição é justificada, por um dos professores, do seguinte modo: *“Têm muita dificuldade em perceber que, ao mesmo tempo que as células se vão dividindo, há umas que se vão diferenciando...”* (P07). Esta transcrição ilustra bem que o professor tem a noção que não é fácil para os alunos fazer a relação entre diferentes conceitos e diferentes tópicos, tratados em alturas diferentes do programa. Na realidade, não só é difícil para os alunos fazerem isso por si próprios, como aparentemente não haverá o hábito de os ajudar a fazê-lo, com o intuito de desenvolverem uma visão sistémica e integrada do funcionamento do corpo humano.

A confirmar essa dedução, temos as respostas dos alunos entrevistados que falharam na utilização dessa ideia, incluindo os alunos que finalizaram a disciplina com classificação de 20 valores.

A última questão da entrevista (7. *Na sua opinião, os alunos, com este programa, aprendem a avaliar o papel da genética na sociedade contemporânea e a tomar decisões fundamentadas nessa área? Em que medida? Como acha que se podem trabalhar essas competências com os alunos?*) tinha a ver com a última parte do tópico programático Hereditariedade. Trata-se de uma parte que não é considerada pelo documento oficial do Ministério da Educação, *Orientação de Gestão de Programas*, como pertencendo ao “Núcleo

Significativo de Objectivos/Conteúdos”, daí ser um aspecto menos desenvolvido, de uma forma geral, pelos professores. Poderemos supor, por isso, que nem sempre estas questões serão abordadas, pois corresponde a um sub-tópico leccionado, em geral, na parte final do ano lectivo, altura em que os atrasos se acumulam e onde se sente mais directamente a extensão do programa.

Metade dos professores afirmou, no entanto, que, no seu entender, os alunos saem com preparação e sensibilidade para tomar decisões nesta área, pelo menos em assuntos que impliquem noções básicas de genética. Os outros que afirmaram que não, argumentaram que, no geral, se trabalha pouco esta parte do programa, por não pertencer ao programa mínimo e devido à falta de tempo.

Cerca de metade dos professores considerou, na verdade, o tempo ou a extensão do programa, os principais responsáveis por não se desenvolverem mais estas competências nos alunos, ficando com alguma informação não trabalhada e sem condições para reflectirem e tomarem decisões conscientes na sua vida futura.

Para trabalhar esse tipo de competências com os alunos, cinco entrevistados sugerem as discussões na sala de aula e os debates como os melhores veículos para abordar estes temas. Outros meios referidos foram os seguintes: análise de artigos e textos, análise de filmes, trabalho de pesquisa, pequenos trabalhos de grupo com discussão na aula, apresentação de factos concretos, tratamento de temas específicos como a clonagem ou os organismos transgénicos.

Vale a pena relevar a opinião de um dos entrevistados, que sugere a utilização na aula de situações apresentadas nos meios de comunicação social, estimulando assim o gosto por saber. Reflectir e analisar situações em que os alunos sejam confrontados com depoimentos reais de pessoas foi outra das sugestões apresentadas.

A maior parte dos professores considerou, sem qualquer dúvida, ser escasso o tempo para tratar estes temas, embora reconheçam que seria fundamental para a formação básica dos alunos e para o desenvolvimento da cidadania.

Em relação a esta questão, tanto os alunos como os professores mostram alguma dispersão nas respostas: para uns, a preparação que a escola fornece é suficiente; para outros, parece não chegar. Todos sugerem, no entanto, actividades alternativas às que habitualmente são levadas a cabo, de índole mais prática e com maior participação e envolvimento dos alunos.

Pode dizer-se, em suma, que as respostas dos alunos e dos professores foram, no essencial, concordantes, no que diz respeito às questões de opinião mais relacionadas com a atitude para com a disciplina e o programa ou com a percepção de cada grupo relativamente a dificuldades concretas. Os professores relevaram, no entanto, a ideia de que há tópicos relativamente fáceis para os alunos, facilidade essa que parece ser tacitamente dada por adquirida; tal assunção é, todavia, contrariada, de acordo com os nossos resultados e com os de outras investigações relatadas na literatura, pelo desempenho dos alunos, quando confrontados com questões concretas ligadas aos conteúdos conceptuais e processuais.

Este desfasamento na percepção dos professores e a aparente dificuldade em diagnosticar dificuldades de aprendizagem mais específicas e objectivas pode ser um dos motivos que estão na base do insucesso evidenciado por muitos alunos, quando este tópico é avaliado.

Na verdade, é nossa convicção que o diagnóstico e a identificação das concepções dos alunos e das suas principais dificuldades de aprendizagem constituem um ponto de partida determinante para abrir caminho a uma aprendizagem significativa por parte dos alunos. Esse conhecimento pode ajudar o professor a compreender algumas das fontes das potenciais dificuldades dos alunos e a melhorar, em consequência, a comunicação na sala de aula (Kargbo et al., 1980). Tal implica, necessariamente, a posse de uma sólida base de conhecimento pedagógico do conteúdo por parte do professor, contributo que, como antes dissemos, não poderá deixar de constituir um dos objectivos nucleares deste estudo, particularmente ao nível da genética e temas afins.

Concluída a triangulação entre os diferentes resultados recolhidos de outros estudos e os que obtivemos a partir das entrevistas por nós realizadas a alunos e professores, pôde constatar-se que as principais dificuldades inventariadas convergiam no essencial, fornecendo, assim, uma boa base de conhecimento para a posterior actuação na sala de aula, pedagogicamente sustentada.

2. A Intervenção na Sala de Aula

A intervenção na sala de aula decorreu durante todo o terceiro período do ano lectivo 2001/2002, numa turma do 11º ano, na Escola Secundária Severim de Faria, em Évora. A sua orientação geral teve por base todos os dados recolhidos da literatura relativamente às dificuldades habituais dos alunos no tópico Hereditariedade, mas também a situação local, ou seja, a informação recolhida através das entrevistas aos alunos e professores, cujos resultados acabámos de apresentar.

Antes de iniciar a leccionação das aulas propriamente ditas, foi necessário recolher alguma informação relativa ao estado de partida dos alunos.

2.1. Estado de Partida dos Alunos

Ficha de diagnóstico inicial. Para recolher alguma informação de base sobre os alunos da turma onde iríamos fazer a intervenção, a qual permitisse caracterizar e enquadrar minimamente o grupo em estudo, aplicámos a *Ficha de Diagnóstico Inicial* (Anexo 2). Passada imediatamente antes da intervenção, teve por objectivo recolher dados sobre importantes pré-requisitos conceptuais, diagnosticar concepções relativamente aos conhecimentos de genética, mas também obter informação sobre conteúdos atitudinais dos alunos da turma.

Analisemos agora as respostas dos alunos a cada uma das perguntas da ficha.

1. *Qual a tua opinião, até agora, sobre a disciplina de CTV (11º ano)?*

Nesta pergunta, os alunos podiam indicar a sua opinião usando uma escala de sete graus, a qual variava entre *Tenho gostado muito* (Grau 7) e *Não tenho gostado nada* (Grau 1).

A turma mostrou ter uma opinião muito favorável em relação à disciplina, como o evidencia a Figura 6, na qual a maioria das respostas se concentra nos graus 7, 6 e 5, que correspondem a uma atitude positiva face à mesma.

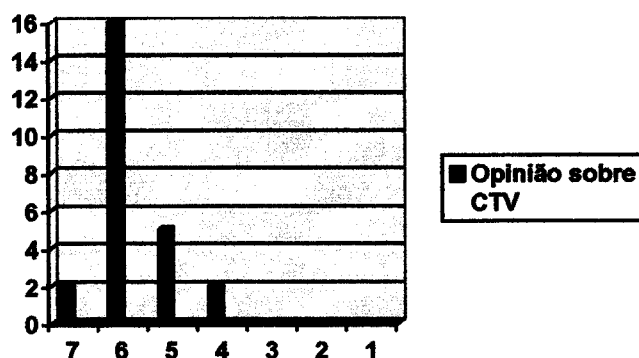


Figura 6 – Opinião dos alunos sobre a disciplina de CTV numa escala de 7 (Tenho gostado muito) a 1 (Não tenho gostado nada).

2. *Qual o tópico de que mais gostaste?*
Qual o que menos gostaste?

Nesta pergunta os alunos deram indicação do seu tópico programático preferido e daquele que menos lhes terá agradado até ao início da unidade Hereditariedade. Os resultados correspondentes são apresentados no Quadro 32 e os do tópico que menos gostaram no Quadro 33.

Quadro 32

Tópicos preferidos pelos alunos da turma

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Reprodução sexuada (ciclo biológico do Homem)	19
Meiose e Mitose	2
Reprodução assexuada	1
ADN	1
Respiração celular	1
Origem da vida	1

Quadro 33

Tópicos de que os alunos menos gostaram

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Fotossíntese e/ou Respiração	15
Reprodução sexuada (Ciclo biológico do Homem)	2
Síntese proteica	2
Mitose	1
Fermentação	1
<i>Sem opinião</i>	4

Como se pode observar, a turma mostrava grande consistência em relação aos tópicos que mais e menos lhes agradaram. Assim, a *Reprodução Humana* acabou por ser o tema eleito por mais alunos (cerca de 76% da turma). No extremo oposto, a *Fotossíntese* e a *Respiração* constituíram os tópicos que menos lhes agradaram (60% dos alunos).

3. *Qual a tua expectativa em relação ao tópico Hereditariedade?*

Para responder a esta pergunta, os alunos dispunham de uma escala de 7 graus (tal como na pergunta 1) para indicarem se achavam que iam gostar muito (Grau 7) ou se achavam que não iam gostar nada (grau 1), podendo depois optar, obviamente, por qualquer dos graus intermédios. Os resultados foram os que se mostram na Figura 7.

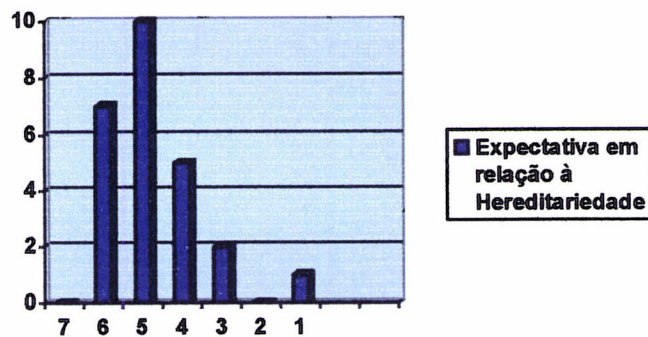


Figura 7 – Expectativa dos alunos em relação ao tópico *Hereditariedade* numa escala de 7 (Acho que vou gostar muito) a 1 (Acho que não vou gostar nada).

Pela análise do gráfico, pode afirmar-se que os alunos mostravam expectativas tendencialmente positivas em relação ao tópico que iam estudar. Vale a pena destacar que o único aluno a escolher o grau 1 – achava que não ia gostar nada – era um aluno repetente e, como tal, as suas expectativas estariam influenciadas pela sua primeira experiência de estudo do tópico na escola.

4. Do que achas que trata a *Hereditariedade*?

Esta pergunta foi elaborada com o objectivo de diagnosticar qual a representação que os alunos faziam do objecto de estudo da hereditariedade. As respostas dos alunos estão organizadas no quadro que a seguir se apresenta.

Quadro 34

Respostas dos alunos à pergunta 4 “De que achas que trata a hereditariedade?”

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Transmissão de características/informação genética/material genético/ /genes, de pais para filhos	18
Visão vaga e generalista	5
Visão restrita e ligada apenas a um conceito relacionado	2

A maior parte dos alunos (18 - 72%) tinha, aparentemente, uma ideia aproximada daquilo que iriam estudar em seguida. Cinco dos restantes apresentavam, contudo, uma ideia algo vaga e pouco definida de hereditariedade, como é o caso dos seguintes exemplos: “*Doenças ou sintomas que vão passando de pais para filhos*” (AI10); “*Tudo aquilo que é transmitido dos progenitores*” (AI01); “*Algo que vem das nossas gerações anteriores*” (AI02); “*O que passa do pai para o filho*” (AI18); “*Passagem de informação para outros seres*” (AI21). De realçar que o primeiro aluno referido faz uma associação muito directa entre hereditariedade e doenças, denotando, provavelmente, uma ideia negativa e muito condicionada pela imagem forte e muito divulgada da doença congénita, ideia essa que o fará reduzir a hereditariedade apenas a esse aspecto.

Finalmente, os dois restantes alunos fizeram uma associação muito restritiva da hereditariedade a conceitos específicos já estudados nesta disciplina e que lhes pareceram relacionados, revelando, de alguma forma, uma representação precária do assunto, o que, ainda assim, nos parece perfeitamente normal para alunos que iam estudar este tema pela primeira vez: “*Está relacionado com o código genético*” (AI05); “*Trata da informação genética*” (AI20).

As questões seguintes da ficha têm a ver com pré-requisitos fundamentais para a compreensão do tema em estudo. Sem pretensão de exaustividade, as perguntas centraram-se em alguns aspectos básicos, como a compreensão dos processos de divisão celular e os conceitos de gene e cromossoma.

5. Já alguma vez ouviste falar em genes? Onde achas que se localizam? De que são constituídos? Qual te parece ser a importância que os genes têm para os organismos?

Apenas um aluno afirmou não ter ainda ouvido falar de genes. Este conceito já tinha, de facto, sido abordado nesta disciplina (12 responderam ter ouvido falar na escola e 2 nos meios de comunicação).

Quanto à localização dos genes, os alunos responderam de acordo com o que se indica o Quadro 35.

Quadro 35

Respostas dos alunos à pergunta 5b

“Onde achas que se localizam (os genes)?”

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
No ADN	8
No núcleo	7
Nas células	2
<i>Não sabe/Não responde</i>	8

Alguns dos alunos (F=8) denotaram dificuldades em diferenciar ADN de genes, tendo 9 afirmado que os genes se localizam nas células ou, mais especificamente, no seu núcleo, fazendo uma ideia pouco precisa dessa

localização, embora nenhum tivesse indicado a sua localização nos cromossomas.

Quanto à constituição dos genes (Quadro 36), o caso tornou-se ainda mais difícil, com 20 alunos a não arriscarem sequer uma resposta. Dos que responderam, apenas um referiu ser o ADN a constituir os genes; 3 alunos responderam de forma mais vaga, mencionando que os genes são constituídos por material genético ou informação genética. Finalmente, um aluno afirmou serem constituídos por cromossomas, confundindo totalmente os dois conceitos e a sua respectiva ordem de grandeza.

Quadro 36

Respostas dos alunos à pergunta 5c “De que são constituídos (os genes)?”

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Material genético	2
Informação genética	1
ADN	1
Cromossomas	1
<i>Não sabe/Não responde</i>	20

Quanto à opinião dos alunos acerca da importância que os genes têm para os organismos, os resultados foram os que se apresentam no Quadro 37.

Quadro 37

Respostas dos alunos à pergunta 5d “Qual te parece ser a importância que os genes têm para os organismos?”

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Determinam as características hereditárias	9
Contêm a informação genética	2
Definem cada pessoa	2
Garantem a hereditariedade	2
Fazem com que as características passem de uns organismos para outros	1
<i>Não sabe/Não responde</i>	9

Onze alunos responderam de uma forma tendencialmente correcta, referindo a determinação das características hereditárias ou da informação genética, tendo os outros respondido de forma muito vaga e imprecisa; nove dos alunos não arriscaram sequer uma resposta.

6. Se pensares no teu organismo, onde se localiza o ADN? Qual a sua importância?

Quanto à localização do ADN, 19 alunos responderam poder encontrá-lo no núcleo das células, enquanto 6, de forma menos precisa, responderam que o ADN se encontra nas células. Quer dizer, apesar de alguns alunos não terem especificado muito bem a localização do ADN, nenhum deles deu uma resposta incorrecta ou evitou responder, parecendo assim evidenciar segurança em relação a este tópico.

Quanto à importância do ADN, as respostas foram variadas, como o evidencia claramente o Quadro 38.

Quadro 38

Respostas dos alunos à pergunta 6d “Qual a sua importância (do ADN)?”

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Contém a informação genética	18
Contém os genes	4
Define cada pessoa	1
Garante a hereditariedade e a continuidade da espécie	1
Permite transferir parte da informação genética das células-mãe	1

Apesar da diversidade das respostas, nomeadamente quanto ao grau de generalidade, todos os alunos responderam à pergunta, parecendo evidenciar, mais uma vez, alguma segurança em relação a este tema. Quanto às respostas propriamente ditas, todos os alunos assinalaram aspectos importantes do papel do ADN no organismo, com excepção da resposta do aluno correspondente à última categoria do quadro, bastante mais confusa e a indiciar, aparentemente, uma imprecisão nos conceitos de replicação e reprodução.

7. No teu organismo, onde se localizam os cromossomas? De que são constituídos? Qual a importância dos cromossomas no organismo?

Quanto aos cromossomas, 14 alunos mencionaram o núcleo das células ou as células como o local onde os poderiam encontrar no organismo, denotando, tanto quanto é possível depreender, uma relação correcta entre organismo/célula/cromossoma. Os sete alunos que responderam ADN evidenciaram alguma dificuldade em estabelecer a diferença entre ADN e cromossoma.

Quadro 39

Respostas dos alunos à pergunta 7a “No teu organismo, onde se localizam os cromossomas?”

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Núcleo	8
ADN	7
Células	6
<i>Não sabe/Não responde</i>	4

No que diz respeito à constituição dos cromossomas, menos alunos tentaram uma resposta (apenas 15) mas todos os que responderam foram congruentes na sua opção. Como o termo “constituição” pode ser interpretado como a constituição biológica ou como a estrutura dos cromossomas, aqueles que responderam cromatídeos estariam a referir-se a “estrutura” e os que responderam ADN estariam a interpretar como constituição biológica dos cromossomas.

Quadro 40

Respostas dos alunos à pergunta 7b “De que são constituídos (os cromossomas)?”

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Genes	7
Cromatídeos	6
ADN	2
<i>Não sabe/Não responde</i>	10

O Quadro 41 mostra as categorias criadas a partir das respostas dos alunos relativamente à importância dos cromossomas no organismo.

Quadro 41

Respostas dos alunos à pergunta 7c

“Qual a importância dos cromossomas no organismo?”

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Importante para a divisão celular	5
Determinação das características de cada indivíduo	4
Conter a informação genética	3
Identificar cada ser humano	1
Traduzir a informação do ARN	1
<i>Não sabe/Não responde</i>	11

As respostas a esta pergunta foram, de uma forma geral, vagas, embora todas elas abrangendo algum aspecto relacionado com a função dos cromossomas no organismo. De realçar que 11 alunos não souberam ou não quiseram responder, o que pode indiciar alguma insegurança em relação à noção de cromossoma, já trabalhada anteriormente no programa.

As últimas perguntas da ficha de diagnóstico inicial (8 e 9) têm a ver com a divisão celular e a sua relação com o crescimento e a reprodução, os cromossomas e a informação genética, para verificar até que ponto os alunos eram capazes de mobilizar conhecimentos básicos para uma aprendizagem significativa da hereditariedade.

8. Nos animais, as células da pele dividem-se continuamente para produzir novas células.

a) As novas células formadas contêm o mesmo número de cromossomas que a célula original ou um número diferente? Porquê?

No que diz respeito a esta pergunta, todos os alunos responderam à primeira parte da mesma e quase todos justificaram, exceptuando 3 alunos (Quadro 42).

Nem todos, no entanto, foram capazes de justificar de acordo com a explicação científica.

Apenas 7 alunos afirmaram com segurança que o número de cromossomas se mantém e justificaram esse facto referindo os mecanismos do ciclo celular responsáveis pela manutenção desse número. Os outros 8 justificaram com argumentos relativos ao tipo de célula em causa.

No caso dos alunos que responderam que o número de cromossomas diferia, tal justificação evidencia algum tipo de confusão, seja com a meiose ou com a fecundação. Transcrevem-se algumas respostas exemplificativas dessas dificuldades: “Porque se reproduzem sexualmente pela meiose (AI11); Porque depois da divisão tornam-se haplóides” (AI12); “Porque as novas células são formadas a partir de duas células originais e o somatório do número de cromossomas das células originais é que vão dar o número da nova célula” (AI15).

Quadro 42

Respostas dos alunos à pergunta 8a

Mitose: raciocínio relativo ao número de cromossomas nas células novas da pele

<i>Nº de cromossomas</i>	<i>Frequência Global</i>	<i>Categorias</i>	<i>Frequência Parcial</i>
Mesmo	16	Mecanismo da mitose	7
		Células do mesmo tipo	8
Diferente	9	Confusão mitose/ meiose	6
		Confusão mitose/fecundação	1

8. Nos animais, as células da pele dividem-se continuamente para produzir novas células.

b) O ADN nas células filhas é idêntico ou é diferente do ADN da célula mãe, antes da divisão? Porquê?

Quando analisam o ADN dessas mesma células, o panorama é semelhante em termos de respostas certas e erradas, como se pode ver no Quadro 43.

Quadro 43

Respostas dos alunos à pergunta 8b

Mitose: raciocínio relativo ao ADN nas células novas da pele

ADN	F. G.	Categorias	F. P.
Idêntico	17	Ciclo celular/ Replicação do ADN	2
		Células do mesmo tipo	5
		A alteração do ADN verifica-se depois da divisão	4
		Outras	4
Diferente	8	Uma cadeia idêntica/Uma cadeia nova	3
		Só depois da divisão fica igual	2
		Confusão com meiose ou fecundação	2
		Outra	1

Apesar de 17 alunos terem respondido que o ADN resulta idêntico, as justificações foram muito pobres e longe de uma explicação científica completa. Nenhum aluno foi capaz de relacionar o ciclo celular com a replicação do ADN. Dois alunos conseguiram apresentar o mecanismo da replicação como responsável pelo ADN ser idêntico nas células filhas. Os outros justificaram com o facto de se tratar de células do mesmo tipo (F=5) e 4 alunos pareceram confundir os processos de replicação, divisão celular e sua relação, ao apresentarem justificações como a que se segue: “*porque só depois da divisão é que há alteração do ADN*” (AI 03). As argumentações incluídas na categoria

Outras são de tipo tautológico, não funcionando como verdadeiras justificações, como é o caso da resposta do aluno AI04: “*A informação genética é igual à das células filhas e com a mesma quantidade*”.

Para os alunos que responderam que o ADN não é idêntico nas células da pele (32%), as justificações foram variadas. Aqueles que identificaram a meiose com a divisão celular em causa, justificaram a sua resposta em função desse raciocínio, como o evidencia o seguinte excerto: “*Porque na meiose ocorre crossing-over, o que vai permitir que os cromossomas troquem informação, que vai fazer com que os cromossomas fiquem com informação genética diferente*” (AI10).

Ligadas a uma provável deficiência na interpretação do termo “idêntico”, surgem as justificações dos alunos que afirmaram: “*Porque a célula tem o seu ADN e ao separar-se herda um da mãe*” (AI21) e “*Porque a replicação é semi-conservativa, logo não contém a mesma informação genética*” (AI20).

Também aqui foram dadas respostas que não são verdadeiros argumentos, o que nos levou a criar para esse caso a categoria “Outra”: “*Porque o ADN é o que nos permite distinguir-nos dos outros seres*” (AI02). Este aluno, aparentemente, associa o ADN exclusivamente aos seres humanos.

8. *Nos animais, as células da pele dividem-se continuamente para produzir novas células.*

c) *As células filhas têm a mesma informação genética ou informação genética diferente? Porquê?*

Os resultados obtidos nas respostas a esta pergunta apresentam-se organizados no Quadro 44.

Quadro 44

Respostas dos alunos à pergunta 8c

Mitose: raciocínio relativo à informação genética nas células novas da pele

<i>Informação genética</i>	<i>F. G.</i>	<i>Categorias</i>	<i>F. P.</i>
A mesma	16	Na divisão (mitose) mantém-se a informação genética	7
		Tem o mesmo ADN/ Tem o mesmo nº de cromossomas	2
		Outra	3
Diferente	9	Confusão com a meiose	2
		Tem ADN diferente	1
		Tem informação da célula original e informação nova	1
		Recebe informação de duas células-mãe	1

Como o quadro precedente elucida, 16 alunos (64%) afirmaram que a informação genética não sofre alteração mas apenas 7 apresentaram argumentos consentâneos com a explicação científica, recorrendo aos mecanismos inerentes à divisão celular mitótica como base para as suas explicações.

Os outros alunos forneceram justificações mais simplistas ou tautológicas, como é o caso das que correspondem às seguintes transcrições: “*Porque o ADN é o mesmo e é no ADN que se encontra a informação genética e a informação genética é a mesma*” (AI08); “*Porque o número de cromossomas é igual*” (AI09); “*Porque a informação genética que a célula mãe lhe vai dar não vai sofrer alterações*” (AI15).

Dos que sustentaram ser a informação genética diferente, alguns pareceram basear-se no pressuposto que o processo de divisão é a meiose, argumentando em consonância: “*Porque ocorrem fenómenos de crossing-over, o que vai permitir que os cromossomas fiquem com informação genética diferente*” (AI10). A resposta do aluno AI25 evidencia uma confusão provável entre a divisão celular e a fecundação, invertendo a explicação dos dois processos: “*Porque as células filhas recebem informação genética de duas células mães, logo têm sempre a informação das duas células mães*”.

É curiosa também a explicação do aluno AI21, que parece evidenciar uma falha na compreensão do processo de replicação do ADN: “Porque herda o seu próprio ADN e ainda herda o da mãe, o que vai fazer com que fique diferente”.

8. Nos animais, as células da pele dividem-se continuamente para produzir novas células.

d) Uma célula da pele e uma célula muscular ou pulmonar, do mesmo organismo, têm a mesma informação genética ou informação genética diferente? Porquê?

Ao compararem a informação genética em diferentes tipos de células somáticas no mesmo organismo, mais de metade dos alunos respondem que a informação genética varia:

Quadro 45

Respostas dos alunos à pergunta 8d

Mitose: raciocínio relativo à informação genética nas células da pele, músculo ou pulmão.

<i>Informação genética</i>	<i>F. G.</i>	<i>Categorias</i>	<i>F. P.</i>
A mesma	10	As células no mesmo organismo têm todas a mesma informação genética	8
Diferente	13	Células diferentes têm funções diferentes e informação genética diferente	9

Apenas 10 alunos foram de opinião que a informação genética é idêntica e só 8 tentaram uma explicação, argumentando que a informação é a mesma em todas as células do organismo. De salientar, no entanto, que nenhuma das respostas

incluiu uma explicação completa, com referência ao facto de em células diferentes serem accionados genes diferentes.

A maior parte dos alunos tende a sustentar a ideia de que a informação varia consoante a função ou o tipo de célula em questão. Esta convicção, pode concluir-se, revelou-se forte e enraizada, já que os alunos que justificaram (F=9), utilizaram todos o mesmo tipo de argumentação.

Parece, pois, que os alunos, apesar de terem tido sucesso nas avaliações anteriores, ao mobilizarem os seus conhecimentos sobre replicação e mitose, denotam algumas dificuldades e insuficiências na compreensão e na relação entre estes processos. Não é de admirar, portanto, que na Hereditariedade se acumulem dificuldades, quando os alunos têm de aplicar conceitos e processos que não compreenderam verdadeiramente, ou seja, relativamente aos quais não terão tido aprendizagem realmente significativa (Ausubel et al., 1978).

A pergunta 9 é dirigida para a questão da meiose e exige que os alunos tenham compreendido o significado biológico desse processo.

9. Ainda nos animais, as células também se dividem quando os gâmetas estão a ser produzidos.

a) Se a célula original contivesse 8 cromossomas, quantos cromossomas conteria cada uma das células germinais resultantes? Porquê?

Na resposta a esta pergunta todos os alunos tentaram fornecer uma resposta, embora apenas 15 tenham acertado no número certo de cromossomas, como se vê na tabela seguinte.

Quadro 46

Respostas dos alunos à pergunta 9a

Meiose: Raciocínio relativo ao número de cromossomas nos gâmetas

<i>Nº de cromossomas</i>	<i>F. G.</i>	<i>Categorias</i>	<i>F. P.</i>
Quatro	15	A meiose reduz o número de cromossomas para metade	7
		A célula original divide-se em duas partes	4
		Herda 2 cromossomas do pai e 2 da mãe	1
		Herda um cromossoma da célula mãe e forma outro	1
Oito	5	Não fazem distinção entre células somáticas e sexuais	2
		Porque ainda não ocorreu a 1ª divisão da meiose	2
Dois	5	Compreensão errada da meiose: 2 divisões , 2 reduções	4
		Na meiose as células $2n$ passam para n	1

Dos 15 alunos que responderam acertadamente, apenas 7 ensaiaram uma justificação que implicava a compreensão do processo meiótico. As outras justificações parecem surgir da confusão da meiose com a fecundação ou com a mitose.

Os alunos que responderam ser oito o número de cromossomas, fizeram-no, ao que tudo indica, por terem raciocinado em termos da mitose e não da meiose, como seria adequado. Os outros 2 terão, porventura, interpretado mal a pergunta.

9. Ainda nos animais, as células também se dividem quando os gâmetas estão a ser produzidos.

b) As células resultantes e a que lhes deu origem têm a mesma informação genética ou informação genética diferente? Porquê?

Como as respostas às perguntas anteriores já faziam antecipar, aqui os alunos também evidenciaram alguma dificuldade na aplicação dos seus conhecimentos sobre meiose.

Quadro 47

Respostas dos alunos à pergunta 9b

Meiose: Raciocínio relativo à informação genética nos gametas

<i>Informação genética</i>	<i>F. G.</i>	<i>Categorias</i>	<i>F. P.</i>
Diferente	14	Faz a ligação entre meiose e variabilidade da descendência	4
		Porque ocorre meiose	2
		O ADN é diferente	2
		Os cromossomas são diferentes	1
		Ainda não ocorreu a 1ª divisão da meiose	1
		São necessários 2 parceiros sexuais	1
Idêntica	9	O ADN passa para metade mas a informação é a mesma	2
		Substitui a célula original	2

Pela análise do quadro anterior, verificamos que 14 alunos acertam no tipo de informação genética mas muitos falham na justificação; por exemplo, só 4 conseguem fazer a ligação, na sua resposta, com o processo meiótico e com a variabilidade genética.

9. Ainda nos animais, as células também se dividem quando os gametas estão a ser produzidos.

c) esses gametas têm a mesma informação genética que, por exemplo, uma célula da pele (no mesmo organismo)? Porquê?

Quando lhes era pedido que confrontassem a informação genética nas células somáticas e nas células sexuais do mesmo indivíduo, 15 dos alunos responderam ser diferente, mas apenas dois referiram que as células da pele se dividem por mitose e os gâmetas por meiose (Quadro 48).

Três dos alunos afirmaram que essa diferença advém do facto de essas células terem funções diferentes no organismo, mas, como este foi um argumento também utilizado para explicar a diferença entre células somáticas, acaba por ser pouco aceitável como justificação nesta pergunta.

A maior parte dos alunos que respondeu que a informação genética é igual utilizou o mesmo tipo de argumento indicado para as células somáticas, ou seja, a informação genética é igual em todas as células no mesmo organismo. Não foram então capazes de estabelecer a diferença entre células somáticas e células sexuais.

Quadro 48

Respostas dos alunos à pergunta 9c

Meiose: Raciocínio relativo à informação genética nos gâmetas e nas célula somáticas

<i>Informação genética</i>	<i>Frequência Global</i>	<i>Categorias</i>	<i>Frequência Parcial</i>
Diferente	15	Na pele ocorre mitose e nos gâmetas meiose	2
		Têm funções diferentes	3
Idêntica	8	Todas as células são iguais	5
		Porque herda a informação da mãe	1

Não é fácil para muitos dos alunos, como se pode concluir da análise das suas respostas a esta ficha de diagnóstico inicial, tornar funcionais os seus conhecimentos e estabelecer as relações entre diferentes tópicos, estudados em alturas diferentes e desligados por força dos tempos lectivos, avaliativos e por todos os aspectos da cultura escolar que tende a arrumar os assuntos por

compartimentos estanques. Ou seja, a mudança conceptual, antes encarada como a grande finalidade para a educação em ciências, acaba por constituir mais uma ilusão do que uma realidade.

Os resultados desta ficha permitiram dispor, em suma, de informação pertinente em relação a aspectos afectivos e cognitivos ligados à disciplina em causa e, também, no que diz respeito ao tópico concreto da Hereditariedade.

Saber que alguns dos pré-requisitos básicos necessários a uma aprendizagem significativa do tópico em estudo não estariam compreendidos por muitos dos alunos, levou-nos a ter esse factor em conta ao longo da unidade, no sentido de contribuir para a superação dessas insuficiências. Actuando num quadro construtivista, pode dizer-se que terá começado por aí a nossa preocupação em procurar intervir e contribuir para a transformação da realidade, a partir de elementos derivados das dinâmicas de investigação.

Sabíamos, no entanto, que sendo a hereditariedade resultante da confluência de muitos e variados conceitos e processos e o tempo limitado, fazer com que todos os alunos atingissem sucesso idêntico era, à partida, um objectivo longínquo, até porque muitos são os factores que podem interferir na aprendizagem e que não são passíveis de controlo.

Teste de pensamento lógico. A obtenção de dados relativos ao *pensamento lógico* destes alunos inclui-se no quadro de diagnóstico inicial delineado, no sentido de conseguir, à partida, um melhor conhecimento, e a vários níveis, do grupo e dos sujeitos com que iríamos trabalhar.

Dado que esta unidade da biologia coloca inegáveis exigências a nível de raciocínio lógico-matemático, e por haver evidência de que o pensamento lógico influencia a aprendizagem escolar em ciências (Lawson, 1998; Sayre e Ball, 1975, por exemplo), era importante proceder à recolha de informação no sentido de averiguar a tendência da turma neste campo, pela influência previsível na prestação dos alunos nas tarefas de resolução de problemas.

O teste utilizado (Anexo 3) permitiu-nos obter dados sobre esta competência cognitiva e contribuiu para a caracterização do grupo. Assim, os alunos revelaram, como nos apontava já a literatura da especialidade, algumas insuficiências ao nível do desempenho nesta dimensão do pensamento. A média obtida situou-se apenas ligeiramente acima dos 50% (*média* = 50.6; *mediana* = 50), mas as classificações individuais variaram entre os 22 e os 83%. Este teste permitiu-nos, então, admitir que uma boa parte dos alunos não dominaria competências de pensamento deste tipo.

A turma tinha já, ao momento, realizado quatro testes formais de avaliação de conhecimentos, tendo a média obtida nos mesmos sido 13.7 (numa escala de 20 valores). Procurámos estabelecer a comparação entre essas classificações e as obtidas no teste de pensamento lógico visando a detecção de possível (e teoricamente esperada) correlação entre essas medidas. A principal intenção era, no entanto, perceber se tal correlação (a existir) seria mais forte, ou não, no caso do teste sobre hereditariedade, constituído por uma forte componente de problemas. Esses resultados, por integrarem dados recolhidos no final da intervenção, são incluídos no ponto seguinte (p. 350).

2.2. Informação Recolhida ao Longo das Aulas

Como já foi referido, a intervenção na sala de aula afastou-se ligeiramente da sequência prévia estabelecida, por razões que essencialmente se prendem com a própria natureza da abordagem utilizada. Assim, a aula introdutória a esta unidade, ainda leccionada pela professora da turma, foi orientada no sentido de dar aos alunos uma panorâmica geral da unidade e apresentar-lhes os principais conceitos que servem de base ao edifício genético. Foi apresentado um conjunto variado de conceitos – gene, alelo, carácter, cruzamento parental, mono-hibridismo, dominância e recessividade, homocigotia e heterocigotia, fenótipo e genótipo e xadrez mendeliano –, introduzidos como um esquema conceptual integrador de toda a matéria da unidade, em jeito de organizador prévio ausubeliano. Os alunos acompanharam esta aula de forma contida, ouvindo e participando oralmente, embora de forma escassa.

A partir da aula seguinte, iniciámos a nossa intervenção com a primeira ficha de trabalho (Anexo 1) sobre a história das descobertas de Mendel, pretendendo fazer a ponte entre os resultados por ele obtidos e os conceitos de cromossoma, alelos, meiose, fecundação e probabilidade.

A introdução dos diferentes níveis de pensamento, macro, micro – ou mesmo sub-micro e molecular – e simbólico ou representacional (Johnstone, 1991), procurou fazer-se de maneira gradual, apresentando as relações entre os diferentes níveis de forma recorrente ao longo das aulas. Como indicam Bahar et al. (1999b), os alunos só conseguem pensar um nível de cada vez, precisando de tempo para passar depois para a relação entre dois e finalmente conseguirem estabelecer as diferentes ligações possíveis. Os alunos foram interpelados várias vezes com questões que incitavam à explicitação destas ligações e, na verdade, muito poucos respondiam espontaneamente a esse apelo, manifestando muita dificuldade em verbalizar as suas ideias.

As actividades de resolução de problemas foram introduzidas, progressivamente, e realizada a primeira ficha de controlo (Anexo 1), para se poderem detectar precocemente as primeiras dificuldades dos alunos. Aquelas actividades foram

iniciadas com problemas mais fechados e estruturados, passando gradualmente a problemas menos estruturados, intercalando essas tarefas com a realização de fichas de controlo, no sentido de se poderem obter dados actualizados da evolução dos alunos. Como estes eram informados detalhadamente sobre essa sua evolução, a maior parte deles respondeu de forma interessada e curiosa a este tipo de estratégia, vindo, aliás, a corroborar esta opinião nas entrevistas, considerando ser uma forma bastante eficaz de aprender.

Quando confrontados com as suas respostas, muitos dos alunos tentavam, de facto, explicar o seu raciocínio e perceber o motivo das suas respostas incorrectas ou incompletas, afirmando, por exemplo: *“o meu problema foi não ter lido bem o enunciado”*; *“eu não sabia o significado de heterozigótico e não perguntei”*; *“não consegui deduzir que a expressão cinzento heterozigótico nos indicava o genótipo e o alelo dominante”*. Estes comentários dos alunos demonstram bem, a nosso ver, as potencialidades desta técnica, facto que seria também destacado pela professora da turma na entrevista que com ela realizámos: *“...aquelas fichas de controlo, o mostrar dos resultados, eu achei extremamente positivo, eu acho que eles devem saber onde erraram, a turma ter a noção do que cada um individualmente sabe, quer do geral.”*

As fichas de controlo pretendiam criar nos alunos hábitos de pensamento metacognitivo, com vista a alcançar melhores resultados de aprendizagem, através de um melhor conhecimento da natureza da tarefa, da tomada de consciência das dificuldades e de um melhor controlo da realização da actividade. Por outro lado, forneciam uma boa oportunidade para os alunos falarem e pensarem acerca da matéria, pondo em prática o vocabulário científico e procurando estruturar o seu conhecimento.

Convém, todavia, não escamotear o facto de nem todos os alunos terem correspondido a esta estratégia satisfatoriamente. Apesar de esta actividade ter sido programada precisamente com o objectivo de ajudar os alunos com maiores dificuldades a tomarem consciência da diferença entre o que sabiam e o que não sabiam, foram estes os menos entusiastas. À partida, tal como defende Holt (2001), o bom aluno tem a noção de que o controlo da atenção é imperfeito e

aprende a tomar consciência do seu grau de compreensão, mas os alunos mais fracos, na maior parte do tempo, não sabem se percebem ou não; estas fichas pretendiam, precisamente, ajudá-los nessa tomada de consciência.

Estas competências não se adquirem, por outro lado, de um dia para o outro, sobretudo quando não fazem parte da sua rotina normal de trabalho, o que pareceu ser o caso (aliás confirmado pela professora da turma). Foi nossa intenção indagar das razões que levaram dois dos alunos com mais dificuldades a rejeitar esse confronto: se a exposição perante a turma – a melhor explicação que encontramos, já que um dos colegas entrevistado nos deu essa indicação – ou a reacção perante uma professora estranha ou qualquer outra razão, pois aqueles alunos, infelizmente, não compareceram à entrevista marcada, forma que dispúnhamos para recolher dados mais em profundidade sobre o seu desempenho. Vale a pena destacar a opinião da própria professora a esse respeito: “... *achei que eles aceitaram e reagiram bem, tanto que se nós pensarmos que em 26 alunos só dois, talvez, é que não terão acompanhado, isso não é nada (...) aqui na aula também nos apercebemos que eram de todos, aqueles que menos se manifestavam*”. Esses alunos, na verdade, quando solicitados a expor os seus pontos de vista, quer no grupo turma quer individualmente, esquivavam-se o mais possível a responder. A sua atitude não era a de se esforçarem por aprender mas, pelo contrário, de evitar participar a todo o custo, utilizando o silêncio para se defenderem. Compreendemos que, nestes casos, não se trataria de uma mudança de estratégia de ensino mas de um trabalho de aproximação e compreensão da motivação destes alunos, trabalho que implicaria muito mais do que as poucas semanas que nos sobravam. Na opinião de Holt (2001), o medo do desdém dos colegas ou do professor é muitas vezes o principal obstáculo a que os alunos destas idades aprendam e este terá sido, arriscamo-nos a admitir, um desses casos.

É muito difícil levar os alunos a aceitar o erro construtivamente, como algo de que podem tirar partido para aprender, quando a cultura escolar os leva, quase sempre, a considerá-lo humilhante. A juntar a isso, como salienta Perrenoud (1993b), a avaliação tradicional leva os alunos a iludir, a disfarçar os pontos

fracos e a valorizar os pontos fortes, fingindo compreender e dominar a matéria para assegurarem uma boa classificação.

Uma outra das preocupações que tivemos ao longo das aulas, sempre que se apresentavam ou corrigiam problemas ou no acompanhamento que fazíamos individualmente, foi o de fornecer aos alunos heurísticas adequadas de resolução de problemas, levando-os a tomar consciência das várias fases necessárias à sua resolução com êxito (Polya, 1973):

- 1- Compreensão do problema (representação correcta, identificação dos dados, conceitos implicados).
- 2- Concepção de um plano de resolução (formulação de estratégias de resolução).
- 3- Execução do plano (implementação das estratégias em função dos conceitos aprendidos).
- 4- Análise dos resultados (em função do caminho percorrido).

Estas etapas eram, então, acompanhadas de questões que procuravam ajudar ao alunos a criar o hábito de as colocarem com regularidade e desenvolverem autonomia no controlo dos seus processos de aprendizagem. O tipo de perguntas incentivadoras teve por base a obra de Polya (1973) e exemplifica-se no Quadro 49.

Com base nas etapas indicadas no quadro e com a intenção de os levar a um processo de pensamento metacognitivo, os alunos foram solicitados a analisar os seus processos de pensamento, de maneira a detectarem as vicissitudes do raciocínio feito aquando da resolução dos problemas.

Quadro 49

Exemplos de questões que os alunos podem colocar-se para resolver problemas

1	<i>Quais são os dados de que disponho?</i>
2	<i>Conheço um problema relacionado com este? Pode servir-me de ajuda o problema já conhecido? Posso enunciar o problema de outra forma?</i>
3	<i>Consigo ver com clareza que os passos seguidos estão correctos? Consigo relacionar com os conceitos já aprendidos?</i>
4	<i>É possível confirmar o resultado? É possível verificar o raciocínio? É possível chegar ao resultado por um caminho diferente?</i>

Este modelo, apesar de geral, pareceu-nos mais simples e funcional do que o proposto, por exemplo, por Stewart (1982), para a área específica da genética. O modelo de Stewart pretende funcionar como um modelo prescritivo para a resolução de problemas de genética, tendo em vista ajudar os alunos com mais dificuldades. Com base em estratégias seguidas por especialistas na resolução deste tipo de problemas, estabelece um conjunto de sub-etapas, com questões e tarefas para completar em cada uma, com vista a levar o aluno a percorrer todos os passos necessários à resolução de um problema básico. Pela sua extensão e exaustividade – seis sub-etapas, com várias tarefas e questões em cada uma delas – não nos pareceu adequado para ensinar directamente aos alunos, não deixando, no entanto, de ser um bom guia para o professor os poder orientar nos seus processos de resolução. Mais recentemente, foi publicada uma versão mais condensada, que se pode consultar no Anexo 9 deste relatório.

Em termos gerais e, ressaltando os dois casos já referidos, para os alunos menos eficientes pareceu resultar melhor a utilização de tarefas bem estruturadas e delimitadas, numa fase inicial, para que se pudessem aperceber dos diferentes passos conducentes à solução dos problemas.

Ficha de diagnóstico final. Nesta ficha (Anexo 2) foram mantidas algumas das perguntas contidas na ficha de diagnóstico inicial, com o objectivo de servir de indicador de alguma possível alteração em relação à situação inicial. Escolhemos para isso as perguntas relacionadas com o âmbito atitudinal e, no que diz respeito ao conceptual, as que incidiam mais directamente sobre os conteúdos trabalhados com os alunos nas aulas, no contexto da intervenção na unidade Hereditariedade, que serviu de pano de fundo a este estudo.

Apesar de, como já ficou referido, não ser o nosso objectivo primordial estabelecer comparações estatísticas entre a situação inicial e final dos alunos, até por em certa medida se tratar de um estudo de caso, analisamos as respostas dos alunos a cada uma das perguntas da ficha de diagnóstico final e contrastamos com a situação de partida, no sentido de obter alguns indicadores que nos permitam avaliar de algum modo a intervenção efectuada com estes alunos.

1. Qual a tua opinião final sobre a disciplina de CTV (11º ano)?

Os alunos, nesta pergunta, indicaram a sua opinião usando uma escala de sete graus, a qual variava entre *Gostei muito* (Grau 7) e *Não gostei nada* (Grau 1). A turma mostrou ter desenvolvido uma opinião bastante favorável em relação à disciplina, como evidencia a Figura 8 (opinião final sobre CTV).

A sobreposição dos dois gráficos (na mesma figura) permite comparar a situação final com a inicial e indica uma ligeira subida na atitude dos alunos para com a disciplina, já que os graus mais elevados subiram ou mantiveram-se com o mesmo número de registos.

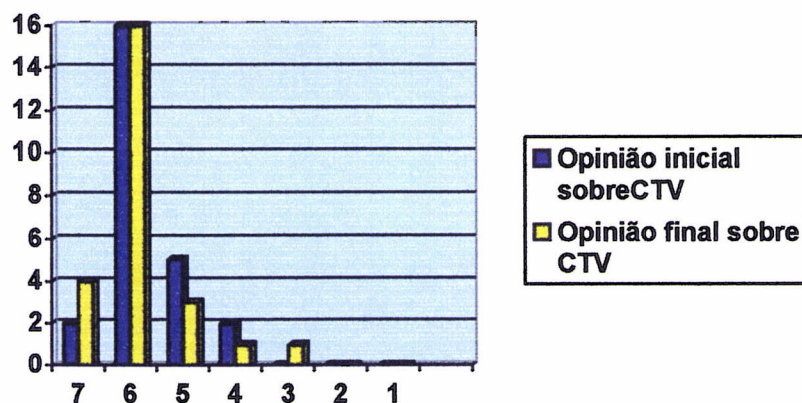


Figura 8 – Opiniões iniciais e finais dos alunos sobre a disciplina de CTV numa escala de 7 (Tenho gostado muito/Gostei muito) a 1 (Não tenho gostado nada/Não gostei nada).

Se utilizarmos as médias obtidas nas duas escalas, esse valor, de facto, subiu ligeiramente com 5.7, na ficha inicial e 5.8, na final.

2. Qual o tópico de que mais gostaste?
Qual aquele de que menos gostaste?

As preferências dos alunos relativamente aos tópicos estudados nesta disciplina mudaram em relação à ficha inicial, já que aqui o tópico *Hereditariedade* conta e surge como o preferido para 10 alunos da turma (Quadro 50). A *Reprodução Humana*, tema escolhido por mais alunos na ficha inicial (representada no quadro 30), passa aqui para segundo lugar nas preferências dos alunos.

Quanto aos tópicos que menos gostaram ao longo do ano, os alunos mantiveram-se consistentes, ao eleger a *Fotossíntese* e a *Respiração* como aqueles que menos lhes terão agradado. Constatámos também que a *Hereditariedade* surgia como o tópico menos simpático para 3 alunos da turma (Quadro 51).

Quadro 50
Tópicos preferidos pelos alunos da turma

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Hereditariedade	10
Reprodução sexuada (ciclo biológico do Homem)	7
Fotossíntese/ Respiração celular	4
Síntese proteica	2
Mitose	1
ADN	1

Quadro 51
Tópicos de que os alunos menos gostaram

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Fotossíntese e/ou Respiração	13
Hereditariedade	3
Ácidos nucleicos	3
Reprodução sexuada (Ciclo biológico do Homem)	2
Divisão celular	2
Síntese proteica	1
Meiose	1

Vale a pena referir que os alunos que assinalaram o tópico da unidade em estudo como o de que menos haviam gostado foram depois entrevistados. Um deles reformulou a sua posição (na entrevista), afirmando ter mencionado esse tópico mais por ter baixado a nota, do que por não ter gostado do tópico em si, salientando até algumas das estratégias utilizadas na sala de aula como interessantes e úteis. Outro dos alunos achou muito complicados os problemas de genética e sentiu-se muito baralhado pois também estava a tratar problemas de genética numa outra disciplina do currículo e, aí, utilizavam outra simbologia e outras estratégias de resolução, o que o deixava confuso. Quanto ao último caso, tratava-se de um aluno repetente que trazia já uma representação muito forte em

relação a esta unidade como muito difícil e de que não gostava (na ficha inicial quanto à expectativa em relação ao tópico Hereditariedade antecipava já uma perspectiva muito pessimista, assinalando o grau mínimo: *acho que não vou gostar nada*).

3. Qual a tua opinião específica em relação ao tópico Hereditariedade?

Tal como na pergunta 1, os alunos assinalavam numa escala de 7 graus se tinham gostado muito (grau 7) ou se não tinham gostado nada (grau 1), podendo usar também qualquer um dos graus intermédios. Os resultados obtidos após a leccionação da unidade, encontram-se organizados na Figura 9 (opinião em relação à Hereditariedade).

Contrastando as expectativas iniciais com a opinião formada pelos alunos em relação ao tópico em causa, após a sua efectivação, podemos notar uma ligeira subida de uma fase para outra. As médias obtidas nas escalas, na ficha inicial e na final confirmam essa tendência: a média obtida na ficha de diagnóstico inicial foi de 5.0 e a obtida na ficha de diagnóstico final foi de 5.2.

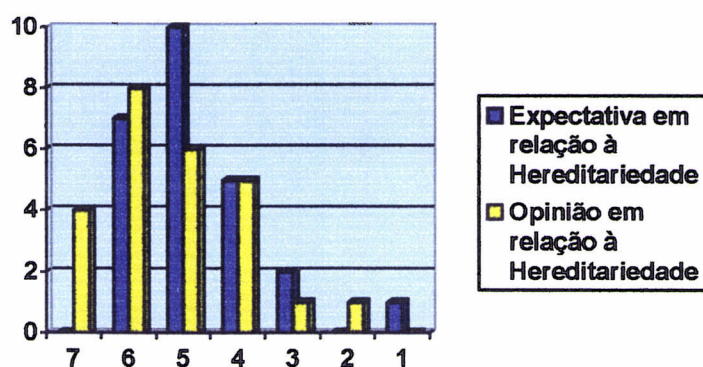


Figura 9 – Expectativas iniciais e opiniões finais dos alunos sobre o tópico Hereditariedade numa escala de 7 (Acho que vou gostar muito/Gostei muito) a 1 (Não tenho gostado nada/Não gostei nada).

As perguntas seguintes da ficha dizem respeito a conteúdos conceptuais importantes para uma aprendizagem significativa deste tópico. Assim, era nossa expectativa que os alunos melhorassem a sua compreensão em relação a esses conceitos, já que foram intencionalmente trabalhados ao longo das aulas, de forma a provocar uma melhoria na compreensão dos mesmos.

4. *Nesta última unidade voltaste a falar de genes. Onde se localizam os genes no organismo? De que são constituídos? Qual a importância dos genes?*

Quanto à primeira parte da pergunta (*localização dos genes*), todos os alunos responderam e todos afirmaram que os genes se localizam nos cromossomas, o que é uma mudança radical em relação à ficha inicial, onde nenhum aluno tinha respondido correctamente a esta pergunta. Esta constituiu uma mudança muito positiva e denotando um sucesso evidente.

Em relação à pergunta relativa à *constituição dos genes*, as respostas, que se mostram no Quadro 52, traduzem também uma melhoria no cômputo geral da turma.

Quadro 52
Respostas dos alunos à pergunta 4b
 “De que são constituídos (os genes)?”

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Informação genética	9
Alelos	7
ADN	5
Cromossomas e centrómero	2
<i>Não sabe/Não responde</i>	2

Mais alunos responderam a esta questão (F=23), comparativamente com a ficha inicial, em que apenas tinham tentado uma resposta 5 alunos; nem todos, porém, o fizeram da forma mais correcta cientificamente. Assim, apenas 5 alunos indicaram porções específicas de ADN a constituir os genes, sendo as outras respostas menos específicas. A confundir cromossoma e gene, permaneceram os dois alunos que invertem até a ordem de grandeza destas estruturas, ao afirmar que os genes são constituídos por cromossomas.

Não podemos considerar este um mau resultado, se compararmos com o estudo alargado realizado por Lewis et al. (2000a), onde mais de metade dos alunos (53%) respondeu serem os genes constituídos por “cromossomas” ou “células”, ainda que inquiridos imediatamente após o estudo deste tópico na escola.

Quanto à última parte da pergunta, a *importância dos genes*, as respostas foram bastante mais uniformes do que inicialmente e bastante mais precisas (Quadro 53).

Quadro 53

Respostas dos alunos à pergunta 4c “Qual a importância dos genes?”

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Transmissão da informação genética	13
Conter toda a informação genética	9
Determinação das características hereditárias de cada indivíduo	3

Como se depreende pela análise da tabela, todos os alunos responderam e referiram aspectos importantes do papel dos genes nos organismos (a transmissão da informação genética, por exemplo, não foi referida por nenhum aluno na ficha inicial). Nenhum aluno, no entanto, se referiu aos produtos resultantes dos genes, ou seja, nenhum teve em conta a relação entre os genes e a

síntese proteica, considerando a sequência e a relação entre gene-cadeia polipeptídica-carácter. Esta relação implica, na verdade, uma visão mais sistémica e integrada, difícil para os alunos.

Teria sido necessário que, ao longo das aulas, fosse dada mais atenção a esta questão, para que os estudantes conseguissem realizar estas pontes, o que não aconteceu por necessidade de estabelecer prioridades, em função do tempo disponível.

5. *No teu organismo, onde se localizam os cromossomas? De que são constituídos? Qual o papel dos cromossomas no organismo?*

No que diz respeito à *localização dos cromossomas* (Quadro 54), todos os alunos responderam e quase todos (84%) referiram o núcleo das células, o que constitui um bom indicador de que terão conseguido estabelecer correctamente a ligação organismo/célula/núcleo/cromossoma. Comparativamente ao estado de partida, terá havido uma evolução notória, já que o número de alunos que responderam núcleo passou de 8 para 21.

Quadro 54

Respostas dos alunos à pergunta 5a “No teu organismo, onde se localizam os cromossomas?”

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Núcleo das células	21
ADN	4

Para 4 dos alunos, no entanto, permaneceu a confusão entre ADN e cromossoma, não distinguindo entre as duas estruturas.

No que diz respeito à constituição dos cromossomas, mais alunos tentam uma resposta, passando de 60% para 92% os que o fazem, do início para o fim da unidade.

Nas suas respostas os alunos dividiram-se entre a opção por uma constituição biológica (genes, ADN) – caso em que a percentagem se eleva de 36% para 52% – ou estrutural (cromatídeos) dos cromossomas, interpretações que o próprio termo “constituição” pode sugerir.

Quadro 55

Respostas dos alunos à pergunta 5b “De que são constituídos (os cromossomas)?”

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Genes	9
Cromatídeos	8
ADN	4
Informação genética	2
<i>Não sabe/Não responde</i>	2

A última parte desta pergunta inquiria sobre a *importância dos cromossomas*. As categorias criadas a partir das respostas dos alunos são as que constam no Quadro 56.

Quadro 56

Respostas dos alunos à pergunta 5c “Qual a importância dos cromossomas no organismo?”

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Conter a informação genética	10
Transferência da informação genética	7
Determinação das características de cada indivíduo	3
Síntese proteica	1
<i>Não sabe/Não responde</i>	4

A maior parte dos alunos respondeu a esta pergunta utilizando razões genéricas; apenas sete se referiram à transferência da informação genética e, destes, um mencionou a divisão celular. Mais uma vez nos aparece patente a dificuldade dos alunos em integrar os vários processos celulares, quando aprendidos em separado. Na ficha inicial, 5 alunos tinham associado os cromossomas à divisão celular; nesta ficha, os argumentos escolhidos já foram construídos exclusivamente com base na dependência do conceito de hereditariedade.

6. Nos animais, as células dividem-se quando os gâmetas estão a ser produzidos.

a) Se a célula que origina os gâmetas contivesse 8 cromossomas, quantos cromossomas conteria cada uma das células sexuais resultantes? Porquê?

Ao porem a funcionar os seus conhecimentos sobre meiose, 21 (84%) dos alunos acertam no número de cromossomas (Quadro 58), mais 24% do que na ficha inicial. A diferença mais notória, no entanto, diz respeito às justificações, já que todos justificam mencionando o processo da meiose, embora de forma mais precisa no caso de 10 alunos e de forma mais indirecta nos outros 8 alunos. Na ficha inicial somente 7 alunos tinham referido a meiose nas suas justificações.

Permanecem, apesar de tudo, 2 alunos a confundir mitose e meiose e os outros 2 a mostrarem uma compreensão incorrecta do processo de divisão por meiose.

Quadro 57

Respostas dos alunos à pergunta 6a

Meiose: Raciocínio relativo ao número de cromossomas nos gâmetas

<i>Nº de cromossomas</i>	<i>F. G.</i>	<i>Categorias</i>	<i>F. P.</i>
4	21	A meiose reduz o número de cromossomas para metade As células ficam haplóides A meiose origina 4 células filhas	10 7 1
8	2	Não fazem distinção entre células somáticas e sexuais	2
2	2	Compreensão errada da meiose: 2 divisões , 2 reduções	2

6. Nos animais, as células dividem-se quando os gâmetas estão a ser produzidos.
b) As células resultantes e a que lhes deu origem têm a mesma informação genética ou informação genética diferente? Porquê?

Pelas respostas dos alunos a esta pergunta, podemos verificar que as dificuldades persistem neste conceito. Mantém-se igual o número de alunos que responde correctamente a esta questão (F=14), em relação ao estado inicial.

As justificações apresentadas pelos alunos parecem, ainda assim, reflectir alguma melhoria, com 9 dos alunos a utilizarem a noção de meiose e de variabilidade nas suas argumentações, contra apenas 4 na ficha inicial.

Quadro 58

Respostas dos alunos à pergunta 6b

Meiose: Raciocínio relativo à informação genética nos gâmetas

<i>Informação genética</i>	<i>F. G.</i>	<i>Categorias</i>	<i>F. P.</i>
Diferente	14	Faz a ligação entre meiose e variabilidade da descendência	9
		Ocorre meiose	3
		A informação genética é diferente	1
		A informação genética provém de 2 progenitores	1
Idêntica	11	Substitui a célula original (mitose)	5
		O ADN é o mesmo	1

As outras justificações, apesar de menos precisas, não foram tão dispersas como inicialmente, mantendo-se, todavia, alguma aparente confusão com o processo de fecundação no aluno que refere que a informação provém dos progenitores.

Há 11 alunos que responderam que a informação genética é a mesma, sendo a razão aparente a confusão estabelecida com a mitose e as células somáticas. O processo da meiose continua a representar um problema para estes alunos, tal como sucedeu no estudo de Lewis et al. (2000c), com resultados similares a uma questão do mesmo tipo.

Analisemos agora, por fim, as respostas dos alunos à última parte da questão 6.

6. *Nos animais, as células dividem-se quando os gâmetas estão a ser produzidos.*

c) esses gâmetas têm a mesma informação genética que, por exemplo, uma célula da pele (no mesmo organismo)? Porquê?

Comparando agora as células sexuais com as somáticas, os alunos respondem da forma que se sumaria no Quadro 59.

Quadro 59

Respostas dos alunos à pergunta 6c

Meiose: Raciocínio relativo à informação genética nos gâmetas e nas célula somáticas

<i>Informação genética</i>	<i>Frequência Global</i>	<i>Categorias</i>	<i>Frequência Parcial</i>
Diferente	16	Na pele ocorre mitose e nos gâmetas meiose	3
		Têm funções diferentes	4
		Cada gâmeta tem informação diferente	2
Idêntica	8	O ADN é sempre igual	6

Verificamos que não há grandes alterações em relação ao estado inicial, com o mesmo número de alunos, aproximadamente, a responder acertadamente em relação ao tipo de informação genética (15 na ficha inicial e 16 nesta ficha final).

Além disso, também as próprias justificações se assemelham, com mais um aluno a utilizar os diferentes tipos de divisão celular como argumento principal e de acordo com a explicação científica.

Sem qualquer pretensão de considerar estes resultados passíveis de generalização, é possível, no entanto, supor que alguma melhoria terá havido no grupo relativamente a alguns dos conceitos (gene e cromossoma a sobressaírem), na sequência da intervenção.

Sabendo que a mudança conceptual constitui um processo difícil e complexo e até improvável em termos absolutos, e considerando que o nosso trabalho não teve por base ou foi estruturado na aplicação concreta de algum modelo específico criado para esse fim, as diferenças nos resultados obtidos parecem,

contudo, indiciar que a sequência de aprendizagem utilizada pode induzir mudanças positivas na aprendizagem dos alunos.

Com o intuito de complementar os dados obtidos em relação à atitude dos alunos face à unidade Hereditariedade, incluímos nesta ficha um instrumento – *Questionário de Atitude para com a Hereditariedade* – inspirado na técnica do *diferencial semântico* (Anexo 4).

A média obtida neste teste, composto por 19 escalas de 7 graus, foi de **5.0**, o que nos indica uma tendência positiva na atitude dos alunos face ao tópico em causa.

Analisando, agora, o diferencial em termos de pontuação, e sabendo que este teste concreto pode variar entre um mínimo de **19** – correspondendo a uma atitude completamente negativa para com esta matéria – e **133** – atitude positiva máxima para com esse mesmo tópico – a representação gráfica ajuda-nos a perceber o posicionamento geral da turma.

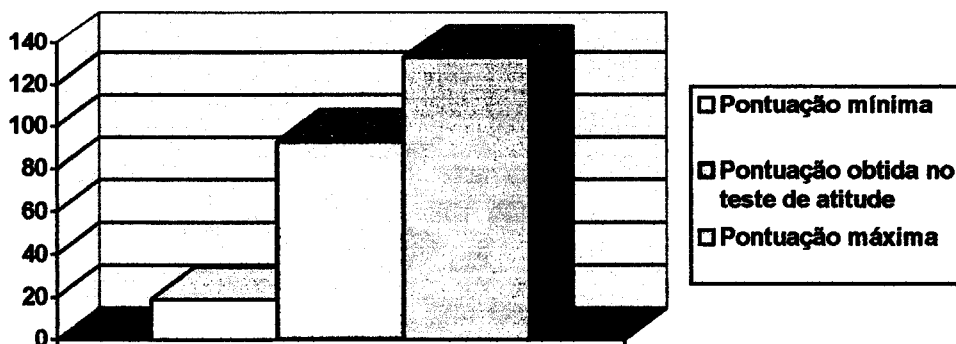


Figura 10 – Pontuação obtida pelos alunos no Teste de Atitude para com o tópico *Hereditariedade* (pontuação mínima possível – 19; pontuação máxima possível – 133).

Pensamento lógico e provas de avaliação. Tal como anteriormente havíamos mencionado, o pensamento lógico (piagetiano) pode constituir um factor diferenciador importante na aprendizagem escolar e na resolução de problemas em ciências. Decorrente deste pressuposto, era natural pensar-se que pudesse ocorrer uma associação positiva entre o nível de pensamento lógico dos alunos e o resultado obtido no teste de Hereditariedade. Tendo por base estudos como os de Saarni (1973), cujas conclusões indicam uma influência determinante do pensamento lógico formal na resolução de problemas, era previsível que o teste sobre Hereditariedade – com uma componente forte de problemas – apresentasse a correlação mais elevada com o teste de pensamento lógico (já descrito anteriormente), do que as correlações entre este teste e os outros testes realizados pelos alunos ao longo do ano. Para o verificar, foram realizadas análises estatísticas adequadas, que deram origem aos resultados indicados no Quadro 60.

Quadro 60

Correlações do Teste de Pensamento Lógico (TPL) com os testes de avaliação de conhecimentos realizados pelos alunos ao longo de todo o ano lectivo e sua significância (p).

TPL	1º Teste	2º Teste	3º Teste	4º Teste	5º Teste (Hereditariedade)
r de Pearson	0,43**	0,39*	0,43**	0,46**	0,58***
	p=0.032	p=0.052	p=0.033	p=0.022	p=0.003

* Pouco Significativo ** Significativo *** Muito Significativo²³

A relação do pensamento lógico com os resultados obtidos pelos alunos no teste da unidade por nós orientada atinge um nível de significância estatística expressivo, como indica o valor obtido no teste 5 (muito significativo).

²³ Tendo em conta a proposta de D'Hainaut (1990), usamos neste caso, e no que diz respeito a questões de significância, a seguinte regra: $p > 0.1$ – não significativo; $0.1 \leq p < 0.05$ – pouco significativo; $0.05 \leq p < 0.01$ – significativo; $p \leq 0.01$ – muito significativo.

A média aritmética atingida pela turma no último teste (hereditariedade) foi de **13.2** (em 20), o que corresponde a um resultado semelhante ao obtido nos testes já realizados nas unidades anteriores (média de **13.7**). A dispersão das classificações foi contudo muito diferente, com valores mais altos e mais baixos relativamente aos testes anteriores, ou seja, houve maior variação dentro do grupo, como indica o desvio padrão obtido de 4.28 (os desvios-padrão dos outros testes variaram entre **3.15** e **3.63**).

Pese embora o facto de outras variáveis, não controladas, poderem ter interferido nos resultados obtidos, parece legítimo admitir que o nível de pensamento lógico destes alunos possa ter influenciado o seu desempenho a nível da hereditariedade, muito mais do que em qualquer outro dos tópicos por eles estudados.

3. Entrevistas Pós-Intervenção

Após a intervenção na sala de aula ter sido concluída, entrevistámos um conjunto de alunos da turma, assim como a sua professora, que connosco colaborou, acompanhando toda a intervenção.

3.1. Entrevistas a Alunos

Nesta fase do estudo, foram entrevistados 12 alunos, escolhidos de entre os que tiveram as classificações no teste de avaliação de conhecimentos mais elevadas, médias e mais baixas, tendo por referência a mediana. Os dois alunos que obtiveram as classificações mais baixas não compareceram à entrevista, pelo que não foi possível procurar esclarecer as razões de tal insucesso.

A primeira pergunta (*O que achaste, em geral, da disciplina de CTV?*) obteve, por parte dos alunos entrevistados, respostas aparentemente equivalentes. A maior parte dos alunos afirmou peremptoriamente ter gostado, os outros foram de opinião que é uma disciplina interessante. Mais uma vez se verifica que também para estes alunos esta é uma disciplina bem aceite e de que gostaram particularmente.

Quanto à pergunta dois (*Qual o grau de dificuldade que atribuis a cada um dos seguintes tópicos do programa já estudados?*), os tópicos que reuniram maior número de indicações de Médio ou Difícil foram os de *Hereditariedade* e *Meiose*. O tópico considerado mais fácil pelos alunos foi o da *Mitose*. Os outros temas do programa ocuparam uma posição intermédia em termos de grau de dificuldade.

Quadro 61
Grau de dificuldade nos tópicos de biologia

Tópicos	Ácidos Nucleicos			Replicação			Mitose			Meiose		
	F	M	D	F	M	D	F	M	D	F	M	D
Frequência (Fácil/Médio/Difícil)	5	6	1	5	5	2	9	3	0	3	9	0
% (Médio + Difícil)	58			58			25			75		

Tópicos	Reprodução Assexuada			Reprodução Sexuada			Hereditariedade			Fotossíntese/Respiração/Fermentação		
	F	M	D	F	M	D	F	M	D	F	M	D
Frequência (Fácil/Médio/Difícil)	6	6	0	5	6	1	3	8	1	6	6	0
% (Médio + Difícil)	50			58			75			50		

(Resultados por ordem decrescente de dificuldade: Hereditariedade = Meiose > Reprodução sexuada = Replicação = Ácidos Nucleicos > Reprodução assexuada = Fotossíntese/Respiração/Fermentação > Mitose)

Estes alunos, relativamente ao grupo de alunos entrevistados na 1ª fase do estudo, mantiveram uma posição semelhante no que diz respeito ao tópico *Hereditariedade*, ou seja, tiveram também a noção de que o mesmo exige deles algum esforço e dedicação, no sentido de compreenderem os conceitos e processos envolvidos. Este problema é reconhecido por muitos estudantes do ensino pré-universitário (Lewis et al., 2000c) e estende-se aos alunos que ingressam na área de biologia em cursos universitários (Bahar et al., 1999a).

A terceira questão (*Quais as principais dificuldades que sentiste ao longo do programa?*) tinha por objectivo perceber as dificuldades, em termos gerais, sentidas pelos alunos ao longo do programa. A maior parte dos alunos elaborou a sua resposta referindo o tópico específico no qual sentiram mais dificuldades.

Assim, o tópico mencionado mais vezes foi o da *Meiose* (referido por 6 dos alunos) e as razões apresentadas atribuídas à complexidade das diversas fases da meiose e à já referida confusão que estabelecem com a mitose. Apesar de esta ser uma dificuldade diagnosticada em muitos trabalhos de pesquisa em genética, estes alunos pareceram ter mais consciência das suas dificuldades neste ponto do que o grupo de entrevistados na primeira fase do estudo, possivelmente por terem sido confrontados com essas suas insuficiências aquando da realização das fichas de diagnóstico e ao longo das aulas, sempre que se procurou reforçar deliberadamente essas relações.

O conteúdo referido em segundo lugar (5 alunos) foi o da *Hereditariedade*, tendo as razões apresentadas revelado, acreditamos, consciência metacognitiva, desenvolvida ao longo das aulas: tema muito trabalhoso; necessidade de muita atenção e concentração nas aulas; muitos conceitos e processos para relacionar; dificuldade de compreensão do sub-tema *Hereditariedade ligada ao sexo*, dificuldades com os problemas de genética, dificuldade com o conceito de co-dominância, dificuldade com a interpretação das árvores genealógicas, dificuldade com os conceitos de dominância e recessividade.

As dificuldades enumeradas por estes alunos na hereditariedade correspondem, na verdade, quase exclusivamente, a dificuldades indicadas por outros alunos noutras investigações, importando daí extrair as necessárias implicações didáticas.

A pergunta 4 (*Gostaste do tópico Hereditariedade? Porquê? E das aulas? O que achaste mais interessante? E menos? Compreendeste bem a linguagem utilizada? O que te pareceu mais difícil de compreender nesse tópico?*) envolve várias interrogações que se analisam em separado. Na primeira (*Gostaste do tópico Hereditariedade?*) a totalidade dos alunos entrevistados respondeu afirmativamente. Os motivos apresentados são os que se apresentam no Quadro 62.

Quadro 62

Razões porque gostaram do tópico Hereditariedade

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Interessante	6
Conhecimento do funcionamento do seu organismo	5
Compreensão do mecanismo de transmissão de doenças hereditárias	5
Compreensão do mecanismo de herança dos caracteres	4
Cultura geral	2
As aulas foram boas	1

Terem achado a matéria interessante foi a razão apontada mais vezes, seguindo-se outras mais directamente relacionadas com o conhecimento do conteúdo do tópico em si. Foi importante, para nós, um dos alunos ter apontado o tipo de aulas como a razão principal da sua simpatia por este tópico pois essa constitui uma razão indirecta e não imediata.

Quanto às aulas, todos os alunos responderam ter gostado das aulas de Hereditariedade, tendo realçado os aspectos que se apresentam no Quadro 63, quando questionados sobre o mais interessante dessas aulas.

Quadro 63

Razões porque gostaram das aulas de Hereditariedade

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
As aulas foram todas interessantes	5
As fichas que realizaram nas aulas funcionaram bem	3
Foram bem explicitados os conceitos	2
As aulas foram muito activas	1
Foram menos maçadoras do que as das outras matérias	1
O acompanhamento com os exercícios permitiu perceber melhor a matéria	1
As aulas estavam bem estruturadas	1
Os problemas de daltonismo e hemofilia foram os mais interessantes	1

Dos alunos que se manifestaram, cinco não foram capazes de fazer qualquer distinção entre as aulas, considerando-as de uma forma geral interessantes, de acordo com o seu ponto de vista.

Um aspecto importante a considerar é o facto de as fichas terem sido referidas como o que de mais interessante aconteceu nas aulas. Como, em geral, as fichas de trabalho acabam por não ser uma tarefa considerada agradável pelos alunos, constitui um factor positivo, no nosso entender, a relevância positiva que alguns lhe atribuíram. As palavras do aluno AI01 dão disso expressiva conta:

As aulas, no conjunto geral, foram muito activas (...) não foi tão maçador como nas outras matérias, em que dávamos muita matéria, quase que era enfiada à força e ali fomos acompanhando com os exercícios. Penso que isso ajuda. Percebemos melhor a matéria. Aquelas fichas que a professora ia dando para nós fazermos e depois a professora corrigia e sabíamos mais ou menos aquilo que nós sabíamos ou não, isso foi importante. Fazermos o ponto da situação de muitas coisas e depois éramos nós próprios a ver. Foi importante. Sabíamos onde tínhamos mais dificuldades ou não.

Quanto ao que de menos interessante terá acontecido nestas aulas, os pontos salientados incidiram, em primeiro lugar, na repetitividade que as aulas de problemas terão acabado por adquirir. De ressaltar que estes aspectos foram referidos por três dos melhores alunos que, conseguindo resolver com facilidade e rapidamente os problemas, sentiam pouco entusiasmo em repetir problemas semelhantes ou com igual grau de dificuldade. As palavras do aluno que obteve a cotação máxima no teste espelham bem tal situação, frequentemente experienciada pelos melhores alunos nas escolas: “*No meu caso, normalmente tenho facilidade em perceber as coisas e depois, quando começo a fazer muitas vezes, começa-se a tornar um bocado aborrecido*” (AI05).

A crítica do aluno acaba, afinal, por ser bastante pertinente, reconhecendo nós que outra opção se poderia ter tomado nesse âmbito, nomeadamente a de colocar esses alunos a fazer outro tipo de tarefas mais exigentes. O conhecimento

necessariamente limitado dos alunos por parte da investigadora terá, no entanto, contribuído para que tal não tivesse sido possível. Esse é um constrangimento que, em situação normal de aula, cada professor pode, ao fim de algum tempo e uma vez recolhidos dados nesse sentido, tentar contornar, atribuindo tarefas diferenciadas a diferentes conjuntos de alunos.

As condições existentes nas escolas não são, todavia, favoráveis a uma regulação individualizada das aprendizagens, tal como o releva Perrenoud (1993b):

Por vezes, é a dimensão excessiva das turmas que impede qualquer mudança. Mas, a maior parte das vezes, é a rigidez do horário escolar, do programa e dos regulamentos que obriga a oferecer “a mesma coisa a todos os alunos”, mesmo quando tal é inútil. (p. 177)

Quando inquiridos quanto à compreensão da linguagem verbal na sala de aula, foi positivo constatar que, aparentemente, os alunos acompanharam com facilidade essa linguagem e que foram conseguindo assimilar os termos novos ao longo das aulas. Na realidade, dois dos alunos ressaltaram que nas primeiras aulas não foi fácil mas depois foram integrando o significado dos novos conceitos específicos da genética.

A última parte desta 4ª pergunta (*O que te pareceu mais difícil de compreender neste tópico?*) pretendia identificar dificuldades particulares associadas pelos alunos a este conteúdo programático, para depois se poder ter isso em consideração na apreciação final das actividades seleccionadas para as respectivas aulas. As categorias identificadas nas respostas dos alunos são as que constam do Quadro 64.

Quadro 64

O mais difícil de compreender no tópico Hereditariedade

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Problemas	
Em geral	1
Hereditariedade ligada ao sexo	3
Diibridismo	3
Daltonismo e Hemofilia	1
Dominância incompleta	1
Retro-cruzamento	1
Parte inicial da unidade	1
Leis de Mendel	1

Face à evidência recolhida, pode admitir-se que os problemas de genética terão constituído o maior obstáculo para estes alunos já que, de uma forma mais geral ou mais específica, foi essa a vertente mais salientada.

Não é, todavia, de surpreender que assim aconteça, já que nos problemas os alunos são solicitados a aplicar os conceitos aprendidos. Quando o não conseguem fazer, apercebem-se das suas falhas nas aprendizagens anteriores e não são capazes de mobilizar os conceitos necessários. Para além desse, outras condicionantes podem aqui estar em questão: dificuldades inerentes ao próprio processo de resolução de problemas ou questões de motivação ou atitude para com a resolução de problemas em geral. É de salientar também que estes alunos foram confrontados com problemas de natureza e estrutura deliberadamente diversas e não apenas com problemas mais tradicionais, resolvidos através da aplicação imediata de algoritmos conhecidos, ou seja, tarefas enquadráveis mais propriamente na categoria de exercícios.

Quanto à pergunta número 5 (*Sentiste dificuldades com os problemas de genética? És capaz de explicitar? O que te pareceu mais difícil de compreender nesses problemas? O que consideras mais importante para se ter sucesso na*

resolução desses problemas? Achas que ter bom raciocínio lógico-matemático ajuda? Será o mais importante neste caso?), analisam-se, também neste caso, as diferentes partes da pergunta de modo separado, para ser mais clara a apresentação.

No que diz respeito à primeira parte (*Sentiste dificuldade nos problemas de genética?*), os 4 alunos que obtiveram classificação inferior a 11 no teste de avaliação, afirmaram ter sentido dificuldades; os outros 8 alunos, com notas compreendidas entre 14 e 20 valores, responderam não ter experienciado dificuldades de maior.

Quanto à explicitação dessas dificuldades e os aspectos mais difíceis de compreender nesses problemas, as categorias criadas com base nas respostas dos alunos são as que no Quadro 65 se apresentam. Nessas categorias contabilizaram-se também as razões apresentadas por alguns dos alunos que, mesmo respondendo não ter sentido grandes dificuldades, explicitaram igualmente alguns aspectos mais difíceis do que outros.

Quadro 65

O mais difícil de compreender nos problemas de genética

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Interpretação do enunciado	4
Problemas de diíbridismo	3
Interpretação de árvores genealógicas	2
Problemas que vão dos efeitos para as causas	2
Problemas de dominância incompleta/co-dominância	2
Compreensão dos conceitos subjacentes aos problemas	1

A interpretação do enunciado dos problemas parece ser, para alguns alunos, o maior obstáculo na resolução dos problemas. Na verdade, muito do sucesso da resolução dos problemas académicos vem de uma leitura criteriosa do enunciado

do problema, com vista a identificar os dados do mesmo, as variáveis envolvidas, assim como os conceitos necessários à sua resolução.

As outras categorias formuladas dizem respeito a determinados tipos de problemas considerados mais complexos pelos alunos e à utilização dos conceitos em situações concretas.

Quanto ao que os alunos referiram como mais importante para se ter sucesso na resolução de problemas, as respostas foram agrupadas segundo o que mostra o Quadro 66.

Quadro 66

O mais importante para se ter sucesso na resolução de problemas de genética

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Acompanhar a matéria, do início, com muito estudo e praticar em casa	8
Ter atenção nas aulas	3
Saber bem os conceitos de genética	2
Compreender bem o enunciado	2
Relacionar as diferentes matérias envolvidas	1
Gostar da matéria	1
Utilizar uma determinada sequência na resolução do problema	1

Aquilo que mais alunos consideraram fundamental para resolver bem os problemas de genética foi a compreensão dos conceitos básicos de genética, apresentados inicialmente, e o acompanhamento da matéria desde o início, com estudo e prática, tanto na aula como depois em casa, para que as principais dúvidas se possam ir dissipando desde o começo.

Um outro aspecto muito frisado e muito relacionado com este foi o de serem capazes de estar com atenção nas aulas, para assim compreenderem melhor a matéria.

Os alunos desenvolveram a ideia, podemos dizer, de que as competências de resolução de problemas não se aprendem com facilidade sem o acompanhamento do professor. Outros chamaram a atenção para outros aspectos importantes a ter em conta na resolução de problemas: a interpretação do enunciado; o bom domínio dos conceitos implicados no problema; o gosto pela matéria, que constitui um factor muito importante, mais relacionado com a componente afectiva e decisivo para que os alunos possam ter sucesso; e o recurso a determinados procedimentos sequenciados na abordagem do problema que, não sendo utilizados de forma mecânica, constituem, no nosso entender, um aspecto importante a ter presente.

No que tem a ver com o papel do raciocínio lógico-matemático, apenas metade dos entrevistados afirmou considerar esse raciocínio de importância fundamental para estas questões da resolução de problemas de genética. Quatro alunos afirmaram mesmo não ver qualquer relação entre as duas coisas e um afirmou não saber responder a essa questão.

É curioso verificar que, pelas respostas aqui encontradas, muitos alunos não terão a noção de que o raciocínio lógico acaba por estar transversalmente presente e ser utilizado ao longo da resolução dos problemas, nesta ou noutras áreas. Isso aconteceu tanto com os alunos que obtiveram as melhores classificações como com os que as tiveram mais baixas.

Com a pergunta 6 (*A classificação que tiveste no teste era a que esperavas? Porquê? Porque achas que não acertaste algumas das respostas?*), procurava-se indagar das razões que terão estado nas falhas que os alunos mostraram no teste e que eles foram capazes de verbalizar.

Em relação à classificação que esperavam, para 8 dos alunos, a mesma correspondeu às suas expectativas enquanto que para outros 4 isso não aconteceu. Quanto a estes últimos, um deles foi por esperar menos (o aluno que obteve 20 valores), estando os restantes à espera de melhor.

Tendo em conta as perguntas que não acertaram no teste, os alunos foram de opinião que o que esteve na base desse insucesso foi o que se resume no Quadro 67.

Quadro 67

Razões por que não acertaram respostas no teste de avaliação

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Não compreendeu o objectivo da pergunta	6
Não compreendeu o enunciado	2
Dificuldade nos problemas efeitos-causa	2
Falta de estudo	2
Dificuldade na construção de árvores genealógicas	1
Muitos testes ao mesmo tempo	1
Confusão entre os vários conceitos	1

Seis dos alunos atribuíram o seu insucesso à dificuldade em compreender o sentido e o objectivo de alguma pergunta do teste. Neste caso, eles referiam-se essencialmente à pergunta 2.1., aquela que menos respostas certas obteve no cômputo geral da turma. Esta pergunta levantou, de facto, muitas dúvidas aos alunos, com um índice de dificuldade ou percentagem de acertantes de apenas 12%, sendo mesmo a pergunta que obteve o valor mais baixo nesse índice.

Tratava-se de uma pergunta na qual era solicitada uma relação entre vários níveis: macro, micro e simbólico, ou seja, os alunos tinham de explicar os cruzamentos das plantas em termos da teoria cromossómica da hereditariedade, interpretando os símbolos usados. Corresponde-lhe uma tarefa cognitivamente exigente e que implica um bom domínio de todos os conceitos envolvidos, que muitos dos alunos não foram capazes de mobilizar. Estes resultados coincidem com várias outras investigações semelhantes realizadas com alunos de diferentes países, nas quais os alunos mostram dificuldade em estabelecer a conexão entre, por exemplo, a meiose (nível micro) e a genética mendeliana (nível macro) (Stewart, 1982) ou entre a expressão fenotípica de um determinado carácter

(nível macro) e os genes correspondentes (nível micro) (Marbach-Ad e Stavy, 2000).

Na verdade, a biologia moderna explica muitos dos fenómenos macroscópicos por intermédio das estruturas e processos micro e ultramicroscópicos, sendo o nível de funcionamento micro dos organismos de grande complexidade para os alunos, mesmo para os do secundário (Dreyfus e Jungwirth, 1990). Ao nível dos processos celulares e intracelulares, os estudantes “perdem-se nas suas tentativas de explicação” (Halldén, 1990, p. 128), como o atestam os seguintes excertos de entrevistas: “*não sabia como havia de explicar ... porque sabia ... mas não sabia como é que havia de explicar*” (AI04); “*sabia que era para relacionar os cromossomas com o problema mas não sabia o que era para explicar ...*” (AI10).

Não compreenderam também o enunciado do problema dois dos alunos, o que fez aumentar para 8 aqueles que acabaram por sentir dificuldade logo na primeira etapa, ou seja, saber o que se pergunta. A barreira da linguagem parece aqui exercer os seus efeitos, pois é sabido que os alunos têm dificuldade não só com os termos técnicos mas também com palavras de uso comum como *referir*, *representar*, *determinar*, *prever* ou *enumerar* (Valente, 2002).

Os problemas efeito-causa também criaram dificuldades acrescidas aos alunos, apesar de vários problemas desse tipo terem sido explorados ao longo das aulas, o que demonstra que muitos alunos necessitam de mais tempo para atingirem os mesmos objectivos, por ser também, por certo, um tipo de problemas menos trabalhado na escola.

A falta de estudo foi a razão que dois dos alunos indicaram para o insucesso em algumas das perguntas do teste. Para eles, as perguntas não levantariam, à partida, qualquer espécie de dificuldade se se tivessem preparado melhor para fazer face ao grau de exigência do teste. Atribuem, deste modo, a factores estritamente pessoais (de âmbito motivacional) o seu insucesso.

A pergunta número 7 tinha por objectivo identificar dificuldades concretas nos problemas de genética e, nesse sentido, pedia-se aos alunos para resolverem um problema concreto de diibridismo. Todos eles tentaram uma resposta e apenas um não foi capaz de responder à pergunta 7.1.; ou seja, a quase totalidade dos alunos apresentou os fenótipos e os genótipos da geração F_1 de forma correcta.

Para além disso, e tanto quanto parecem indicar as entrevistas, os alunos aplicaram, de forma adequada, os conceitos teóricos envolvidos no problema (genótipo, fenótipo, dominância, recessividade, por exemplo). Esses resultados são apresentados no Quadro 68, para uma melhor visualização dos mesmos.

Quadro 68
Resolução do problema de genética

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Resolução do problema	
- Apresenta os genótipos dos pais	12
- Constrói o <i>Quadrado de Punnett</i>	11
- Apresenta os genótipos da F_1	11
- Apresenta a % da F_1	11
Indica o significado dos símbolos	12
Utiliza correctamente os conceitos de:	
- genótipo	12
- fenótipo	12
- heterozigotia	12
- homozigotia	12
- dominância	12
- recessividade	12

À pergunta 7.2. (*A resolução do problema tem alguma relação com os cromossomas?*) todos os alunos responderam que os cromossomas têm a ver com o que apresentaram na resolução do problema. Ainda que nem todos tivessem conseguido explicar exactamente porquê, como se verá no ponto

seguinte, o facto é que eles pareciam ter presente que os cromossomas estão envolvidos no processo.

Este é um aspecto a salientar positivamente, já que, como nos deram conta as respostas dos alunos entrevistados na primeira fase do estudo e como o indica a literatura da especialidade, os alunos falham, frequentemente, no estabelecimento desta relação.

No ponto 3 da pergunta 7 (*Faz um esquema em que relaciones os símbolos que usaste com os cromossomas. Explica.*), os alunos tinham mesmo de estabelecer a ponte entre a resolução do problema e os cromossomas, ou seja, tinham de pôr em prática os seus conhecimentos sobre hereditariedade, meiose, fecundação, teoria celular e constituição da célula. Três deles não foram de todo capazes de estabelecer qualquer espécie de esquema e apenas dois responderam de forma a dar uma resposta perfeitamente completa ao que se pretendia (Quadro 69). A resultados semelhantes chegaram Stewart, Hafner e Dale (1990), que analisaram os modelos de meiose, cromossomas e genes produzidos por 50 alunos pré-universitários para justificarem as soluções de um problema de genética idêntico ao utilizado no nosso estudo, tendo obtido apenas 3 respostas que os investigadores consideraram correctas.

No nosso estudo, nove dos alunos foram pelo menos capazes de representar correctamente os cromossomas e de os relacionarem com a meiose. Parece pois que os alunos têm de ser ajudados a estabelecer estas pontes, o que requer, segundo o nosso ponto de vista, um esforço consciente para fazer esse trabalho e mais tempo de interacção com o professor.

Quadro 69

Resposta à pergunta 7.3.

Esquema da relação cromossomas/símbolos usados no problema de genética

<i>Categorias</i>	<i>Frequência Global</i>	<i>Frequência Parcial</i>
Constrói um esquema	9	
- representando os cromossomas correctamente		9
- Relacionando com a meiose		9
- Relacionando com a fecundação		2
<i>Não constrói qualquer esquema</i>	3	

Na questão 7.4. (*Se o casal tivesse uma ninhada de, por exemplo, quatro crias, qual seria a respectiva cor e forma do pêlo?*), pretendia-se recolher dados sobre o domínio, pelos alunos dos conceitos de probabilidade e de acaso. Estes, como já se afirmou anteriormente, constituem operações de difícil interiorização, estando muito dependentes do nível de desenvolvimento cognitivo a que o alunos consegue efectivamente operar.

Quadro 70

Resposta à pergunta 7.4.

Noção de probabilidade na resolução do problema de genética

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Utiliza o conceito de probabilidade	6
Responde que nasceria um de cada tipo	5
<i>Não responde</i>	1

Na verdade, neste conjunto de entrevistados, nem todos mostraram possuir um domínio razoável dessas operações. Apesar de tudo, 6 alunos conseguiram verbalizar de forma explícita as duas noções. Os outros acabaram por responder que nasceria uma cria de cada tipo, ou seja, para estes alunos o resultado de um cruzamento indica como *são* os descendentes e não como *podem ser* os

descendentes daqueles progenitores, confundindo a indicação probabilística com os descendentes reais em número e forma. De acordo com García (1990), estes são erros conceptuais muito comuns e que derivam essencialmente da não explicitação, nos livros de texto, do carácter aleatório da distribuição dos genes independentes para formar os gâmetas.

Apesar de, ao longo de toda a intervenção na escola, se ter trabalhado estes conceitos e processos, não restam dúvidas que os alunos não os constroem facilmente, já que nem todos são capazes de os utilizar devidamente em situação. Também não podemos ignorar que o raciocínio probabilístico constitui uma operação formal complexa que muitos alunos não dominam, como nos indicaram os resultados por eles obtidos no teste de pensamento lógico e como outros estudos têm reiteradamente indicado (Chiapetta, 1976; Carretero, 1986).

No que diz respeito à última questão (*O que te pareceu mais difícil neste problema?*), o que terá levantado mais dificuldades a maior número de alunos terá sido mesmo conseguir fazer a ponte entre o problema proposto, a sua resolução e os conceitos e processos da teoria cromossómica da hereditariedade.

Quadro 71

Respostas à pergunta 8

“O que te pareceu mais difícil neste problema?”

<i>Categorias</i>	<i>Frequência</i>
Compreender o enunciado	3
Saber o que se pede	0
Ter presente o significado de todos os conceitos necessários	2
Identificar o genótipo dos pais	3
Construir o quadro de cruzamento	4
Dar a resposta ao problema	3
Relacionar o problema com a teoria cromossómica da hereditariedade	9
Interpretar o quadro em termos de probabilidades	2

Na verdade, os alunos, de uma forma geral, tiveram dificuldade em explicar os conceitos e em tê-los presentes na análise dos dados do problema. Não foi, assim, tarefa fácil para eles pôr em acção as noções necessárias à resolução do problema.

Vale a pena destacar a categoria *interpretar o quadro em termos de probabilidades*, na qual, apesar de apenas dois dos alunos a terem seleccionado, foram vários os que não conseguiram evidenciar um domínio adequado das noções de probabilidade e acaso, como verificámos no ponto anterior. Parece que os alunos não terão tido consciência da sua própria dificuldade a esse nível.

A compreensão do enunciado continua a ser um factor referido e recorrente. Esta dificuldade pode ter a ver com questões de linguagem, mas também com a forma como está organizada a informação, com a quantidade de termos científicos presentes ou, mesmo, com a destriça entre informação essencial e acessória (Oñorbe e Sánchez, 1996a e 1996b).

3.2. Entrevista à Professora da Turma da Intervenção

Como é largamente referido pela literatura da especialidade, num contexto de interacção social como é o de uma entrevista semi-estruturada, os inquiridos têm tendência a responder condicionados pelo contexto específico em que tal interacção se produz. A acrescentar a esta situação, o facto de entrevistadora e entrevistada serem ambas intervenientes no processo levou-nos a levantar a questão da possibilidade de obtermos informações válidas sobre o trabalho realizado. Uma resposta possível a estes problemas passa por termos em consideração a natureza subjectiva e complexa de qualquer situação de interacção social, tal com nos indica Ferreira (1989):

As respostas (...) não devem ser encaradas como “pedaços da realidade”, mas remetidas às condições da sua produção e compreendidas no quadro de interacção que determinou essas condições.

(...)

A pergunta (...) da entrevista não pode deixar de estar ancorada nas concepções próprias de quem a elaborou (...), nem pode ser abstraída da situação em que um indivíduo concreto a faz a outro. Por seu turno, a resposta dada a tal pergunta não pode deixar de estar referenciada a um todo, simultaneamente consistente e contingente, que é o resultado da identidade pessoal e da identidade social estratégica que o respondente definiu como adequada à situação. (p. 191)

É inevitável que um indivíduo responda de acordo com a representação pessoal que faz de uma dada situação e não há como impedir mecanismos psicológicos de distorção, aspectos inerentes a qualquer situação de interacção social. A interferência desses efeitos pode, todavia, perder importância se atribuirmos “às respostas apenas a validade decorrente do contexto em que foram produzidas” (Ferreira, 1989, p.193). Foi nesse pressuposto que orientámos a interpretação dos resultados do nosso trabalho.

De ressaltar que a professora, para além de ter iniciado a unidade com vista a fazer a transição para esta parte da matéria, esteve presente em todas as aulas ao longo do terceiro período e foi parte activa na discussão e balanço de todo o processo, enriquecendo a sua dinâmica com o seu conhecimento prático. Este tipo de conhecimento, baseado em modelos de actuação guiados por princípios práticos (Mellado, 1998), foi de extrema valia pelas indicações de carácter funcional que veiculou, o que permitiu, seguramente, uma melhor ligação teoria-prática.

Na entrevista à professora, efectuada no final da unidade, procurámos criar um ambiente propositadamente informal e de reflexão conjunta sobre o trabalho realizado, que nos permitisse obter indicações sobre a viabilidade de futuros trabalhos similares, como o guião que se elaborou pode elucidar (Anexo 6).

Ao longo da experiência, antes e durante todo o tempo de intervenção, a professora foi sempre muito receptiva e extremamente favorável a este trabalho em parceria, tendo manifestado essa opinião por diversas vezes no decorrer das

aulas. Quando entrevistada²⁴, não só tal opinião foi reafirmada como foi por ela salientado ter a experiência sido para si bastante positiva:

Eu gostei muito (...) gostei muito. Gostei de partilhar, principalmente porque nós acabamos por estar muito isolados (...). Gostei imenso.

Se, à partida, haveria uma expectativa positiva, mas ao mesmo tempo uma certa incerteza, em relação à forma como a experiência iria resultar, o balanço, podemos dizê-lo, ultrapassou o esperado:

Em termos pessoais gostei muito e penso que é o tipo de formação que nós professores precisamos e não a formação que andamos aí a fazer só para ter créditos. (...) é uma experiência que a gente adquire a trabalhar no terreno, com pessoas que estão dentro da nossa área e que nos trazem coisas novas. (...) Eu só vi vantagens. A sério. Gostei e disse-o muitas vezes. (...). Gostei muitíssimo porque foi uma coisa nova.

Peremptória em relação à necessidade de mais tempo para levar a cabo estas experiências, terá sido essa a principal recomendação que fez no que diz respeito a experiências similares futuras:

Mais tempo, mais tempo. (...) tinha que haver mais tempo disponível fazendo uma experiência deste tipo. A sugestão que poderia dar era termos mais tempo, mais tempo (...) as aulas passam num instante. Faz-se um problema e a correcção, começa-se outro e não se faz mais nada.

Conversando depois sobre a interacção entre a investigação e a prática dos professores na escola, ou seja, a interacção entre a cultura da investigação e a cultura da acção, procurámos saber qual a sensibilidade dos professores (através da voz desta professora) para a investigação que, em educação, se faz e se publica, tendo a entrevistada salientado o seguinte:

²⁴ O texto completo da entrevista pode consultar-se no Anexo 8.

Muitas vezes essa investigação (...) está um bocadinho desfasada do espaço e do tempo, do que se passa na escola. Essas investigações estão longe, têm em conta algumas realidades mas não têm (...) toda a realidade.

Após ter considerado que neste estudo houve a preocupação de não se estar desfasado do real, de ser “*um trabalho prático com teoria*”, em que a investigação se realizou no próprio meio escolar, acrescentou:

A relação da escola com a investigação não é nenhuma, isso é uma realidade que não temos. O que nós temos é muita prática (...) a prática do dia-a-dia (...) acaba quase por ser um conhecimento empírico. Da investigação não chega cá nada ou, então, o que chega é muito difícil de pôr em prática porque (...) estão longe da nossa realidade.

A sugestão que a professora apresenta para aproximar a investigação da escola é a de se fazerem intervenções do mesmo tipo da que foi por nós realizada:

Haver uma parceria muito maior entre professores universitários e do secundário (...) qualquer coisa de muito semelhante ao que foi feito (...). É que a experiência foi (...) para todos os intervenientes. Se for só, por exemplo, para os professores, o aluno pode ou não ... depende, o professor pode ou não ser capaz de fazer ou de ter possibilidades para fazer. E aqui cada aula era uma experiência para nós e para eles. (...) Se a acção fosse na universidade e nós, professores do mesmo grupo, nos deslocássemos lá para receber, para depois aplicar, não resultava da mesma maneira; mas vocês sem dúvida que se estão a expor muito mais e nem toda a gente, de certeza, que está para isso. Que não tem problema nenhum. É preciso humildade (...).

Parece, pois, que a participação neste trabalho conjunto terá contribuído, de alguma maneira, para o enriquecimento profissional da professora. No que diz respeito à ajuda que, em concreto, este trabalho possa ter dado no sentido da

tomada de consciência e da reflexão relativamente à sua base de conhecimento pedagógico e didáctico, a professora argumentou do seguinte modo :

É este tipo de acções que nos faziam falta. É não estarmos tão fechados, porque nós professores estamos muito fechados, trabalhamos muito sozinhos. (...) É uma lufada de ar fresco. Eu acho que seria bom em qualquer ano e em qualquer unidade. (...) Seria difícil mas, de vez em quando, era muito bom.

Sabemos que a mudança de atitude implica percursos sinuosos e difíceis, mas numa situação de tão grande proximidade com os contornos de um trabalho de investigação, feito, digamos, ao vivo, acreditamos que uma semente para a vontade de mudar possa ter ficado a germinar. Pelo menos, o entusiasmo que pudemos sentir nesta colaboração e o interesse sempre prontamente manifestado podem ser, nessa perspectiva, bons indicadores.

Conversando directamente sobre o impacte que esta experiência possa ter na sua futura prática escolar, de possíveis alterações em relação à abordagem habitual, tanto desta como de outras unidades, o seu testemunho reflecte alguma angústia com o tempo mas, ao mesmo tempo, uma compreensão das potencialidades de algumas das actividades desenvolvidas (concretizadas em alguns exemplos) e, arriscamos, uma certa disposição para a mudança:

*Por muito que nós vamos mudando sozinhos, vamo-nos baseando nos manuais, ou num ou noutra livro que a pessoa vá comprando, mas os livros estão muito caros e a gente também não compra muitos livros. [Esta intervenção] trouxe problemas novos, estratégias novas (...). Serviu-me em termos de estratégias (...) que é o que (...) sinto que estou mais empobrecida porque (...) acabamos por cair numa rotina. Os conhecimentos estão lá, esses estão, (...) [falta é] diversificar o modo de abordagem. Há [unidades] em que podíamos ser mais imaginativos e utilizar outro tipo de estratégia, mas o tempo?
(...)*

O que é que eu gostaria? Por exemplo, se eu tivesse tempo, e no 10º ano o programa é mais pequeno e é possível fazer isso (...), mas se houvesse tempo era: eu acho extremamente importante as fichas de controlo. Não aquelas perguntas que a gente faz no início da aula para os situar porque eles vieram de outra disciplina ou fizeram um teste. Este tipo de fichas de controlo. É extremamente importante, para nós e para eles (os alunos).

(...)

Por exemplo, aquelas fichas de iniciação de Mendel (em que se utiliza a história da ciência como estrutura da sua construção), a gente pode utilizar esse tipo numa infinidade de casos, em que lhes dá (...) conhecimento geral, dá-lhes uma perspectiva mais alargada da ciência (...) começavam a perceber aquele conhecimento como um conhecimento natural, que não era para ser avaliado directamente.

Mais uma vez se constata que o factor tempo foi um constrangimento evocado. Na realidade, tratou-se de um problema muito sentido ao longo do estudo, pois os programas são muito extensos e aquelas aulas, supostamente de cinquenta minutos, acabam por ter uma duração de pouco mais de meia hora de trabalho efectivo, descontando a fase inicial até se criar um clima de trabalho e de tempo que é necessário para se resolverem problemas de gestão diária. Por outro lado, como os alunos são sujeitos a uma quantidade muito grande de momentos de avaliação formal em todas as disciplinas, acabam por estar pouco disponíveis nos dias em que têm testes de avaliação (e, por vezes, também nas vésperas dos testes), correspondendo a essas actividades de avaliação sumativa uma percentagem bastante significativa de período de aulas. Os alunos realizam pelo menos dois testes de avaliação por período lectivo em cada uma das oito ou nove disciplinas que têm. Sobra, assim, pouco tempo de trabalho tranquilo e de entrega mental e afectiva às tarefas. Esta interferência varia com o estilo de personalidade e de aprendizagem de cada um, mas, de uma forma geral, interfere com o funcionamento do grupo turma. Perrenoud (1999), na análise que desenvolve em relação aos constrangimentos que a avaliação levanta nas escolas, ilustra muito bem este problema, estendendo-o também aos professores:

A avaliação absorve muitas vezes a melhor parte da energia dos alunos e dos professores (...) o sistema de avaliação clássica favorece uma relação utilitarista com o saber. Os alunos trabalham para a nota (...). (p. 188).

Essa preocupação exagerada com os testes acaba por condicionar a própria postura dos alunos na aula, os quais solicitam ao professor, frequentemente, o resumo do que foi abordado na aula para que possam transcrever para o caderno e estudar mais tarde.

Os próprios professores, mesmo quando sensíveis a estes problemas, acabam por sentir dificuldades em mudar as suas práticas de avaliação, dada a “cultura” adversa em que se encontram imersos. Como realça Perrenoud (1993b),

se um professor tiver de administrar um número importante de provas ao conjunto dos alunos, de forma sincronizada e estandardizada, acaba por passar mais tempo a cumprir essa parte do contrato do que a praticar uma avaliação formativa. (pp. 177-178)

Esta cultura escolar instalada, nomeadamente a nível do secundário, acaba por ter reflexos perniciosos e desviantes, favorecendo os alunos que melhor se adaptam a este sistema de avaliação e desfavorecendo o desenvolvimento de competências não medíveis através de testes de papel e lápis. Para além disso, este sistema vai criar nos alunos níveis de ansiedade incompatíveis com o desenvolvimento harmonioso e desejável da inteligência (Holt, 2001). Os alunos são treinados para estudar para testes e a escola acaba, deste modo, por não valorizar da mesma maneira os conteúdos atitudinais, processuais e, em particular, metacognitivos.

O sistema de avaliação clássico acaba, em suma, por levar os próprios professores a “preferirem as competências isoláveis e avaliáveis às competências de alto nível, difíceis de incluir numa prova escrita” (Perrenoud, 1999, p. 188).

No capítulo que se segue destacam-se os pontos fundamentais dos resultados obtidos no estudo empírico e discutem-se as suas principais implicações.

CAPÍTULO VII

DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Parece-me fecundo pensar na formação de professores, antes de mais, como preparação para uma profissão complexa (...). Nas profissões que trabalham com pessoas (...) vive-se com a mudança, a ambiguidade, o desvio, a opacidade, a complexidade, o conflito (Perrenoud, 1993a).

1. O Percurso

O percurso efectuado para a realização deste trabalho pretendeu ser uma via para compreender uma realidade e, em função disso, contribuir para a melhorar, na medida do possível.

A educação científica, na sociedade actual, assume um importante papel na formação pessoal, social e cultural do indivíduo, em termos de competências, atitudes, valores e destrezas e ao nível do desenvolvimento das suas relações com os outros e com a sociedade em geral, objectivos estes considerados imprescindíveis para todos os cidadãos.

O principal objectivo desta investigação foi, assim, o de procurar compreender a influência de diferentes factores que podem influenciar o sucesso no alcance desses objectivos, nomeadamente aqueles que têm a ver com a própria natureza e estrutura dos assuntos alvo de aprendizagem, bem como as dimensões mais ligadas ao próprio aluno: dimensão afectiva e motivacional, o seu nível de desenvolvimento cognitivo, a sua orientação de aprendizagem e as implicações desses factores na capacidade de construir conhecimento e de resolver problemas.

O tema científico da especialidade escolhido como cenário para a abordagem desta problemática foi o da *genética*: por um lado, por suscitar, por parte dos alunos, algumas dificuldades na compreensão e funcionalidade dos conceitos nele incluídos; por outro lado, pela sua actualidade e notória expansão em termos de investigação e impacte na sociedade, a que não são alheias as próprias considerações éticas que o tema suscita e induz e que não podem deixar de ser consideradas uma componente importante dos níveis de literacia que se pretendem para todos os cidadãos.

Na tentativa de dar consecução ao objectivo proposto, formularam-se algumas questões que orientaram o trabalho e que envolveram diferentes dimensões do ensino e da aprendizagem das ciências, contextualizadas no tema de biologia já referido:

- Quais as principais dificuldades de aprendizagem sentidas e diagnosticadas no âmbito da genética?
- Quais as principais dificuldades sentidas e diagnosticadas na actividade de resolução de problemas nesse domínio?
- Quais os factores mais influentes na aprendizagem das ciências, particularmente no caso da genética?
- Que abordagens de sala de aula poderão ajudar a superar as dificuldades de aprendizagem identificadas?

Destas questões decorreram outras que surgiram da própria dinâmica, necessariamente evolutiva, da investigação:

- Qual o papel do conhecimento pedagógico do conteúdo do professor de ciências nos mecanismos de compreensão dos alunos?
- Qual o papel da Didáctica na melhoria do processo educativo e no desenvolvimento profissional do professor de ciências?

Como foi já referido no capítulo da metodologia, a natureza complexa e dinâmica do objecto de estudo da investigação educacional e a impossibilidade de o desligar do contexto em que se encontra levam a que os estudos de natureza qualitativa se afirmem hoje como formas particularmente adequadas de compreender essa realidade (Bogdan e Biklen, 1994; Patton, 1990). Para melhor compreender as dificuldades manifestadas pelos alunos na

área da genética, optou-se, assim, por uma pesquisa que permitisse ir ao terreno recolher a informação, através do contacto directo com os intervenientes e com a preocupação de ter em conta o contexto.

Estudou-se, para isso, uma turma no seu ambiente natural – não especialmente constituída para esse efeito –, onde se levou a cabo uma intervenção orientada segundo as linhas de força emergentes da reflexão teórica entretanto realizada. Este enquadramento conceptual foi complementado com dados recolhidos de outras pesquisas citadas na literatura e com dados obtidos através de entrevistas a alunos – após terem passado pelo ensino da genética no 11º ano – e a professores com experiência de leccionação do programa de Ciência da Terra e da Vida (CTV). Estas três vias (literatura – alunos – professores), usadas para obter percepções múltiplas e cruzadas relativamente ao objecto de estudo, procuraram contribuir para reforçar a validade da investigação. Esta triangulação de dados (Stake, 1994) constituiu uma forma de atenuar as fragilidades apontadas a pesquisas desta natureza, onde o investigador funciona como instrumento de recolha de informação.

A triangulação metodológica representou também um suporte valioso, através do recurso a procedimentos múltiplos de investigação: entrevistas, questionários, observação, utilização de documentos escritos. Pode ainda, de certo modo, afirmar-se que a triangulação do investigador foi também contemplada, dada a presença de outro observador ao longo das aulas por nós leccionadas – a professora da turma na disciplina de CTV –, cuja colaboração tornou possível confirmar, reforçar ou refutar as interpretações produzidas.

A “imersão” na escola e na sala de aula permitiu, desse modo, compreender o dinamismo interno das situações, ter em conta o ponto de vista dos participantes e o contexto no qual habitualmente se desenrola o processo de ensino e de aprendizagem. O significado atribuído às situações e aos acontecimentos foi, assim, construído através do contacto com as situações e os seus actores, mas sempre com a preocupação simultânea de criar um distanciamento que permitisse reflectir sobre as observações e as acções empreendidas.

A ênfase deste tipo de estudos incide, nessa medida, mais sobre o processo do que sobre os resultados ou os produtos obtidos, contrariamente ao que acontece nas abordagens tipicamente quantitativas, cujo objectivo principal visa, em geral, a avaliação rigorosa das mudanças ocorridas num determinado grupo. A mudança é, contudo, inerente a qualquer sistema dinâmico (Patton, 1990), constituindo uma parte natural e esperada de qualquer programa objecto de estudo. Foi com base no cenário assim configurado que se procurou compreender os efeitos que as actividades desenvolvidas na sala de aula eventualmente pudessem provocar no pensar e no sentir dos alunos, assim como na professora titular da turma (foram, com esse fim, entrevistados, após a intervenção, alunos da turma e a própria docente).

Em tal caracterização metodológica sobressaem duas grandes estratégias de investigação que, transversalmente, sustentaram este trajecto, inspirando as práticas e a instrumentação: o estudo de caso e a investigação-acção. A turma constituiu, assim, um caso – e não uma amostra de uma população –, em que se estudaram problemas específicos, procurando alguma profundidade, sem esquecer o todo, na sua complexidade sistémica e procurando, por outro lado, captar, na medida do possível, os contornos individuais dos alunos que a constituíam. A legitimidade de possíveis generalizações colocou-se inevitavelmente, não se tendo todavia considerado adequado ir além de eventuais aplicações a outros casos que, não sendo idênticos, acabam, contudo, por ter afinidades. Ou seja, como o alargamento destas aplicações exige ponderação, não podendo, em rigor, corresponder a conclusões sob a forma de proposições gerais, as mesmas são consideradas neste estudo como hipóteses de trabalho (Punch, 1998).

A investigação-acção inspirou, também, este estudo, na medida em que a ampliação da compreensão do problema em análise pretendeu a apresentação de recomendações tendentes à mudança, o que, no ponto de vista de Elliot (1990), corresponde a uma das principais potencialidades dessa modalidade de investigação. O envolvimento de todos os intervenientes foi patente, assim como a intenção de provocar alguma melhoria na prática (Robson, 1998), tanto no que se refere à aprendizagem dos alunos como no que tem a ver com a acção futura da própria professora colaboradora.

Para isso, procurou estabelecer-se uma prática reflexiva na acção (protagonizada pela própria investigadora), mas também sobre a acção, em parceria com a docente, analisando e avaliando as actividades levadas a cabo e os seus efeitos nos alunos. As discussões daí resultantes foram frutíferas e reciprocamente enriquecedoras, em resultado da reflexão crítica de ambas. Aceitar, por um lado, as limitações que algumas teorias têm quando transpostas para a prática e, por outro, que os alunos não se tornam mais indisciplinados ou menos produtivos quando realizam tarefas menos centradas no professor foram algumas das consequências da estratégia seguida. A investigação-acção, ao assegurar flexibilidade de acção e reacção no decurso dos acontecimentos, parece, assim, constituir uma forma apropriada e produtiva de fazer investigação na sala de aula.

Os dados recolhidos, tanto na fase descritiva inicial (visando, tanto quanto possível, a caracterização da realidade existente), como na fase interventiva (correspondente à leccionação da unidade Hereditariedade), permitiram obter resultados que indicaram algumas mudanças positivas por parte dos diversos intervenientes envolvidos no estudo e na intervenção.

Destes resultados surgiu a necessidade de se reflectir sobre a relação entre a aprendizagem e o ensino e, em função disso, equacionar a formação de professores, sobretudo em fase inicial de preparação – com especial destaque para a Didáctica das Ciências, disciplina onde confluem os diferentes aspectos da formação docente no processo de aprender a ensinar ciências–, mas não deixando de ter em consideração a preparação do caminho para o desenvolvimento profissional desses professores ao longo da vida (OECD, 2002).

2. Os Resultados e as suas Implicações

2.1. Fase Descritiva

Os vinte e um alunos entrevistados na fase descritiva tinham já estudado, na escola, estes conteúdos; pertenciam a diferentes turmas com diferentes professores e tinham obtido resultados muito variados na disciplina. Pela análise do seu discurso, foi possível inferir que a maioria gostava das disciplinas da área da biologia mas, no caso concreto de Ciências da Terra e da Vida, considerava o programa muito extenso e com muita informação para estudar e memorizar. A Hereditariedade constituiu, em contrapartida, um tópico que lhes interessou e para o qual se sentiram motivados, apesar de o considerarem difícil, particularmente no caso dos problemas de genética.

Alguns dos alunos reconheceram que mecanizavam o processo de resolução desses problemas sem compreenderem verdadeiramente a lógica e o significado dos passos seguidos, enquanto outros, sobretudo de entre os que obtiveram melhores resultados académicos, tinham consciência de que associar os conceitos teóricos e aplicá-los na resolução dos problemas é algo difícil e que implica esforço e empenhamento pessoal. Ficou logo aí bem patente uma das diferenças entre os alunos melhor e pior sucedidos neste tipo de actividade: os que aplicam regras quantitativas de forma automática e os que conseguem apresentar a explicação qualitativa do procedimento seguido (Chi et al., 1982).

Quanto ao domínio dos conceitos e estruturas implicados no estudo da genética, a maior parte dos alunos revelou dificuldades especiais na compreensão de noções fundamentais como a de gene, falhando, nomeadamente, na distinção entre ADN, gene e cromossoma.

No que diz respeito aos processos de divisão celular – considerados dos tópicos menos difíceis da parte de biologia do programa (ver Quadro 6) –, quando solicitados a aplicar esse conhecimento às células do seu organismo, a

esmagadora maioria dos alunos mostrou não ser capaz de tornar funcionais os seus conhecimentos teóricos sobre esse assunto, sobretudo quando solicitados a justificar as respostas.

Uma concepção alternativa bastante enraizada pareceu ser a de que a informação genética numa célula é determinada pelo tipo, função ou mesmo localização ou forma da célula. A ideia de que células diferentes possuem a mesma informação genética é, de facto, contraintuitiva e resulta, segundo Lewis et al., (2000c), de um conhecimento fragmentário de factos que impedem uma visão de conjunto sobre os diferentes processos.

Para aprender genética, no entender daqueles autores, os alunos necessitam de desenvolver uma compreensão mais alargada das relações entre estruturas básicas, como gene e cromossoma, a qual lhes permita ancorar os processos de divisão celular e de fecundação, numa perspectiva de continuidade de informação genética num organismo e entre organismos.

Estes resultados mostraram-se concordantes com a evidência recolhida em vários estudos relatados na literatura (Deadman e Kelly, 1978; Johnstone e Mahmoud, 1980; Longden, 1982; Pashley, 1994; Bahar et al., 1999b; Lewis et al., 2000a, 2000b e 2000c), mesmo naqueles realizados em larga escala, como o de Wood-Robinson e seus colaboradores (2000), o qual envolveu 750 alunos britânicos, com idades compreendidas entre os 14 e os 16 anos. De uma forma geral, estes estudantes – investigados após o ensino formal da genética – mostraram ter dificuldades com (a) o reconhecimento de que cada gene tem uma localização específica num cromossoma específico; (b) a natureza universal e idêntica da informação genética nas células somáticas de um organismo; (c) a noção de replicação e sua relação com a divisão celular mitótica; (d) a distinção entre mitose e meiose, em termos do número de cromossomas e da informação genética; (e) a noção de acaso implícita na redução do número de cromossomas, aquando da formação dos gâmetas. Não pode, por outro lado, deixar de salientar-se os problemas levantados pela linguagem na aprendizagem deste tópico: os alunos participantes no estudo em referência confundiam frequentemente os termos usados para descrever os processos de divisão celular: replicação, divisão, cópia, separação, entre outros. Para além destas dificuldades, relacionadas sobretudo com os conteúdos conceptuais e mesmo com a terminologia específica, outro dos

aspectos mais referenciados naqueles estudos tem a ver com dificuldades várias experimentadas pelos alunos na resolução de problemas de genética.

No nosso estudo em concreto, os alunos entrevistados na fase descritiva foram solicitados a resolver um problema de genética clássico de mono-hibridismo, tendo, do mesmo modo, evidenciado dificuldades notórias, sobretudo na ligação com os conceitos envolvidos no problema. O de alelo, em especial, foi o que levantou mais obstáculos, com apenas dois dos entrevistados a serem capazes de o utilizar correctamente. Outra das dificuldades observadas esteve relacionada com a apresentação do significado dos símbolos a que os alunos haviam recorrido para resolver o problema, com apenas sete deles (num total de vinte e um) a fazê-lo correctamente. Nenhum conseguiu, além do mais, explicar completamente a relação entre os símbolos e os cromossomas através de um esquema.

No que respeita à representação probabilística dos descendentes possíveis do cruzamento em questão, apenas sete dos alunos conseguiram explicar o Quadrado de Punnett em termos de probabilidade, tendo os restantes interpretado os génotipos como os descendentes reais dessa geração.

Em termos da utilidade deste conhecimento, todos os alunos entrevistados nesta fase consideraram importante a aprendizagem da genética para a vida em sociedade, tendo sido apontadas muitas e variadas razões: conhecimento de si mesmos, aplicação aos problemas da gravidez e da infertilidade, compreensão das doenças hereditárias e das características dos filhos, para além dos problemas do dia a dia veiculados pelos meios de comunicação social.

Com vista a completar a triangulação dos dados, foram também *entrevistados dez professores*, os quais se mostraram, em larga medida, concordantes com os alunos, afirmando que estes gostam da disciplina de CTV e que, de uma forma geral, se sentem motivados para o seu estudo. Metade dos professores referiu que os alunos consideram o programa muito extenso e que lhes levanta dificuldades especiais em alguns dos temas (genericamente os assinalados pelos alunos). Concordando, desse modo, com a crítica dos alunos à extensão do programa, os docentes reconheceram que o abordam de uma forma essencialmente teórica, ou seja, tendo por base práticas rotineiras e

transmissivas. Face a tal condicionante, o que acaba por valer, em muitos casos é, como sublinha Perrenoud (1993b, 182-183), “que o programa tenha sido ensinado e não que tenha sido aprendido”, algo que retrata a expressão objectiva duma cultura escolar que parece ter-se generalizado nas escolas secundárias.

Ainda no que tem a ver com a identificação de possíveis causas das dificuldades dos alunos, foram especialmente relevados pelos professores os pré-requisitos de química que este programa necessariamente exige, disfunção agravada, em sua opinião, pela falta de coordenação entre os programas de Ciências Físico-Químicas e o de Ciências da Terra e da Vida.

Em termos gerais, e no que respeita ao insucesso revelado por muitos alunos na área de biologia, a maioria dos professores colocou especial ênfase em condicionantes imputáveis aos alunos, sobretudo de âmbito cognitivo e com particular incidência nas tarefas de resolução de problemas de genética. Condicionantes do foro afectivo foram, também, referidas, como a falta de interesse ou de empenhamento. Também Hodson e Reid (1988) alertam para este ponto de vista determinístico que atribui o insucesso dos alunos a factores que vão para além de qualquer intervenção do professor e que é potencialmente inibidor de mudança.

Quanto ao tópico Hereditariedade, os docentes, do mesmo modo que os alunos, apontaram a resolução de problemas como especial fonte de dificuldades nesse âmbito e referiram alguns conceitos mais problemáticos como os de gene, cromossoma, *linkage*, entre os mais citados.

Relativamente aos problemas específicos de genética, os professores foram de opinião que os alunos, de uma maneira geral, os acham interessantes, havendo, contudo, sempre alguns com menor sucesso nessas tarefas, seja por dominarem mal os pré-requisitos, seja por possuírem deficiente raciocínio lógico-matemático, correspondendo estes, muito provavelmente, a alunos enquadráveis numa fase pré-formal de desenvolvimento cognitivo (em termos piagetianos) (Smith e Sims, 1992).

No que toca à percepção que os professores tinham sobre a aprendizagem pelos alunos dos conceitos e proposições estruturantes da hereditariedade,

parece haver alguma discrepância, neste como em outros estudos relatados na literatura (Hackling e Treagust, 1984; Thomson e Stewart, 1985), entre a percepção expressa pelos professores e os resultados efectivamente obtidos pelos alunos quando tentam aplicar os seus conhecimentos, nomeadamente no caso da noção de alelo, da relação entre genes e cromossomas, entre meiose e mecanismo hereditário e da noção de acaso.

Esta dissonância entre a percepção dos professores e a dificuldade por eles evidenciada em diagnosticar dificuldades de aprendizagem mais específicas e objectivas, pode ser uma das causas do insucesso evidenciado por muitos alunos, quando este tópico é avaliado, ainda que tal consequência seja tacitamente não consciencializada pelos professores.

Na verdade, é nossa convicção que o diagnóstico e a identificação pelo professor das concepções dos alunos e das suas principais dificuldades de aprendizagem constituem um ponto de partida determinante para abrir caminho a uma aprendizagem significativa por parte dos alunos. Esse conhecimento pode ajudar o professor a compreender algumas das fontes das potenciais dificuldades dos mesmos e a melhorar, em consequência, a comunicação na sala de aula (Kargbo et al., 1980). Tal implica, necessariamente, da sua parte, a posse de uma sólida base de *conhecimento pedagógico do conteúdo*, o qual não poderá deixar de constituir um aspecto chave na formação dos professores.

2.2. Fase Interventiva

No sentido de preparar e sustentar a actuação no terreno, foram recolhidos alguns dados relativos ao estado de partida dos alunos da turma alvo da pesquisa, através de uma ficha de diagnóstico (Anexo 2) – com vista à obtenção de dados sobre pré-requisitos conceptuais, concepções e atitudes – e de um teste de pensamento lógico (Anexo 3).

Os resultados obtidos nessa *ficha de diagnóstico inicial* mostraram que os alunos tinham, até então, desenvolvido uma atitude favorável em relação à disciplina e possuíam boas expectativas para o tema Hereditariedade, cujo objecto de estudo pareciam conhecer minimamente. Em relação aos

conteúdos conceptuais, foi difícil tornarem funcionais os seus conhecimentos: a maioria manifestou confusão entre gene, cromossoma, informação genética e ADN; a distinção efectiva entre a mitose e a meiose foi também evidente na maior parte das suas respostas. Se é verdade que a maioria parecia reconhecer a existência de diferenças superficiais entre a mitose e a meiose, a natureza profunda dessas diferenças, no que tem a ver com o número de cromossomas e de informação genética, estava muito pouco clara para eles, possivelmente por não compreenderem a relação entre os cromossomas, os genes e a informação genética.

Verificou-se, assim, alguma falta de consistência no conjunto das respostas dos alunos nesse âmbito, o que sugere que, apesar de os alunos terem aprendido alguma coisa sobre divisão celular, não possuíam uma estrutura conceptual coerente que lhes permitisse explicar os processos no seu todo. De acordo com Bahar et al. (1999a), uma das dificuldades em compreender a mitose e a meiose provém de ambos os processos serem ensinados conjuntamente. A seu ver, seria benéfico distanciar a sua abordagem no tempo e ligar a meiose aos mecanismos hereditários.

O conhecimento de que os pré-requisitos mais importantes necessários à aprendizagem significativa do tópico em estudo não estariam compreendidos por muitos dos alunos permitiu ter esse factor em consideração ao longo da unidade, no sentido de contribuir para a superação dessas insuficiências.

Face a tais insuficiências e condicionantes conceptuais, e sendo a hereditariedade resultante da confluência de muitos e variados conceitos e processos e o tempo limitado, antecipava-se alguma dificuldade em atingir um patamar de sucesso efectivo, até porque muitos são os factores que podem interferir na aprendizagem e que não são passíveis de controlo. Tal como Perrenoud (1993b) reconhece, não se pode esperar que, em pouco tempo, as atitudes e as representações dos alunos se modifiquem significativamente, sabendo-se, como se sabe, que voltarão às dinâmicas anteriores noutra turma ou com outro professor, não podendo, assim, “beneficiar de uma certa continuidade ao longo de toda a escolaridade” (p.181).

A obtenção de dados relativos ao *pensamento lógico* destes alunos estava incluída no quadro de diagnóstico inicialmente delineado, no sentido de

conseguir, à partida, um melhor conhecimento, e a vários níveis, do grupo em que se iria intervir.

A recolha desta informação foi justificada pelo facto de esta unidade de biologia colocar especiais exigências em termos de raciocínio lógico-matemático e por haver evidência de que o pensamento lógico influencia a aprendizagem escolar em ciências (Lawson, 1998). Foi, assim, averiguada a tendência da turma neste campo, pela influência previsível na prestação dos alunos nas tarefas de resolução de problemas.

Os alunos revelaram igualmente, como nos apontava já a literatura da especialidade, algumas insuficiências ao nível do desempenho nesta dimensão do pensamento. As classificações individuais variaram entre os 22 e os 83%, o que nos levou a admitir que uma boa parte dos alunos não dominaria, na verdade, as operações estruturantes deste tipo de pensamento.

Pese embora o facto de outras variáveis, não controladas, poderem ter interferido nos resultados obtidos, pareceu, assim, que o nível de pensamento lógico destes alunos poderá ter influenciado o seu desempenho a nível da Hereditariedade, muito mais do que em qualquer outro dos tópicos por eles estudados.

A *intervenção na sala de aula* afastou-se do plano inicialmente previsto devido a razões que se prendem com a natureza da abordagem seguida e com as próprias contingências inerentes ao contexto real em que se trabalhou. O confronto entre a idealidade e a realidade obrigou a permanentes tomadas de decisão e alterações em função da avaliação feita durante a prática, procedimentos aliás próprios da investigação-acção e do estudo de caso.

Apesar disso, procurou-se que as linhas de força na base das quais se planeou a intervenção estivessem sempre presentes, funcionando como pilares legitimadores da actuação na sala de aula, entre os quais se relevam os seguintes:

- Privilegiar estratégias que dessem ênfase à explicitação do conhecimento declarativo e processual dos alunos e fossem realmente promotoras de mudança.

- Atender aos processos de pensamento presentes na resolução de problemas.
- Ter em conta as dificuldades mais comuns (as referenciadas na literatura e as constatadas ao longo do estudo) na aprendizagem dos conceitos de genética.
- Compreender melhor a complexidade da prática lectiva e seus factores contextuais, procurando contribuir para a sua melhoria.

Ao terminar a intervenção, a *ficha de diagnóstico final* (Anexo 2) permitiu obter dados sobre possíveis tendências de mudança em termos conceptuais e processuais, assim como atitudinais.

Quanto aos conteúdos conceptuais, a evidência recolhida apontou para uma evolução positiva, essencialmente a nível dos conceitos de gene e cromossoma. Quanto à compreensão do processo da meiose e a sua aplicação a casos concretos, a melhoria pareceu existir, mas declaradamente menos expressiva.

Sabendo que a mudança conceptual constitui um processo difícil e complexo, e muitas vezes, até improvável (Pozo, 1999) em termos absolutos (de substituição do conhecimento quotidiano pelo científico), e considerando que o trabalho no terreno não foi mobilizado pela aplicação concreta e deliberada de algum modelo específico nesse sentido, os resultados obtidos dão-nos um indicador de que a sequência de aprendizagem utilizada induziu, de alguma forma, mudanças positivas na aprendizagem de muitos dos alunos.

A atitude para com a disciplina revelou-se tendencialmente mais positiva após a intervenção, tendo o tema Hereditariedade passado a ocupar o primeiro lugar nas preferências dos alunos. O teste construído a partir da técnica do diferencial semântico também nos indicou essa tendência positiva.

Após a conclusão das aulas, foram ainda *entrevistados doze alunos*, escolhidos de entre os que tinham obtido as classificações mais elevadas, médias e mais baixas, tendo por referência a mediana, com vista a aprofundar alguns aspectos mais específicos, relacionados com os indicadores de mudança.

Estes alunos salientaram a Hereditariedade e a Meiose como os tópicos mais difíceis, referindo a existência de alguns conceitos muito complexos e a dificuldade sentida em alguns dos problemas de genética, em especial os de co-dominância, hereditariedade ligada aos cromossomas sexuais, diíbrido e os que envolviam árvores genealógicas.

Não terá sido alheio a estas dificuldades o facto de estes alunos terem sido confrontados com problemas de natureza e estrutura deliberadamente diversas (Anexo 1) e não apenas com problemas causa-efeito, resolvidos através da aplicação imediata de algoritmos conhecidos. Para resolver problemas menos estruturados é necessário, como salientam Reid e Yang (2002), criar ligações entre o que os mesmos autores apelidam de *ilhas de conhecimento*, uma competência que consideram não ser facilmente atingível por alunos do ensino secundário.

As dificuldades enumeradas por estes alunos na Hereditariedade estão, no entanto, tendencialmente em sintonia com dificuldades detectadas noutras investigações (incluindo com estudantes universitários da área de biologia), dando indicação precisa das áreas onde a atenção do professor se deve centrar.

Apesar disso, todos afirmaram gostar deste tema e consideraram a matéria e as aulas desta unidade interessantes, tendo alguns deles salientado a importância das fichas de controlo para a sua aprendizagem:

Sabíamos mais ou menos aquilo que nós sabíamos ou não, isso foi importante. Fazemos o ponto da situação de muitas coisas e depois éramos nós próprios a ver. Foi importante. Sabíamos onde tínhamos mais dificuldades ou não.

Solicitados a explicitar o que lhes pareceu fundamental para resolverem bem os problemas, destacaram a compreensão dos conceitos básicos de genética e o acompanhamento da matéria desde o início com estudo e prática, tanto na aula como depois em casa, para que as principais dúvidas se fossem dissipando desde o começo.

No que tem a ver com o papel do raciocínio lógico-matemático, apenas metade dos entrevistados afirmou considerar esse raciocínio de importância fundamental para estas questões da resolução de problemas de genética. É curioso verificar a discrepância entre esta sua percepção e os resultados obtidos na correlação entre o teste de pensamento lógico e a prova de avaliação que realizaram abrangendo os problemas de genética. Esta noção foi comum aos alunos que obtiveram as melhores classificações e aos que as tiveram mais baixas.

As questões de linguagem na aprendizagem das ciências também se manifestaram, quando inquiridos acerca das dificuldades sentidas nessa prova de avaliação. A maioria atribuiu o seu insucesso à dificuldade em compreender o sentido e o objectivo de alguma pergunta do teste.

Uma dessas perguntas da prova, a mais referenciada, levantou muitas dúvidas aos alunos, com um índice de dificuldade ou percentagem de acertantes de apenas 12%, sendo mesmo a pergunta que obteve o valor mais baixo nesse índice. Tratava-se de uma questão que exigia a relação entre vários níveis: macro, micro e simbólico, ou seja, os alunos tinham de explicar os cruzamentos das plantas em função da teoria cromossómica da hereditariedade, interpretando os símbolos usados. Corresponhia-lhe, em suma, uma tarefa cognitivamente exigente e que implicava um bom domínio de todos os conceitos envolvidos, os quais muitos dos alunos não foram capazes de mobilizar.

Estes resultados são concordantes com a evidência recolhida em investigações afins realizadas em diferentes países, nas quais os alunos mostraram dificuldade em estabelecer a conexão entre, por exemplo, a meiose (nível micro) e a genética mendeliana (nível macro) (Stewart, 1982) ou entre a expressão fenotípica de um determinado carácter (nível macro) e os genes correspondentes (nível micro) (Marbach-Ad e Stavy, 2000).

Noutras questões, os maiores obstáculos pareceram estar associados à compreensão do enunciado do problema; ou seja, a quase totalidade dos alunos (mesmo os que acabaram por obter classificações elevadas) sentiu dificuldades logo na primeira etapa ou, por outras palavras, em saber o que se pergunta. A barreira da linguagem pareceu aqui exercer os seus efeitos, pois é

sabido que os alunos têm dificuldade não só com o vocabulário técnico mas também com palavras de uso comum como *referir*, *representar*, *determinar*, *prever* ou *enumerar*. Para além dessas, não são de subestimar as palavras de ligação como *apesar de*, *sobretudo*, *também*, *enquanto*, *assim*, *desse modo*, *para além de*, *em geral*, *então*, palavras cujo significado muitos alunos não dominam (Valente, 2002).

Na entrevista era ainda solicitada a resolução de um problema de genética, no qual todos os alunos, à excepção de um, apresentaram uma solução e consideraram os cromossomas presentes no seu esquema de resolução. Explicar todo o processo em função dos cromossomas revelou-se, no entanto, ainda um obstáculo para três dos alunos entrevistados, embora nove dos doze tenham conseguido relacionar o seu esquema de resolução com a meiose. Só dois conseguiram, todavia, reconstituir o esquema completo com a fecundação incluída.

Não restam dúvidas de que o conhecimento conceptual necessário à compreensão dos problemas tem de ser explicitado e os alunos acompanhados no desenvolvimento dos algoritmos que podem ser usados, sempre numa perspectiva de valorização do processo e não do produto, pois, como se tornou manifesto, saber se um aluno obteve simplesmente uma resposta final correcta ou incorrecta pode ser muito pouco informativo.

Ajudar a desenvolver essas competências metacognitivas é, como se constatou, moroso e implica que o professor tenha a percepção de que a resolução do que se afigura ser um problema simples e rotineiro exige, na verdade, uma boa dose de conhecimento por parte do aluno. De facto, para resolver significativamente qualquer problema é necessário, como acentua Stewart (1982), conhecimento processual de como resolver o problema e conhecimento conceptual de conceitos, leis e teorias que conferem significado aos procedimentos.

Em evidência esteve também na entrevista a utilização do raciocínio probabilístico necessário à explicação do resultado do quadro de cruzamento, actividade em que seis dos alunos alcançaram sucesso. Apesar de, ao longo de toda a intervenção na escola, se ter dado particular atenção a esta competência, essa aquisição parece ser lenta e difícil. Não se pode ignorar, no

entanto, que o raciocínio probabilístico constitui uma operação formal que muitos alunos ainda não dominam, como nos indicaram os resultados por eles obtidos no teste de pensamento lógico e como outros estudos têm confirmado (Carretero, 1986).

Em síntese, o que levantou mais obstáculos a maior número de alunos entrevistados foi mesmo conseguir fazer a ponte entre o problema proposto, a sua resolução e os conceitos e processos da teoria cromossômica da hereditariedade. Ter os diferentes conceitos e processos presentes para utilizar em situação exige não só informação disponível na memória, como estruturas conceptuais eficazes, para que o aluno não se fique pela estrutura superficial do problema e na mera aplicação de algoritmos conhecidos.

Finalmente, a *entrevista com a professora da turma* teve por objectivo obter indicações sobre a sua leitura em relação ao desenvolvimento deste projecto na escola e sobre a viabilidade de trabalhos em parceria similares. Como esteve sempre presente nas aulas e foi interveniente activa ao longo de todo o processo, é de salientar que as suas respostas derivam, naturalmente do contexto em que foram produzidas (Ferreira, 1989).

A professora assumiu, na verdade, uma postura colaborativa, apresentando contributos vários resultantes do seu conhecimento prático, um conhecimento que, como indica Mellado (1998), os professores desenvolvem de forma lenta e gradual, através da experiência e do esforço, e que consiste em modelos de actuação guiados por princípios práticos e funcionais. A valorização do conhecimento que os profissionais evidenciam (Schön, 1983), sobretudo ao nível do contexto escolar concreto, corresponde, a nosso ver, a um importante factor a ter em conta nesta área de pesquisa.

Na entrevista, a docente reafirmou o que foi referindo ao longo das aulas: que a parceria em que esteve envolvida constituiu para ela uma experiência muito positiva e que esta intervenção correspondeu ao que considera um tipo de formação a privilegiar pois, sendo no terreno, diminui o fosso entre a investigação e a prática, a universidade e a escola, o investigador e o objecto de investigação.

A investigação que habitualmente se faz, na sua opinião, não chega à escola e a que chega é difícil de pôr em prática porque, como afirmou, “*está um bocadinho (...) desfasada do real (...) desfasada do espaço e tempo, do que se passa na escola*”.

As sugestões que apresentou apontam para a necessidade de serem estabelecidas parcerias com maior frequência entre professores universitários e professores do ensino secundário pois, dessa forma, todos os intervenientes têm oportunidade para aprender e partilhar saberes, só que para isso, sublinha, “*é preciso humildade*” .

Nessa ordem de ideias, assume a necessidade imperiosa de uma formação contínua consistente, até porque, como frisou, o manual escolar continua a ser uma das bases de apoio a que os professores recorrem, trabalhando estes, para além disso, muito isolados, o que os leva a “*cair numa rotina*”. Quanto à formação a que efectivamente têm acesso, entende-a insuficiente, pois, em grande parte, é feita “*para ter créditos*”.

Esta experiência terá, por outro lado, contribuído para a professora tomar consciência e reflectir sobre a sua base de conhecimento pedagógico e didáctico, não só desta disciplina como das outras, o que não significa que, em termos de mudança da sua abordagem habitual, não tenha permanecido a angústia da falta de tempo. Os excertos que se seguem parecem precisamente ilustrar, para além da limitação temporal, alguma disposição para a mudança:

Tomei consciência que seria bom em todos os anos e em todas as unidades (...)

Mas o tempo (...)

No 10º ano o programa é mais pequeno e é possível fazer isso (...)

Eu acho extremamente importante as fichas de controlo (...).

Há unidades que acabo por dar muito expositivamente [mas] aquela ficha de iniciação (de Mendel) ... pode utilizar-se numa infinidade de casos ... dá-lhes uma perspectiva mais alargada da ciência.

O tempo disponível para trabalhar com os alunos foi, também na experiência levada a cabo, um factor verdadeiramente condicionante: o tempo útil de uma aula é, na realidade, bem menor que cinquenta minutos; muitos tempos

lectivos são dedicados a momentos formais de avaliação; a avaliação das outras disciplinas interfere no ritmo normal das aulas; já para não falar de outros imprevistos ocasionais próprios do dia-a-dia escolar.

A questão das provas de avaliação, tal como estão organizadas no nosso sistema educativo, absorve muitas vezes, como faz notar Perrenoud (1993b), a maior parte da energia dos alunos e dos professores e conduz a uma “relação utilitarista com o saber” (p. 188), fazendo com que as classificações nos testes se tornem a preocupação central dos alunos. Para além disso, outro dos efeitos negativos da proliferação destas provas é que tendem a sobrevalorizar competências isoláveis, em detrimento de conteúdos processuais, atitudinais e de nível cognitivo mais elevado, difíceis, por natureza, de avaliar numa prova escrita.

Nesta unidade procurou-se privilegiar a avaliação formativa, já que é essa que permite ajudar “os alunos a aprender e o professor a ensinar” (Perrenoud, 1993b, p. 173) e porque ela própria se inscreve “numa lógica de resolução de problemas” (p.174).

3. Um Regresso aos Fundamentos

Edgar Morin (1999), ao reflectir sobre a escola e as reformas de ensino, defende como primeira finalidade do que designa de *ensino educativo* a formação de uma *cabeça bem feita* e não apenas bem cheia. “Uma cabeça bem feita é uma cabeça apta a organizar os conhecimentos e, por isso, a evitar a sua acumulação estéril” (p. 26); é uma cabeça capaz de transformar informação em conhecimento pertinente que, na sua opinião, é um conhecimento que “é capaz de situar toda a informação no seu contexto e, se possível, no conjunto em que está inscrita” (p. 16).

Os resultados obtidos neste estudo, ao indicarem a existência de saberes desconectados por parte dos alunos, não podem deixar de reforçar a importância das palavras deste pensador, quando defende que “o conhecimento só é conhecimento enquanto organização, que relaciona e contextualiza as informações”, as quais constituem “parcelas de saber disperso” (p. 17). Ora, os sistemas de ensino, de uma forma geral, alimentam, segundo Morin, este parcelamento, ensinando a isolar os objectos, a separar as disciplinas, a separar os problemas, dedicando muito menos atenção a unir e a integrar. Pedem para reduzir o complexo ao simples, ou seja, que se separe o que está ligado, que se decomponha e não que se recomponha e que se afaste o que traga desordem ou contradições ao nosso entendimento. Nestas condições, os jovens perdem as suas atitudes naturais de contextualização dos saberes e de integração dos mesmos.

Uma inteligência assim formada, afirma o mesmo autor, “atrofia as possibilidades de compreensão e de reflexão” (Morin, 1999, p. 14) e de resolução dos problemas actuais, criando dificuldades progressivas em pensar a multidimensionalidade e a complexidade.

Morin (1999) fala mesmo do *desafio dos desafios* que corresponde, a seu ver, a uma reforma paradigmática do pensamento no sentido da organização do conhecimento e que permita “o pleno emprego da inteligência para responder aos desafios” (p. 21). Sugere ainda que, em vez de se acumular saber, é muito mais importante dispor-se de uma atitude geral para abordar e resolver os

problemas e de princípios organizadores que permitam ligar os saberes e dar-lhes sentido.

Já, anteriormente, Whitehead (1967) tinha alertado para o facto de o ensino de pequenas partes de muitos assuntos poder provocar a recepção passiva de ideias desconexas e sem qualquer vitalidade. Na sua opinião, as ideias principais a introduzir na educação de um jovem deveriam, ao contrário, ser poucas mas importantes e deveriam ser por ele analisadas de muitos e variados ângulos, de forma a torná-las suas e a aplicá-las na sua vida real.

A resposta de Morin (1999) a esta problemática é a de que a educação deveria favorecer a curiosidade natural perante os problemas, a atitude interrogativa, a argumentação e a discussão. Para além disso, deveria estimular a organização dos conhecimentos, desenvolvendo a capacidade de “contextualizar e globalizar os saberes” (Morin, 1999, p. 27).

Tendo em conta recomendações como estas, a educação em ciências ganha responsabilidades acrescidas, pelo papel fundamental que desempenha na preparação de cidadãos alfabetizados cientificamente, no sentido de responderem aos problemas actuais, cada vez mais pluridisciplinares, transversais, multidimensionais, transnacionais, globais. Responsabilidades na formação de pessoas capazes de fazer escolhas fundamentadas e que, em termos ideais, possam vir a influenciar o rumo da própria sociedade. Cabe referir, neste contexto, a perspectiva optimista de Prigogine (1999), ao referir-se às gerações futuras:

Os dados ainda não estão lançados, o caminho que se seguirá à bifurcação está por definir. Estamos num período de flutuações onde a acção individual é essencial”. (p. 138-139).

Como a complexidade da ciência e das suas implicações no funcionamento e enquadramento social mobiliza cada vez mais a participação de todos, a escola não pode, nesta ordem de ideias, desligar a análise de temas científicos das várias dimensões da ciência e das suas ligações à tecnologia, à sociedade, ao ambiente e à ética, ou seja, da sua complexidade.

O caminho para a organização e a integração do conhecimento científico implica, então, que os alunos tenham acesso a uma visão sistémica da ciência e da sua natureza, uma visão que desdogmatize a ciência, reflecta sobre as limitações e a mutabilidade das teorias científicas e que apresente o cientista como uma pessoa que, de forma activa, interveniente e preparada, propõe hipóteses imaginativas e abrangentes para explicar o mundo.

O paralelismo, ainda que parcial, entre essa forma de ver a construção do conhecimento científico e a construção do conhecimento do aluno tem suscitado a possibilidade da sua transposição para a sala de aula. Nessa medida, se, por um lado, se pode pensar o aluno como um sujeito que constrói explicações viáveis para as suas experiências, num processo activo e construtivo de compreensão e de significado, e que a aproximação à actividade científica pode ser vantajosa nesse processo, por outro, não se pode deixar de ter em consideração que o conhecimento escolar entra, não raras vezes, em conflito com o conhecimento quotidiano que o aluno já possui.

A superação deste obstáculo passa, numa perspectiva sistémica, por ter em consideração as várias dimensões do conhecimento e tentar a integração dos contributos dos diversos contextos e dos diversos saberes, valorizando o conhecimento quotidiano e promovendo a sua transformação (a sua complexificação, segundo Vygotsky).

A aprendizagem anterior dos alunos joga, em função disso, um papel importante na aquisição de novo conhecimento (Ausubel et al., 1978; Kelly, 1963); segundo Bruner (1989), por outro lado, os diferentes modos de representação da realidade constroem-se à medida que as crianças ou os jovens interagem, num determinado contexto cultural. A mediação social é, aliás, hoje considerada determinante no desenvolvimento e a única via capaz de levar os alunos a uma actuação que se pretende cada vez mais autónoma (Vygotsky, 1979). Em contexto escolar, ela pode permitir, ainda, ajudar os alunos a apreciar o valor do que estão a aprender, ou seja, a fortalecer o envolvimento afectivo, hoje considerado tão ou mais decisivo na aprendizagem como o cognitivo.

Todas estas perspectivas acabam por reforçar a importância do professor como mediador das aprendizagens, alguém que não só ajuda os alunos a

realizar tarefas de uma maneira e a um nível que não fariam individualmente, mas que também se preocupa em criar climas de aprendizagem apropriados e incentivos que conduzam à motivação.

Para que os alunos possam caminhar progressivamente para uma maior autonomia em relação ao processo de aprendizagem, uma das vias para o conseguir passa necessariamente por incentivar o uso de estratégias metacognitivas que lhes permitam regular esse processo, ou seja, que os levem a reflectir sobre os mecanismos que possibilitam o conhecimento e a desenvolver a capacidade de organizar, controlar e modificar os processos e estados cognitivos e afectivos.

A resolução de problemas procurou, neste estudo, ser precisamente encarada como uma ocasião de treino da metacognição, numa perspectiva de criar oportunidades onde cada aluno pudesse identificar os processos que utilizava durante a realização das tarefas, de molde a poder controlá-los e avaliá-los. Isso porque a resolução de problemas em ciências corresponde, na verdade, a uma actividade complexa, que mobiliza factores diversos mas convergentes: os conhecimentos específicos dos alunos sobre o tema, os conhecimentos de heurísticas e estratégias, as suas concepções, as suas atitudes e os seus sentimentos. Não admira, portanto, que continue a levantar tantas dificuldades aos alunos, como foi o caso das que foram identificadas nesta pesquisa.

Esta postura implica um professor que, para além dos pré-requisitos necessários à aprendizagem, seja capaz de identificar e compreender as áreas de maior dificuldade, os erros e concepções mais frequentes, assim como o tipo de conhecimento que os alunos precisam para compreender problemas novos. Todas estas noções fazem parte integrante do conhecimento pedagógico do conteúdo (Shulman, 1987), o qual se constrói a partir do conhecimento do conteúdo que cada professor possui, do seu conhecimento pedagógico geral, do conhecimento dos alunos e é consequência da própria biografia pessoal e profissional do professor. Nessa medida, o conhecimento pedagógico do conteúdo diz respeito à forma como os professores usam o conhecimento que têm sobre o conteúdo e o transformam para que se produza compreensão nos alunos. O uso e desenvolvimento desta categoria de conhecimento por parte do professor exige, em síntese, a atenção de quatro aspectos fundamentais: (a) as representações dos conteúdos do ensino; (b) as

estratégias de ensino, incorporando essas representações; (c) as concepções específicas dos alunos; e, (d) as suas dificuldades nas aprendizagens.

Trata-se de uma categoria fundamental do conhecimento prático do professor, difícil de concretizar através de uma formação inicial que se circunscreva exclusivamente a uma componente académica teórica. Mellado et al. (1999) contrapõem ao conhecimento proposicional ou estático – que pode ser independente da pessoa que ensina e do contexto específico onde se desenvolve a actividade docente –, uma componente dinâmica fundamental, a qual pressupõe que a prática apareça durante esse período crucial de formação, servindo de motor ao desenvolvimento profissional futuro.

A Didáctica das Ciências pode constituir, precisamente, o núcleo integrador desses diferentes aspectos da formação docente no processo de aprender a ensinar ciências, com o aluno a constituir o grande destinatário da sua acção e produção. Dito de outro modo, pode afirmar-se como uma disciplina orientada numa perspectiva reflexiva, na qual o futuro professor seja encorajado a desenvolver uma compreensão crítica em relação à organização do processo de ensino e aprendizagem das ciências, como base para o desenvolvimento de atitudes e capacidades relacionadas com o trabalho de investigação (Cachapuz, 1995a).

4. As Limitações

Qualquer estudo apresenta pontos mais fortes e pontos mais fracos, condicionantes e limitações, sejam elas de natureza metodológica e instrumental ou inerentes ao próprio investigador (a sua experiência ou competência, nomeadamente), para além de constrangimentos decorrentes do próprio contexto em que a investigação tem lugar.

Uma das primeiras limitações deste estudo advém da própria natureza da metodologia seguida, ao decidirmos trabalhar com unidades pouco extensas e dentro de contextos específicos, tanto em termos escolares como dos tópicos trabalhados. A dúvida se as conclusões são transferíveis para outras situações de sala de aula é intrínseca a todas as investigações deste tipo. Estas procuram, em contrapartida, iluminar a área que está a ser analisada, fornecer *insights* a quem possa encontrar pontos de ligação com a sua própria experiência, provocar novas questões e, tanto quanto possível, promover novos olhares sobre a realidade.

O valor deste tipo de pesquisas, nomeadamente no que se refere à fase interventiva, está na importância que conferem ao processo, factor aqui objectivado na tentativa de poder funcionar como incentivo à melhoria do ensino de cada professor, no contexto em que está inserido e com as turmas que tem, num caminho em que cada um seja capaz de:

1. reflectir continuamente sobre o que acontece na sua sala de aula, numa atitude de questionamento permanente das suas práticas e da aprendizagem dos seus alunos, encorajando-os da mesma forma a serem eles próprios reflexivos;
2. experimentar diferentes formas de ensinar e de avaliar, analisando-as em termos de pequenas investigações progressivamente autónomas.

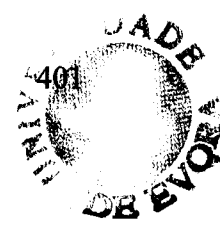
Pensando agora em limitações mais específicas, será de apontar o tempo de duração da intervenção na escola (de Março a Junho), o qual se manifestou insuficiente para terminar, como se tinha previsto, a unidade programática da

Hereditariedade. A última parte, a dedicar especialmente à interacção genética-sociedade, acabou por não se concretizar, reforçando a opinião manifestada pelos intervenientes e reafirmada em pesquisas similares como a de Bahar et al. (1999b), em que, nas entrevistas que realizou, tanto os professores como os alunos alegaram que era dedicado pouco tempo a uma área de nível de dificuldade tão elevado como esta.

Para além disso, e pese embora a sua matriz social e cultural, sendo os sistemas de construtos espontâneos e científicos fortemente marcados pelas idiossincrasias pessoais e, como tal, diferentes de aluno para aluno, e sendo o desenvolvimento de conceitos um processo demorado e sempre aberto, um período lectivo seria, em qualquer caso, demasiado curto para que se pudessem instalar dinâmicas diferentes de funcionamento na sala de aula, só compatíveis com a continuidade.

Outra importante limitação advém dos próprios métodos e instrumentos de recolha de dados utilizados para avaliação do grau de compreensão dos alunos. Dificilmente num documento escrito ou mesmo numa entrevista se pode, com efeito, estabelecer uma correspondência efectiva entre o que o aluno relata e os seus processos mentais, até porque muitos dos alunos se mostraram muito relutantes a verbalizar os seus raciocínios ou a explicar as suas justificações. As entrevistas pareceram, ainda assim, ser uma via muito mais adequada e produtiva do que os suportes escritos para se obterem dados neste âmbito.

O facto de a leccionação ter sido assumida, na sua quase totalidade, pela própria investigadora dificultou uma observação mais sistemática e distanciada no decorrer das aulas. Em contrapartida, possibilitou, porém, o estabelecimento de pontes entre a teoria e a prática, a idealidade e a realidade e permitiu sentir e compreender mais profundamente os problemas inerentes à aprendizagem e ao ensino e constatar que esses dois processos não se equivalem necessariamente, embora devam ser olhados em interacção dialéctica, o que também significa transformativa dos actores que os protagonizam: os alunos e os professores.



5. As Recomendações e o Futuro em Perspectiva

Este estudo pretendeu ser um contributo mais, a juntar a outros já trilhados, na perspectiva de que todos juntos possam fazer a mudança. A mudança para um ensino mais educativo e mais adequado ao século XXI, onde a sociedade da informação (parcelar) dê lugar à sociedade do conhecimento (estruturado) e, em consequência, à sociedade da aprendizagem (significativa).

Do percurso construído emergiram alguns indicadores passíveis de reflexão, continuidade e aprofundamento e também algumas recomendações que, sem decorrerem exclusivamente deste estudo em particular, viram a sua importância reforçada na sequência do mesmo:

Quanto à aprendizagem e ao ensino

1. Grande parte das dificuldades que os alunos denotam no estabelecimento de ligações frutíferas entre a teoria científica e os fenómenos quotidianos advém de aprenderem os conceitos científicos de forma superficial e desintegrada.
2. O reconhecimento e a antecipação das dificuldades de aprendizagem dos alunos leva a um ensino mais eficiente.
3. As tarefas de aprendizagem mais adequadas são aquelas que se mostram compatíveis com a zona de desenvolvimento potencial do aluno (Vygotsky, 1979) e que se situam na sua zona de interesse óptimo (Garrett, 1995); ou, como defende Brophy (1999), mesmo que não sejam ainda muito familiares ou valorizadas pelos alunos, façam parte de uma zona motivacional em que, com a mediação efectiva do professor, eles possam começar a apreciar a sua importância e o seu valor.
4. Para que os alunos aprendam a resolver problemas, é necessário ajudá-los a estabelecer a ligação entre o conhecimento processual e o conhecimento declarativo, de uma forma sistemática e continuada, de modo a evitar o operativismo cego (Gil Pérez et al., 1988).

5. A resolução de problemas normalmente exige o estabelecimento de relações entre conteúdos que foram aprendidos em tópicos separados por períodos de tempo que podem variar entre meses e anos. Estes temas devem ser identificados e ligados pelo professor numa estrutura conceptual coerente que sirva de guia ao aluno.

... da *Genética*

1. Importa apresentar a hereditariedade como um processo que envolve a transmissão de genes e cromossomas de pais para filhos, onde intervêm a meiose, os gâmetas e a fecundação. No entanto, é de evitar veicular uma visão hipercentrada nos genes, tendo em atenção que a investigação biológica moderna enfatiza o indeterminismo, a imprevisão, a complexidade das interações entre genes e a relação subtil que estabelecem com as influências ambientais internas e externas, perspectiva esta que contraria a visão popular (simplificada, reducionista e determinística), em parte alimentada pelos *media* e que reforça o dogma “somos os nossos genes”.
2. Deve dar-se particular destaque: à relação entre os conceitos de cromossoma, gene e alelo (apresentando sistematicamente os alelos representados nos cromossomas); à noção de que a informação genética é universal e idêntica em todas as células somáticas de um organismo; à ideia de que as combinações possíveis entre cromossomas na formação dos gâmetas é muito vasta; à relação clara entre mitose, meiose e fecundação; à noção de probabilidade.
3. Os alunos têm de ser ajudados a estabelecer a ligação entre os diferentes níveis de organização a que são analisados os conceitos e processos em genética, de forma a poderem ver os conceitos como parte de um todo inter-relacionado.
4. Deve ter-se em consideração tanto os problemas causa-efeito como os problemas efeito-causa (deduzir, a partir dos resultados de vários tipos de cruzamentos, o mecanismo hereditário envolvido e/ou a constituição genética de progenitores), pois estes parecem ser mais passíveis de incrementar a compreensão conceptual.
5. Na resolução de problemas de genética é importante estabelecer etapas: interpretação qualitativa dos dados do problema; uso dessa redefinição para gerar hipóteses; utilização dessas hipóteses para decidir quais os

cruzamentos a considerar; interpretação dos cruzamentos; consideração de hipóteses alternativas como possíveis explicações (Stewart e Van Kirk, 1990).

6. A integração dos conceitos na resolução do problema deve ser orientada pelo professor e verbalizada por ele, sobretudo na fase inicial de apresentação dos primeiros problemas – deve explicitar-se em particular a relação entre a meiose e a genética com as etapas processuais do problema.

Quanto à investigação e à formação

1. Este tipo de estudos permite reduzir o fosso entre a investigação e a escola, levando os professores a participar directamente nos projectos de investigação. Possibilitam, por outro lado, a diminuição do fosso entre a idealidade e realidade, permitindo que os construtos teóricos se liguem com a prática, se reestruturem e reequilibrem.
2. Quando o investigador assume as funções de professor evitam-se perdas no conteúdo da mensagem que inevitavelmente ocorrem na comunicação de um determinado modelo a professores intermediários.
3. É importante apostar no desenvolvimento profissional do professor, valorizando o seu conhecimento prático e reforçando a componente investigativa da formação.
4. A formação inicial tem um papel fundamental na criação das bases desse desenvolvimento, em especial a Didáctica das Ciências, pela sua vocação integradora e, cada vez mais, reconstrutora de saberes.

Quanto a pistas metodológicas para o futuro

1. Estudos com os professores no sentido de pôr em prática e avaliar propostas inovadoras, com oportunidade para poderem reflectir e fazer parte de pesquisas, as quais possam funcionar até como meio de aproximar a investigação das escolas e vice-versa.
2. Recolha de dados sobre o conhecimento pedagógico do conteúdo dos professores de ciências (nomeadamente de biologia e de geologia), com vista à identificação das áreas de formação a privilegiar.
3. Desenho de actividades e materiais curriculares e sua implementação, com vista a avaliar da sua adequação à aprendizagem dos alunos, e

posterior aperfeiçoamento, dando especial destaque a actividades de resolução de problemas e tarefas potenciadoras do desenvolvimento de competências metacognitivas e afectivas de nível superior.

Toda esta ampla gama de possibilidades aposta nas potencialidades de mudança inerente à experiência humana e a qualquer sistema dinâmico. A escola, onde se joga o futuro da sociedade, necessita, mais do que qualquer outro sistema desse tipo, de ser transformada num espaço onde prevaleça a esperança e o optimismo, onde o empenhamento de cada um contribua para criar uma “flutuação” no conjunto, a qual possa ter consequências decisivas no trilhar de um caminho para o ensino educativo de que fala Morin.

Um caminho que contribua também para a reabilitação da imagem da própria escola, ensombrada ainda pelos resultados pouco entusiasmantes como os que Portugal vai obtendo nos *rankings* mundiais (PISA 2000 – Ministério da Educação, 2003), com os seus alunos, em especial na área das ciências, a mostrarem o muito que falta fazer e a necessidade de se encarar a educação como uma prerrogativa nacional.

Há no entanto que reforçar a ideia de que, tal como para os alunos, também aqui vale a ideia de pensarmos esse objectivo como um desafio, um desafio que não seja encarado como inatingível – que, como tal, faça desistir e impeça o desenvolvimento –, nem como trivial – que faça criar uma atitude laxista em relação ao problema. Voltando a socorrer-nos de Prigogine (1999) e utilizando uma sua analogia retirada dos estudos de física do não-equilíbrio, assumiremos, a concluir, a perspectiva optimista de que não há motivos para fatalismos, pois o futuro continua em aberto:

A minha mensagem para as gerações futuras passa por fornecer argumentos para lutarem contra a resignação e o sentimento de impotência. As ciências recentes da complexidade negam o determinismo, elas insistem na criatividade a todos os níveis da natureza. O futuro não está determinado. (p.135).



BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- Alarcão, I. (1989). Para uma revalorização da Didáctica. *Aprender*, 7, 5-8.
- Alarcão, I. (1996). Reflexão crítica sobre o pensamento de Schön e os programas de formação de professores. In I. Alarcão (Org.), *Formação reflexiva de professores: Estratégias de supervisão*. Porto: Porto Editora.
- Alarcão, I. (1997). Contribuição da didáctica para a formação de professores: Reflexões sobre o seu ensino. In S. Pimenta (Ed.), *Didáctica e formação de professores: Percursos e perspectivas no Brasil e em Portugal*. São Paulo: Cortez Editora.
- Alarcão, I. (2000). Escola reflexiva e supervisão. Uma escola em desenvolvimento e aprendizagem. In I. Alarcão (Org.), *Escola reflexiva e supervisão: Uma escola em desenvolvimento e aprendizagem*. Porto: Porto Editora.
- Alarcão, I., Freitas, V., Ponte, J., Alarcão, J. e Tavares, M. J. (1997). *A formação de professores no Portugal de hoje*. Documento de trabalho do CRUP. http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/jponte/artigos_pt.htm
- American Association for the Advancement of Science (1989). *Project 2061: Science for all americans*. Washington: AAAS.
- Anderson, L. e Burns, R. (1989). *Research in classrooms: The study of teachers, teaching, and instruction*. Oxford: Pergamon Press.
- Andrade, A. I. e Sá, M. H. (1989). Didáctica e formação em didáctica. *Inovação*, 2(2), 133-143.
- Annan, K. (2004, 19 de Janeiro). A ciência para todas as nações. *Visão*, p. 64.

- Arendt, H. (1983). *Condition de l'homme moderne*. Paris: Calmann-Lévy.
- Arnal, J., Rincón, D. e Latorre, A. (1994). *Investigación educativa: Fundamentos y metodología*. Barcelona: Editorial Labor.
- Association for Science Education (2003). *Science: The global dimension*. Londres: Development Education Association.
- Ausubel, D., Novak, J. e Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: A cognitive view* (2ª ed.). Nova Iorque: Holt, Rinehart and Winston.
- Ayuso, E., Banet, E. e Abellan, T. (1996). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y el bachillerato: Resolución de problemas o realización de ejercicios? *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 127-142.
- Ayuso, E. e Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), 133-157.
- Bahar, M., Johnstone, A. H. e Hansell, M. H. (1999a). Revisiting learning difficulties in biology. *Journal of Biological Education*, 33(2), 84-86.
- Bahar, M., Johnstone, A. H. e Sutcliffe, R. G. (1999b). Investigation of students' cognitive structure in elementary genetics through word association tests. *Journal of Biological Education*, 33(3), 134-141.
- Banet, E. e Ayuso, E. (1995). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), 137-153.
- Baquero, R. (s/d). *Vigotsky y el aprendizaje escolar*. Buenos Aires: Aique.
- Barberá, O. (1992). El papel que desempeñan las teorías en la biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(1), 32-36.
- Bardin, L. (1977). *L'analyse de contenu*. Paris: Presses Universitaires de France.

- Bell, B. e Freyberg, P. (1985). Language in the science classroom. In R. Osborne e P. Freyberg (Eds.), *Learning in science: The implications of children's science*. London: Heinemann.
- Bogdan, R. e Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação: Uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora.
- Borrvalho, A. (2001). *Didáctica da matemática e formação inicial: Um estudo com três futuros professores*. Tese de doutoramento não publicada, Universidade de Évora, Departamento de Pedagogia e Educação, Évora.
- Brophy, J. (1999). Toward a model of the value aspects of motivation in education: Developing appreciation for particular learning domains and activities. *Educational Psychologist*, 34(2), 75-85.
- Brown, A. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms. In F. Weinert e R. Kluwe (Eds.), *Metacognition, motivation and understanding*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Brumby, M. N. (1979). Problems in learning the concept of natural selection. *Journal of Biological Education*, 13(2), 119-122.
- Bruner, J. (1989). *Acción, pensamiento y lenguaje*. Madrid: Alianza Editorial.
- Bruner, J. (1990). *Acts of meaning*. Cambridge: Harvard University Press.
- Bruner, J. (1996). *The culture of education*. Cambridge: Harvard University Press.
- Buchberger, F. (2000). Teacher education policies in the European Union: Critical analysis and identification on main issues. Disponível em: http://www.pa-linz.ac.at/team/homepage/BuchbergerF/artepolend_neu.pdf (02-03-2004).

- Burbules, N. e Linn, M. (1991). Science education and philosophy of science: Congruence or contradiction? *International Journal of Science Education*, 13(3), 227-241.
- Caballer, M. J., Giménez, I. e Madrid, A. (1995). La enseñanza de la biología y la resolución de problemas. *Alambique*, 5, 53-58.
- Caballero, M., González, M. P., Olivares, E., Santisteban, A. e Serrano, P. (2001). Un nuevo enfoque para la enseñanza de la genética mendeliana. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra, VI Congreso*, 299-300.
- Cachapuz, A. (1995a). Da investigação sobre e para professores à investigação com e pelos professores de ciências. In L. Blanco Nieto e V. Mellado Jiménez (Coords.), *La formación del profesorado de ciencias y matemáticas en España y Portugal*. Badajoz: Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas de la Universidad de Extremadura.
- Cachapuz, A. (1995b). O ensino das ciências para a excelência da aprendizagem. In A. D. Carvalho (Org.), *Novas metodologias em educação*. Porto: Porto Editora.
- Cachapuz, A., Praia, J. e Jorge, M. (2002). *Ciência, educação em ciência e ensino das ciências*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Campanario, J. M. (2000). El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: Estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 369-380.
- Campanario, J. M. (1998). Ventajas e inconvenientes de la historia de la ciencia como recurso en la enseñanza de las ciencias. *Revista de la Enseñanza de la Física*, 11(1), 5-14.
- Campanario, J. M. e Otero, J. C. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: Las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), 155-169.

- Campanario, J. M., Cuerva, J., Moya, A, e Otero, J. C. (1997). El papel de las estrategias metacognitivas en el aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias, V Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica da las Ciencias*, 447-448.
- Carlsen, W. (1999). Domains of teacher knowledge. In J. Gess-Newsome e N. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Carr, M., Barker, M., Bell, B., Biddulph, F., Jones, A., Kirkwood, V., Pearson, J. e Symington, D. (1994). The constructivist paradigm and some implications for science content and pedagogy. In P. Fensham, R. Gunstone e R. White (Eds.), *The content of science: A constructivist approach to its teaching and learning*. Londres: Falmer.
- Carrascosa, J. e Gil Pérez, D. (1985). La metodología de la superficialitat i l'aprenentatge de les ciències. *Enseñanza de las Ciencias*, 3(2), 113-120.
- Carretero, M. (1986). El desarrollo cognitivo en la adolescencia y la juventud: Las operaciones formales. In M. Carretero, J. Palacios e A. Marchesi (Comps.), *Psicología evolutiva 3: Adolescencia, madurez y senectud*. Madrid: Alianza Editorial.
- Carter, K. (1990). Teachers' knowledge and learning to teach. In W. Houston (Ed.), *Handbook of research on teacher education: A project of the association of teacher educators*. Nova Iorque. Macmillan Publishing Company.
- Chi, M. T., Glaser, R. e Rees, E. (1982). Expertise in problem solving. In R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence* (Vol. 1). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Chiapetta, E. (1976). A review of piagetian studies relevant to science instruction at secondary and college level. *Science Education*, 60(21), 253-261.

- Cid, M. (1995). *A ciência-tecnologia-sociedade na formação de professores e efeitos na aprendizagem dos alunos*. Tese de mestrado não publicada, Universidade de Lisboa, Departamento de Educação da Faculdade de Ciências, Lisboa.
- Cid, M. (1997). A perspectiva ciência-tecnologia-sociedade: Alguns efeitos na aprendizagem dos alunos. In L. Leite, M. C. Duarte, R. Castro, J. Silva, A. P. Mourão e J. Precioso (Orgs.), *Didácticas/Metodologias da Educação*. Braga: Departamento de Metodologias da Educação da Universidade do Minho.
- Cid, M. (2003, Setembro). *Conhecimento pedagógico do conteúdo e dificuldades de aprendizagem em biologia: pontos de vista de alunos e professores*. Comunicação apresentada no X Encontro Nacional de Educação em Ciências, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (no prelo).
- Cohen, L. e Manion, L. (1986). *Research methods in education* (2ª ed.). New Hampshire: Croom Helm.
- Coll, C. (1983). La construcción de esquemas de conocimiento en situación de enseñanza/aprendizaje. In C. Coll (Comp.), *Psicología genética y aprendizajes escolares*. Madrid: Siglo XXI.
- Commission Européenne (2001). *Eurobarometre 55.2. Les européens, la science et la technologie*. Bruxelas: Direction Générale Recherche.
- Cosgrove, M. e Osborne, R. (1985). Lesson frameworks for changing children's ideas. In R. Osborne e P. Freyberg (Eds.), *Learning in science: The implications of children's science*. London: Heinemann.
- Costa, A. L. (1984). Mediating the metacognitive. *Educational Leadership*, 42(3), 57-62.

- Costa, N. (2000). O saber da investigação em didáctica e o conhecimento profissional de professores de ciências. In M. H. Sá (Org.), *Investigação em didáctica e formação de professores*. Porto: Porto Editora.
- Costa, N., Marques, L. e Kempa, R. (2000). Science teachers' awareness of findings from education research. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1(1), 31-36. Disponível em: http://www.uoi.gr/cerp/2000_January/pdf/09kempaf.pdf (15-01-2004)
- Coutinho, A. (2003, Setembro). *A unidade da biologia moderna enquanto ciência explicativa da natureza*. Comunicação apresentada no X Encontro Nacional de Educação em Ciências, Lisboa.
- Damásio, A. (1995). *O erro de Descartes: Emoção, razão e cérebro humano*. Mem Martins: Publicações Europa-América.
- Damásio, A. (2000). *O sentimento de si: O corpo, a emoção e a neurobiologia da consciência*. Mem Martins: Publicações Europa-América.
- Dana, T., Lunetta, V., Fonseca, J. e Campbell, L. (1998). A formação de professores de ciências e a reforma: Perspectiva internacional e a realidade portuguesa. *Revista de Educação*, VII(2), 115-128.
- Davidson, J. E., e Sternberg, R. J. (1998). Smart problem solving: How metacognition helps. In D. Hacker, J. Dunlosky e A. Graesser (Eds.), *Metacognition in educational theory and practice*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Deadman, J. A. e Kelly, P. J. (1978). What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*, 12(1), 7-15.
- DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582-601.

- Delors, J. et al. (1996). *Educação, um tesouro a descobrir: Relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI*. Rio Tinto: Edições Asa.
- Delval, J. (1996). *El desarrollo humano*. Madrid: Siglo XXI.
- Dewey, J. (1933). *How we think*. Lexington, Mass: DC. Heath and Company.
- Dewey, J. (1997). *Democracia y educación*. Madrid: Ediciones Morata. (Trabalho original em inglês publicado em 1916)
- D'Hainaut, L. (1990). *Conceitos e métodos de estatística: Vol.1. Uma variável a uma dimensão*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- D'Hainaut, L. (1992). *Conceitos e métodos de estatística: Vol.2. Duas variáveis a duas ou três dimensões*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Dick, B. e Swepson, P. (1997). *Action research FAQ*. Disponível em: <http://www.scu.edu.au/schools/gcm/ar/arp/arfaq> (10-12-2003).
- Dolle, J. M. (1997). *Para compreender Jean Piaget*. Lisboa: Instituto Piaget.
- Dreyfus, A. e Jungwirth, E. (1990). Macro and micro about the living cell: Which explains what? In P. L. Lijnse, P. Licht, W. de Vos e A. J. Waarlo (Eds.), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles: A central problem in secondary science education*. Utrecht: CD-βPress.
- Driver, R. e Erickson, G. (1983). Theories-in-action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education*, 10, 37-60.
- Driver, R., Guesne, E. e Tiberghien, A. (Eds.). (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press.

- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. e Wood-Robinson, V. (1994). *Dando sentido a la ciencia en secundaria: Investigaciones sobre las ideas de los niños*. Madrid: Visor.
- Duch, B., Groh, S. e Allen, D. (Eds.). (2001). *The power of problem-based learning: A practical "how to" for teaching undergraduate courses in any discipline*. Sterling, V.: Stylus.
- Elbaz, F. (1983). *Teacher thinking: A study of practical knowledge*. Nova Iorque: Nichols Publishing Company.
- Elliott, J. (1990). *La investigación-acción en educación*. Madrid: Ediciones Morata.
- Engel Clough, E. e Wood-Robinson, C. (1985). Children's understanding of inheritance. *Journal of Biological Education*, 19(4), 304-310.
- Entwistle, N. (1981). *Styles of learning and teaching: An integrated outline of educational psychology for students, teachers, and lecturers*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Erickson, F. (1986). Qualitative methods in research on teaching. In M. Wittrock (Ed.). *Handbook of research on teaching* (3ª. ed.). Londres: Macmillan Publishing Company.
- Ertmer, P. e Newby, T. (1996). The expert learner: Strategic, self-regulated, and reflective. *Instructional Science*, 24, 1-24.
- Estrela, M. T. (2002). Modelos de formação de professores e seus pressupostos conceituais. *Revista de Educação*, XI(1), 17-28.
- Fávero, M. H. e Sousa, C. M. (2001). A resolução de problemas em física: Revisão de pesquisa, análise e proposta metodológica. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol6/n2/v6_n2_a3.htm (27-01-2004).

- Fensham, P. (1980). A research base for new objectives of science teaching. *Research in Science Education*, 10, 23-33.
- Fernandes, I. (2002). *Crenças e concepções dos professores sobre o trabalho prático*. Tese de mestrado não publicada, Universidade de Lisboa, Departamento de Educação, Lisboa.
- Fernández, P. e Melero, M. A. (1995). Piaget, el conflicto sociocognitivo y sus límites. In P. Fernández e M. A. Melero (Comps.), *La interacción social en contextos educativos*. Madrid: Siglo XXI.
- Ferreira, V. (1989). O inquérito por questionário na construção de dados sociológicos. In A. Santos Silva e J. M. Pinto (Orgs.), *Metodologia das Ciências Sociais* (3ª. ed.). Porto: Edições Afrontamento.
- Feyerabend, P. (1993). *Contra o método*. Lisboa: Relógio D'Água. (Traduzido da obra em inglês publicada em 1988).
- Fisher, R. (1990). *Teaching children to think*. Oxford: Blackwell.
- Flavell, J. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In L. Resnick (Ed.), *The nature of intelligence*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Flavell, J. (1987). Speculations about the nature and development of metacognition. In F. Weinert e R. Kluwe (Eds.), *Metacognition, motivation and understanding*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Fonseca, J. (2002). A natureza de uma disciplina de didáctica: O caso específico da didáctica das ciências. *Revista de Educação*, XI(1), 61-76.
- Forman, E. e McPhail, J. (1993). Vygotskian perspective on children's collaborative problem-solving activities. In E. Forman, N. Minick e C. Stone. (Eds.), *Contexts for learning: Sociocultural dynamics in children's development*. Nova Iorque: Oxford University Press.

- Fourez, (1991). A responsabilidade social dos homens de ciência. In M. Ruivo e R. Trindade (Coords.), *Ciência e tecnologia para o progresso. Ciclo de conferências 1990*. Lisboa: Comissão Nacional da Unesco.
- Frazer, M. J. e Kornhauser, A. (Eds.) (1986). *Ethics and social responsibility in science education*. Oxford: Pergamon Press.
- Fredericksen, N. (1984). Implications of cognitive theory for instruction on problem solving. *Review of Educational Research*, 54, 363-407.
- Gaarder, J. (1995). *O mundo de Sofia: Uma aventura na filosofia*. Lisboa: Editorial Presença.
- Gagné, R. (1976). *Como se realiza a aprendizagem*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora.
- Gallimore, R. e Goldenberg, C. (1993). Activity settings of early literacy: Home and school factors in children's emergent literacy. In E. Forman, N. Minick e C. Stone. (Eds.), *Contexts for learning: Sociocultural dynamics in children's development*. Nova Iorque: Oxford University Press.
- García, C M. (1990). Algunos errores conceptuales sobre la genética derivados de los libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(2), 197-198.
- García, J. E. (1994). El conocimiento escolar como un proceso evolutivo: Aplicación al conocimiento de nociones ecológicas. *Investigación en la Escuela*, 23, 65-76.
- Gardner, H. (1985). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. Nova Iorque: Basic Books.
- Gardner, H. (1991). *The unschooled mind: How children think and how schools should teach*. Nova Iorque: Basic Books.

- Gardner, H. (2001). *La inteligencia reformulada: Las inteligencias múltiples en el siglo XXI*. Barcelona: Paidós.
- Garrett, R. (1988). Resolución de problemas y creatividad: Implicaciones para el currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(1), 27-45.
- Garrett, R. (1995). Resolver problemas en la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 5, 6-15.
- Garvin, W. e Stefani, L. (1993). Genethics – genetic disorder and diagnosis: A role-play exercise. *Journal of Biological Education*, 27(1), 51-57.
- Georghiadis, P. (2000). Beyond conceptual change learning in science education: Focusing on transfer, durability and metacognition. *Educational Research*, 42(2), 119-139.
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation. In J. Gess-Newsome e N. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Gil Pérez, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 26-33.
- Gil Pérez, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212.
- Gil Pérez, D. (1994). Diez años de investigación en la Didáctica de las Ciencias: Realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 154-164.
- Gil Pérez, D., Carrascosa, J., Dumas-Carré, A., Furió, C., Gallego, R., Gené, A., González, E., Guisasola, J., Martínez-Torregrosa, J., Pessoa de Carvalho, A., Salinas, J., Tricárico, H. E Valdés, P. (1999). Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 503-512.

- Gil Pérez, D. e Martínez, J. (1983). A model for problem-solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, 5(4), 447-455.
- Gil Pérez, D., Martínez, J. e Senent, F. (1988). El fracaso de la resolución de problemas: Una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 131-146.
- Giordan, A. (2000a). *Biologie, éthique et education*. Disponível em: <http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/giordan/LDES/infos/publi/artic.../CBE2000.html> (01-03-2003)
- Giordan, A. (2000b). *What's new about learning?* Disponível em: http://archive.concord.org/intl/cbe/papers/giordan_learning.html(01-03-2003).
- Giordan, A. e Vecchi, G. (1987). *Les origines du savoir: Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Paris : Delachaux & Niestlé.
- Glaserfeld, E. (1988). Introduction à un constructivisme radical. In P. Watzlawick, *L'invention de la réalité*. Paris: Éditions du Seuil.
- Glaserfeld, E. (1996). *Construtivismo radical: Uma forma de conhecer e aprender*. Lisboa: Instituto Piaget.
- Goyette, G. e Lessard-Hébert, M. (1988). *La investigación-acción: Funciones, fundamentos e instrumentación*. Barcelona: Laertes.
- Greene, M. (1999). Um filósofo olha para a investigação qualitativa. *Revista de Educação*, 8(1), 3-13.
- Guba, E. e Lincoln, E. (1994). Competing paradigms in qualitative research. In N. Denzin e Y. Lincoln (Eds.) *Handbook of qualitative research*. Thousand Oaks: SAGE Publications.

- Gunstone, R. e Mitchell, I. (2000). Metacognição e mudança conceptual. In J. Mintzes, J. Wandersee e J. Novak, *Ensinando ciência para a compreensão: Uma visão construtivista*. Lisboa: Plátano Editora.
- Gutiérrez, R. (1987). El desarrollo mental. In B. Marco, E. Olivares, C. Usabiaga, T. Serrano e R. Gutiérrez (Eds.), *La enseñanza de las ciencias experimentales*. Madrid: Narcea.
- Hacker, D., Dunlosky, J. e Graesser, A. (Eds.) (1998). *Metacognition in educational theory and practice*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hackling, M. (1982). An examination of secondary students' understanding of inheritance concepts. *The Australian Science Teachers Journal*, 28(1), 13-20.
- Hackling, M. W. e Treagust, D. (1984). Research data necessary for meaningful review of grade ten high school genetics curricula. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(2), 197-209.
- Halldén, O. (1990). Questions asked in common sense contexts and in scientific contexts. In P. L. Lijnse, P. Licht, W. de Vos e A. J. Waarlo (Eds.), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles: A central problem in secondary science education*. Utrecht: CD-βPress.
- Hammersley, M. (1998). The relationship between qualitative and quantitative research: Paradigm loyalty versus methodological eclecticism. In J. Richardson (Ed.), *Handbook of qualitative research methods for psychology and social sciences*. Leicester: BPS Books.
- Hand, B., Alvermann, D., Gee, J., Guzzetti, B., Norris, S., Philips, L., Prain, V. e Yore, L. (2003). Message from the "Island Group": What is literacy in science literacy? *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 607-615.
- Hart, E. e Robottom, I. (1990). The science-technology-society movement in science education: A critique of the reform process. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(6), 575-588.

- Hayes, J. (1980). Teachibg problem-solving mechanisms. In D. Tuma e F. Reif (Eds.), *Problem solving and education*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hayes, J. (1987). *The complete problem solver*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hedegaard, M. (Ed.) (2001). *Learning in classrooms. A cultural-historical approach*. Aarhus: Aarhus University Press.
- Hewson, P. (2001). Ensino para a mudança conceptual. *Revista de Educação*, X(2), 117-126.
- Hodson, D. (1985). Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, 12, 25-57.
- Hodson, D. (1988). Filosofía de la ciencia y educación científica. In R. Porlán, J. E. García, e P. Cañal (Comps.). *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilha: Díada Editoras.
- Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: An exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14(5), 541-562.
- Hodson, D. e Hodson, J. (1998). From constructivist to social constructivism: A vygotskian perspective on teaching and learning science. *School Science Review*, 79(289), 33-41.
- Hodson, D. e Reid, D. (1988). Changing priorities in science education. *School Science Review*, 70(250), 101-108.
- Holt, J. (2001). *Dificuldades em aprender*. Lisboa: Editorial Presença. (Trabalho original em inglês publicado em 1964)
- Holton, G. (1998). *A cultura científica e os seus inimigos: O legado de Einstein*. Lisboa: Gradiva.

- Hopkins, K., Stanley, J. e Hopkins, B. (1990). *Educational and psychological measurement and evaluation* (7ª ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Hurd, P. D. (1958). Science literacy: Its meaning for american schools. *Educational Leadership* 16(1), 13-16.
- Hurd, P. D. (1986). Perspectives for the reform of science education. *Phi Delta Kappan*, 67(5), 353-358.
- Hurd, P. D. (2000). Science education for the 21st century. *School Science and Mathematics*, 100(6), 282-288.
- Hurd, P. D. (2001). The changing image of biology. *The American Biology Teacher*, 63(4), 233-235.
- Husén, T. (1988). Research paradigms in education. In J. Keeves (Ed.), *Educational research, methodology and measurement: An international handbook*. Nova Iorque: Pergamon Press.
- Inhelder, B. e Piaget, J. (1976). *Da lógica da criança à lógica do adolescente: Ensaio sobre a construção de estruturas operatórias formais*. São Paulo: Livraria Pioneira Editora.
- InterAcademy Council (2004). *Inventing a better future: A strategy for building worldwide capacities in science and technology*. Amesterdão: IAC.
- Janesick, V. (1994). The dance of qualitative research design: Metaphor, methodolatry, and meaning. In N. Denzin e Y. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research*. Thousand Oaks: SAGE Publications.
- Jiménez, J. (1999). *Psicología de las dificultades de aprendizaje*. Madrid: Editorial Síntesis.
- Johansen, C. e Harris, D. (2000). Teaching the ethics of biology. *The American Biology Teacher*, 62(5), 352-358.

- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 75-83.
- Johnstone A. H. e Mahmoud, N. A. (1980). Isolating topics of high perceived difficulty in school biology. *Journal of Biological Education*, 14(2), 163-166.
- Jonas, H. (1992). *Le principe responsabilité: Une éthique pour la civilisation technologique*. Paris: Les Éditions du Cerf.
- Kant, I. (1995). *Fundamentação da metafísica dos costumes*. Lisboa: Edições 70.
- Kaptein, M. (1990). The functions of organisational levels in biology for describing and planning biology education. In P. L. Lijnse, P. Licht, W. de Vos e A. J. Waarlo (Eds.), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles: A central problem in secondary science education*. Utrecht: CD-βPress.
- Kargbo, D., Hobbs, E. e Erickson, G. (1980). Children's beliefs about inherited characteristics. *Journal of Biological Education*, 14(2), 137-146.
- Kelly, G. A. (1963). *A theory of personality: The psychology of personal constructs*. Nova Iorque: W. W. Norton & Company.
- Kemmis, S. e McTaggart, R. (1992). *Cómo planificar la investigación-acción*. Barcelona: Editorial Laertes.
- Kempa, R. (1986). Resolución de problemas de química y estrutura cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 99-110.
- Kempa, R. F. e Nicholls, C. E. (1983). Problem-solving ability and cognitive structure – an exploratory investigation. *European Journal of Science Education*, 5(2), 171-184.

- Kirkham, J. (1989). Balanced science: Equilibrium between context, process, and content. In J. Wellington (Ed.), *Skills and processes in science education*. Londres: Routledge.
- Kuhn, T. (1983). *La structure des revolutions scientifiques*. Paris: Flammarion.
- Lakatos, I. (1974). Falsification and the methodology of scientific research programmes. In I. Lakatos e A. Mosgrave (Eds.), *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lally, V. (1994). Problem-solving in school science. In J. Wellington (Ed.), *Secondary science: Contemporary issues and practical approaches*. Londres: Routledge.
- Lave, J., Smith, S. e Butler, M. (1989). Problem solving as an everyday practice. In R. Charles e E. Silver (Eds.), *The teaching and assessing of mathematical problem solving*. Reston, V.: NCTM e Erlbaum.
- Lawson, A. (1998). What are the relative effects of reasoning ability and prior knowledge on biology achievement in expository and inquiry classes? *Journal of Research in Science Teaching*, 35(1), 89-103.
- Leahey, T. e Harris, R. (1998). *Aprendizaje y cognición*. Madrid: Prentice Hall.
- Lederman, N. e Gess-Newsome, J. (1999). Reconceptualizing secondary teacher education. In J. Gess-Newsome e N. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Lewin, K. (1946). Action research and minority problems. *Journal of Social Issues*, 2, 34-46.
- Lewis, J., Leach, J. e Wood-Robinson, C. (2000a). All in the genes? – young people's understanding of the nature of genes. *Journal of Biological Education*, 34(2), 74-79.

- Lewis, J., Leach, J. e Wood-Robinson, C. (2000b). What's a cell? – young people's understanding of the genetic relationship between cells, within an individual. *Journal of Biological Education*, 34(3), 129-132.
- Lewis, J., Leach, J. e Wood-Robinson, C. (2000c). Chromosomes: The missing link – young people's understanding of mitosis, meiosis, and fertilisation. *Journal of Biological Education*, 34(4), 189-199.
- Lewis, J. e Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance – do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, 22(2), 177-195.
- Lijnse, P. L. (1990). Macro-micro: What to discuss? In P. L. Lijnse, P. Licht, W. de Vos e A. J. Waarlo (Eds.), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles: A central problem in secondary science education*. Utrecht: CD-βPress.
- Lijnse, P. L. (1995). "Development research" as a way to an empirically based "Didactical structure" of science. *Science Education*, 79(2), 189-199.
- Lijnse, P. L. (2000). Didactics of science: The forgotten dimension in science education research? In R. Millar, J. Leach e J. Osborne (Eds.), *Improving science education: The contribution of research*. Buckingham: Open University Press.
- Lincoln, Y. e Guba, E. (1985). *Naturalistic inquiry*. Newbury Park, CA: SAGE Publications.
- Llinares, S. (1993). Aprender a enseñar matemáticas: Conocimiento de contenido pedagógico y entornos de aprendizaje. In L. Montero e J. M. Vez (Eds.), *Las didácticas específicas en la formación del profesorado*. Santiago de Compostela: Tórculo Edicións.
- Longbottom, J. e Butler, P. (1999). Why teach science? Setting rational goals for science education. *Science Education*, 83(4), 473-492.

- Longden, B. (1982). Genetics - are there inherent learning difficulties? *Journal of Biological Education*, 16(2), 135-140.
- Lopes, J. (1994). *Resolução de problemas em física e química: Modelo para estratégias de ensino-aprendizagem*. Cacém: Texto Editora.
- Luffiego, M. (2001). Reconstruyendo el constructivismo: Hacia un modelo evolucionista del aprendizaje de conceptos. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), 377-392.
- Magnussen, S., Krajcik, J. e Borko, H. (1999). Nature, sources and development content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome e N. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Marbach-Ad, G. e Stavy, R. (2000). Students' cellular and molecular explanations of genetic phenomena. *Journal of Biological Education*, 34(4), 200-205.
- Marcelo, C. (1995). Investigación sobre formación del profesorado: El conocimiento sobre aprender a enseñar. In L. Blanco Nieto e V. Mellado Jiménez (Coord.), *La formación del profesorado de ciencias y matemáticas en España y Portugal*. Badajoz: Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas de la Universidad de Extremadura.
- Marcelo, C. (1999). *Formação de professores: Para uma mudança educativa*. Porto: Porto Editora.
- Marrero, J. (1993). Las teorías implícitas del profesorado: Vínculo entre la cultura y la práctica de la enseñanza. In M. J. Rodrigo, A. Rodríguez e J. Marrero (Eds.), *Las teorías implícitas. Una aproximación al conocimiento cotidiano*. Madrid: Visor.
- Martin, M. J. e Kempa, R. (1991). Los alumnos prefieren diferentes estrategias didácticas de la enseñanza de las ciencias en función de sus características personales. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 59-68.

- Martins, I., Dias, C. e Silva, I. (2000). A biologia no ensino secundário: Tendências curriculares, trabalho laboratorial e interesses dos alunos. *Revista de Educação, IX(1)*, 169-185.
- Marzano, R., Brandt, R., Hughes, C., Jones, B., Presseisen, B., Rankin, S. e Suhor, C. (1988). *Dimensions of thinking: A framework for curriculum and instruction*. Alexandria, USA: The Association for Supervision and Curriculum Development.
- Matthews, M. R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias, 12(2)*, 255-277.
- Mauri, T. (1993). Que hace que el alumno y la alumna aprendan los contenidos escolares? In C. Coll et al. (Eds.). *El constructivismo en el aula*. Barcelona. Graó.
- Mayer, R. (1986). *Pensamiento, resolución de problemas y cognición*. Barcelona: Paidós.
- Mayor, F. (1995). Science and power today and tomorrow. In F. Mayor e A. Forti (Coords.), *Science and power*. Paris: UNESCO.
- McGraw, B. (1984). Acquisition of expertise in problem solving. *Australian Educational Researcher, 11(4)*, 7-26.
- McInerney, J. D. (1986). Ethical values in biology education. In M. J. Frazer e A. Kornhauser (Eds.) (1986). *Ethics and social responsibility in science education*. Oxford: Pergamon Press.
- Mellado, V. (1996). Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias, en formación inicial de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias, 14(3)*, 289-302.
- Mellado, V. (1998). La investigación sobre el profesorado de ciencias experimentales. In E. Banet e A. de Pro (Eds.), *Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias* (Vol. I). Murcia: Ed. Diego Marín.

- Mellado, V. (2000). Es adecuada la formación científica del profesorado de ciencias de secundaria para sus necesidades profesionales? *Alambique*, 24, 57-65.
- Mellado, V. (2001). Por qué a los profesores de ciencias nos cuesta tanto cambiar nuestras concepciones y modelos didácticos? *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 40, 17-30.
- Mellado, V., Blanco, L. e Ruiz, C. (1999). *Aprender a enseñar ciencias experimentales en la formación inicial del profesorado: Estudios de caso sobre la enseñanza de la energía*. Badajoz: Universidad de Extremadura, ICE.
- Merriam, S. (1988). *Case study research in education. A qualitative approach*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Messick, S. (1982). Cognitive styles in educational practice. *Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association*, Nova Iorque.
- Miles, M. e Huberman, A. (1984). *Qualitative data analysis: A sourcebook of new methods*. Newbury Park, CA: SAGE Publications.
- Millar, R. (1989). *Doing science: Images of science in science education*. Nova Iorque: The Falmer Press.
- Millar, R. (1996). Towards a science curriculum for public understanding. *School Science Review*, 77(280), 7-18.
- Millar, R. (1997). Science education for democracy: What can the school curriculum achieve? In R. Levinson e J. Thomas (Eds.), *science today: Problem or crisis?* Londres: Routledge.
- Millar, R. e Osborne, J. (Eds.). (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. Londres: King's College.

- Minguet, P. A. (Coord.). (1992). *Constructivismo y educación*. Valência: Tirant lo Blanch.
- Ministério da Educação (1991). *Ciências da Terra e da Vida, Biologia, Geologia: Organização curricular e programas*. Lisboa: DGEBS/ME.
- Ministério da Educação (1996). *Ciências da Terra e da Vida (10º e 11º anos): Orientações de gestão de programas*. Lisboa: DES/ME.
- Ministério da Educação (1999). *Sistema educativo português: Situação e tendências 1985-1995*. Lisboa: DAPP/ME.
- Ministério da Educação (2001). *Ciências Físicas e Naturais: Orientações curriculares para o 3º ciclo do ensino básico*. Lisboa: DEB/ME.
- Ministério da Educação (2003). *Conceitos fundamentais em jogo na avaliação de literacia científica e competências dos alunos portugueses: PISA 2000*. GAVE/ME. Disponível em: http://www.gave.pt/pisa/conceitos_literacia_cientifica.pdf (10-01-2004).
- Mintzes, J. e Wandersee, J. (2000). Investigação no ensino e aprendizagem da ciência: Uma visão construtivista. In J. Mintzes, J. Wandersee e J. Novak (Eds.), *Ensinando ciência para a compreensão: Uma visão construtivista*. Lisboa: Plátano Editora.
- Miras, M. (1993). Um punto de partida para el aprendizaje de nuevos contenidos: Los conocimientos previos. In C. Coll et al. (Eds.). *El constructivismo en el aula*. Barcelona. Graó.
- Morin, E. (1990). *Introdução ao pensamento complexo* (2ª ed.). Lisboa: Instituto Piaget.
- Morin, E. (1994). *Ciência com consciência*. Mem Martins: Publicações Europa-América.
- Morin, E. (1999). *La tête bien faite: Repenser la réforme, réformer la pensée*. França: Éditions du Seuil.

- Morin, E. (2002). *O problema epistemológico da complexidade*. Mem Martins: Publicações Europa-América.
- Morine-Dersheimer, G. e Kent, T. (1999). The complex nature and sources of teachers' pedagogical knowledge. In J. Gess-Newsome e N. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council (1999). *Improving student learning: A strategic plan for education research and its utilization*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council (2002). *Learning and understanding: Improving advanced study of mathematics and science in U. S. high schools*. Washington, DC: National Academy Press.
- Neto, A. (1998). *Resolução de problemas em física: Conceitos, processos e novas abordagens*. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.
- Neto, A. (2000). *A disciplina de Didáctica da Física e da Química*. Relatório elaborado para satisfação parcial das exigências legais do Concurso para Professor Associado de Educação. Documento não publicado, Universidade de Évora, Évora.
- Nieto, J. (1985). Motivación y aprendizaje. In J. Mayor (Ed.), *Psicología de la educación*. Madrid: Anaya.
- Nisbet, J. e Shucksmith, J. (1986). *Learning strategies*. Londres: Routledge & Kegan Paul.

- Novais, A. e Cruz, N. (1989). O ensino das ciências, o desenvolvimento das capacidades metacognitivas e a resolução de problemas. *Revista de Educação*, 3(1), 65-75.
- Novak, J. (1988). El constructivismo humano: Hacia la unidad en la elaboracion de significados psicologicos y epistemologicos. In R. Porlán, J. García e P. Cañal (Comps.), *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Díada.
- Novak, J. D. e Gowin, D. B. (1999). *Aprender a aprender* (2ª ed.). Lisboa: Plátano Edições Técnicas. (Trabalho original em inglês publicado em 1984)
- Nóvoa, A. (1991). O passado e o presente dos professores. In A. Nóvoa (Org.), *Profissão professor*. Porto: Porto Editora.
- Oliveira, M. T. (1991). Falando de didáctica da biologia. In M. T. Oliveira (Coord.), *Didáctica da biologia*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Oliveira, V. (2000). *Do efeito de estufa às alterações climáticas: Fundamentos para uma intervenção educativa*. Tese de doutoramento não publicada, Universidade de Évora, Departamento de Pedagogia e Educação, Évora.
- Oñorbe, A. e Sánchez, J. (1996a). Dificultades en la enseñanza-aprendizaje de los probemas de física y química. I. Opiniones del alumno. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 165-170.
- Oñorbe, A. e Sánchez, J. (1996b). Dificultades en la enseñanza-aprendizaje de los probemas de física y química. II. Opinión del profesor. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 252-260.
- Organization for Economic Co-operation and Development (2002). *Teacher education and the teaching career in an era of lifelong learning*. Paris: OECD.

- Organization for Economic Co-operation and Development (2003a). *Learners for live: Students approaches to learning. Results from PISA 2000*. Paris: OECD.
- Organization for Economic Co-operation and Development (2003b). *Brain research and learning sciences. Emotions & learning planning symposium*. Disponível em: <http://www.oecd.org/dataoecd/57/49/23452767.pdf> (10-01-2004).
- Ortega y Gasset, J. (1986). *Ideas y creencias*. Madrid: Alianza Editorial.
- Osborne, R. e Freyberg, P. (1985). Children's science. In R. Osborne e P. Freyberg (Eds.), *Learning in science: The implications of children's science*. London: Heinemann.
- Osgood, C. E. (1973). *Método e teoria na psicologia experimental*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Osgood, C. E., Suci, G. J. e Tannenbaum, P. H. (1975). *The measurement of meaning*. Chicago: University of Illinois Press.
- Pashley, M. (1994). A-level students: Their problems with gene and allele. *Journal of Biological Education*, 28(2), 120-126.
- Patrício, M. (2003). A didáctica ontem hoje, hoje – para amanhã. In A. Neto et al. (Orgs.), *Didáticas e metodologias de educação: Percursos e desafios* (Vol. I). Évora: Departamento de Pedagogia e Educação da Universidade de Évora.
- Patton, M. (1990). *Qualitative evaluation and research methods* (2ª ed.). Newbury Park, CA: SAGE Publications.
- Pérez, A. (1995). O pensamento prático do professor – A formação do professor como profissional reflexivo. In A. Nóvoa (Coord.), *Os professores e a sua formação*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.

- Pérez, G. (1998). *Investigación cualitativa. Retos e interrogantes: I. Métodos*. Madrid: Editorial La Muralla.
- Pérez, M. P. e Pozo, J. (1994). Aprender a resolver problemas y resolver problemas para aprender. In J. Pozo, M. P. Pérez, J. Domínguez, M. Gómez e Y. Postigo (Eds.), *La solución de problemas*. Madrid: Aula XXI/Asntillana.
- Perrenoud, P. (1993a). *Práticas pedagógicas, profissão docente e formação: Perspectivas sociológicas*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.
- Perrenoud, P. (1993b). Não mexam na minha avaliação! Para uma abordagem sistémica da mudança pedagógica. In A. Estrela e A. Nóvoa (Org.), *Avaliações em educação: Novas perspectivas*. Porto: Porto Editora.
- Perrenoud, P. (1996). *Enseigner: agir dans l'urgence, décider dans l'incertitude*. Paris: ESF Éditeur.
- Perrenoud, P. (1998). *Construire des competences dès l'école*. Paris: ESF Éditeur.
- Perrenoud, P. (1999). *Dix nouvelles competences pour enseigner*. Paris: ESF Éditeur.
- Piaget, J. (1977a). *A psicologia da inteligência*. Lisboa: Livros Horizonte.
- Piaget, J. (1977b). *Problemas de psicologia genética*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.
- Piaget, J. (1978). *Seis estudos de psicologia*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.
- Piaget, J. e Inhelder, B. (1997). *A psicologia da criança*. Porto: Edições Asa.
- Pintrich, P. (2002). The role of metacognitive knowledge in learning, teaching, and assessing. Disponível em: http://www.findarticles.com/cf_0/m0NQM/4_41/94872708/p1/article.jhtml (10-12-2003).

- Polya, G. (1973). *How to solve it*. Hillsdale, NJ: Princeton University Press.
- Ponte, J. P. (1994). O desenvolvimento profissional do professor de matemática. *Educação e Matemática*, 31, 9-12 e 20.
- Ponte, J. P. (1995). Saberes profissionais, renovação curricular e prática lectiva. In L. Blanco Nieto e V. Mellado Jiménez (Coord.), *La formación del profesorado de ciencias y matemáticas en España y Portugal*. Badajoz: Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas de la Universidad de Extremadura.
- Ponte, J. P. (1998). *Didácticas específicas e construção do conhecimento profissional*. Disponível em: http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/jponte/artigos_pt.htm (20-01-2003).
- Pope, M. e Gilbert, J. (1988). La experiencia personal y la construcción del conocimiento en ciencias. In R. Porlán, J. E. García e P. Cañal (Comps.), *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Díada.
- Popper, K. (1984). *La logique de la découverte scientifique*. Paris : Payot. (Trabalho original em alemão publicado em 1935)
- Porlán, R. (1993). *Constructivismo y escuela: Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación*. Sevilla: Díada.
- Porlán, R. e Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Díada Editora.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P. e Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 221-227.
- Pozo, J. (1996). *Aprendices y maestros*. Madrid: Alianza Editorial.

- Pozo, J. (1999). Más allá del cambio conceptual: El aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 513-520.
- Pozo, J. e Gómez, M. (1994). La solución de problemas en Ciencias de la Naturaleza. In J. Pozo, M. Pérez, J. Domínguez, M. Gómez, e Y. Postigo (1994). *La solución de problemas*. Madrid: Santillana.
- Pozo, J., Pérez, M., Domínguez, J. Gómez, M. e Postigo, Y. (1994). *La solución de problemas*. Madrid: Santillana.
- Prigogine, I. e Stengers, I. (1986). *A nova aliança*. Lisboa: Gradiva.
- Prigogine, I. (1999). Les jeux ne sont pas faits. In F. Mayor (Comp), *Lettres aux generations futures*. Paris: Éditions UNESCO.
- Pritchard, A. J. (1990). Biology education and particulate theory: "Too much chemicals!" In P. L. Lijnse, P. Licht, W. de Vos e A. J. Waarlo (Eds.), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles: A central problem in secondary science education*. Utrecht: CD-βPress.
- Punch, K. (1998). *Introduction to social research: Quantitative & qualitative approaches*. Londres: SAGE Publications.
- Radford, A. e Bird-Stewart, J. A. (1982). Teaching genetics in schools. *Journal of Biological Education*, 16(3), 177-180.
- Reid, N. e Yang, M. (2002). Open-ended problem solving in school chemistry: A preliminary investigation. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1313-1332.
- Reigosa, C. e Jiménez, M. P. (2000). La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), 275-284.
- Reiss, M., Millar, R. e Osborne, J. (1999). Beyond 2000: Science/biology education for the future. *Journal of Biological Education*, 33(2), 68-70.

- Resnick, L. (1983). Mathematics and science learning: A new conception. *Science*, 220(4596), 477-478.
- Riding, R. (2001). The nature and effects of cognitive style. In R. Sternberg e L. Zhang (Eds.), *Perspectives on thinking, learning, and cognitive styles*. Londres: Lawrence Erlbaum Associates.
- Riding, R. e Rayner, S. (1998). *Cognitive styles and learning strategies: Understanding style differences in learning and behaviour*. Londres: David Fulton Publishers.
- Riding, R. e Cheema, I. (1991). Cognitive styles: An overview and integration. *Educational Psychology*, 11, 193-215.
- Rivière, A. (1985). *La psicología de Vygotski*. Madrid: Visor.
- Robson, C. (1998). *Real world research: A resource for social scientists and practitioner-researchers*. Oxford: Blackwell.
- Rodrigo, M. J. (1993). Representaciones y procesos en las teorías implícitas. In M. J. Rodrigo, A. Rodríguez e J. Marrero (Eds.), *Las teorías implícitas. Una aproximación al conocimiento cotidiano*. Madrid: Visor.
- Rodrigo M. J. (1994). El hombre de la calle, el científico y el alumno: Un solo constructivismo o tres? *Investigación en la Escuela*, 23, 7-16.
- Roldão, M. C. (1999). *Os professores e a gestão do currículo: Perspectivas e práticas de análise*. Porto: Porto Editora.
- Roldão, M. C. (2000). A escola como instância de decisão curricular. In I. Alarcão (Org.), *Escola reflexiva e supervisão: Uma escola em desenvolvimento e aprendizagem*. Porto: Porto Editora.
- Ronning, R., McCurdy, D. e Ballinger, R. (1984). Individual differences: A third component in problem-solving instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(1), 71-82.

- Rutherford, F. e Ahlgren, A. (1995). *Ciência para todos*. Lisboa: Gradiva.
- Sá-Chaves, I. e Amaral, M. J. (2000). Supervisão reflexiva: a passagem do eu solitário ao eu solidário. In I. Alarcão (Org.), *Escola reflexiva e supervisão: Uma escola em desenvolvimento e aprendizagem*. Porto: Porto Editora.
- Saarni, C. (1973). Piagetian operations and field independence as factors in children's problem-solving performance. *Child Development*, 44, 338-345.
- Sagan, C. (2002). *Um mundo infestado de demónios*. Lisboa: Gradiva.
- Säljö, R. e Wyndhamn, J. (1993). Solving everyday problems in the formal settings: An empirical study of the school as context for thought. In S. Chaiklin e J. Lave (Eds.), *Understanding practice: Perspectives on activity and context*. Cambridge: University Press.
- Sánchez, J. (1995). Comprender el enunciado: Primera dificultad en la resolución de problemas. *Alambique*, 5, 37-45.
- Santos, M. E. (1991a). Dimensão epistemológica do ensino das ciências. In M. T. Oliveira (Coord.), *Didáctica da biologia*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Santos, M. E. (1991b). *Mudança conceptual na sala de aula: Um desafio pedagógico*. Lisboa: Livros Horizonte.
- Savater, F. (1997). *O valor de educar*. Lisboa: Editorial Presença.
- Savater, F. (1999). *As perguntas da vida*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.
- Saviani, D. (1985). *Do senso comum à consciência filosófica*. São Paulo: Cortez Editora.
- Sayre, S. e Ball, D. (1975). Piagetian cognitive level and achievement in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 12(2), 165-174.

-
- Schön, D. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Londres: Avebury.
- Schön, D. (1991). *Educating the reflective practitioner*. San Francisco, CA: Jossey-Bass Publishers.
- Shayer, M. e Adey, P. (1984). *La ciencia de enseñar ciencias*. Madrid: Narcea.
- Shulman, L. (1985). On teaching problem solving and solving the problems of teaching. In E. A. Silver (Ed.), *Teaching and learning mathematical problem solving*. Hillsdale, NY: Lawrence Erlbaum.
- Shulman, L. (1986a). Paradigms and research programs in the study of teaching: A contemporary perspective. In M. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3ª ed.). Londres. Macmillan Publishing Company.
- Shulman, L. (1986b). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Shulman, L. (1993). Renewing the pedagogy of teacher education: the impact of subject-specific conceptions of teaching. In L. Montero Mesa e J. Vez Jeremias (Eds.), *Las didácticas específicas en la formación del profesorado*. Santiago de Compostela: Tórculo Edicións.
- Shulman, L. e Tamir, P. (1973). Research on teaching in the natural sciences. In R. Travers (Ed.), *Second Hanbook of Research on Teaching*. Chicago: Rand-McNally.
- Sigüenza, A. F. e Sàez, M. J. (1990). Análisis de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza de la Biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), 223-230.

- Silverman, D. (2000). *Doing qualitative research: A practical handbook*. Londres: SAGE Publications.
- Sjoberg, S. (1997). *Scientific literacy: Arguments and second thoughts*. Disponível em: <http://folk.uio.no/sveuinsj/Literacy.html> (01-02-2004).
- Slack, S. J. e Stewart, J. (1990). High school students' problem-solving performance on realistic genetics problems. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(1), 55-67.
- Smith, M. U. (1988). Successful and unsuccessful problem solving in classical genetic pedigrees. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(6), 411-433.
- Smith, M. U. (Ed.). (1991). *Towards a unified theory of problem solving: Views from the content*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Smith, M. U. e Good, R. (1984). Problem solving and classical genetics: Successful versus unsuccessful performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(9), 895-912.
- Smith, M. U. e Sims, O. S. (1992). Cognitive development, genetics problem solving, and genetics instruction: A critical review. *Journal of Research in Science Education*, 29(7), 701-713.
- Solomon, J. (2001). Teaching for scientific literacy: What could it mean? *School Science Review*, 82(300), 93-96.
- Spaulding, C. (1992). *Motivation in the classroom*. Nova Iorque: McGraw-Hill.
- Stake, R. (1994). *Case studies*. In N. Denzin e Y. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research*. Thousand Oaks: SAGE Publications.
- Stake, R. (1999). *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Ediciones Morata.

- Sternberg, R. (1985). *Beyond IQ: A triarchic theory of human intelligence*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Stewart, J. (1982). Two aspects of meaningful problem solving in science. *Science Education*, 66(55), 731-749.
- Stewart, J., Hafner, B. e Dale, M. (1990). Students' alternate views of meiosis. *The American Biology Teacher*, 52(4), 228-232.
- Stewart, J. e Van Kirk, J. (1990). Understanding and problem-solving in classical genetics. *International Journal of Science Education*, 12(5), 575-588.
- Strauss, A. e Corbin, J. (1990). *Basic of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques*. Newbury Park, CA: SAGE Publications.
- Tavares, J. (1992). A aprendizagem como aquisição e construção do conhecimento pela via da resolução de problemas e da reflexão. *Cadernos CIDInE*. Aveiro: Ed. CIDInE.
- Tesch, R. (1992). *Qualitative research: Analysis types & software tools*. London: The Falmer Press.
- Thomson, N. e Stewart, J. (1985). Secondary school genetics instruction: Making problem solving explicit and meaningful. *Journal of Biological Education*, 19(1), 53-62.
- Thomson, N. e Stewart, J. (2003). Genetics inquiry: Strategies and knowledge geneticists use in solving transmission genetics problems. Disponível em: <http://www.coe.uga.edu/science/faculty/thomgenetics.pdf> (03-01-2004).
- Trindade, V. (1996). *Estudo da atitude científica dos professores: Do que se pensa ao que se faz*. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.

- Trindade, V. (2003). Uma perspectiva didáctica para o ensino das ciências. In A. Neto et al. (Orgs.), *Didácticas e metodologias de educação: Percursos e desafios* (Vol. II). Évora: Departamento de Pedagogia e Educação da Universidade de Évora.
- Tudge, J. e Rogoff, B. (1995). Influencias entre iguales en el desarrollo cognitivo: Perspectivas piagetiana e vygotskyana. In P. Fernández e M. A. Melero (Comps.), *La interacción social en contextos educativos*. Madrid: Siglo XXI.
- UNESCO (1999). *Ciência para o século XXI: Um novo compromisso*. Lisboa: Comissão Nacional da Unesco.
- Vala, J. (1989). A análise de conteúdo. In A. Santos Silva e J. Pinto (Orgs.), *Metodologia das ciências sociais*. Porto: Edições Afrontamento.
- Valente, M. O. (1996). O ensino das ciências em Portugal. *Revista de Educação*, VI(1), 103-104.
- Valente, M. O. (2002). Literacia e educação científica. In M. N. Trindade (Coord.), *Literacia e cidadania: Convergências e interfaces*. [CD]. Évora: Centro de Investigação em Educação Paulo Freire.
- Vásquez, A. e Manassero, M. A. (1999). Características del conocimiento científico: Creencias de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 377-395.
- Venville, G. e Treagust, D. (1998). Exploring conceptual change in genetics using a multidimensional interpretive framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(9), 1031-1055.
- Vohra, F. (2000). *Changing trends in biology education: An international perspective*. <http://archive.concord.org/intl/cbe/paperstrends.html>
- Vygotsky, L. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Editorial Crítica. (Traduzido da obra em inglês publicada em 1978)

- Vygotsky, L. (1998). *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes. (Traduzido da obra em inglês publicada em 1987)
- Watts, M. e Alsop, S. (1997). A feeling for learning: Modelling affective learning in school science. *The Curriculum Journal*, 8(3), 351-365.
- Wertheimer, M. (1968). *Productive thinking* (2ª ed.). Londres: Tavistock Publications.
- Whitehead, A. (1967). *The aims of education and other essays*. Nova Iorque: The Free Press.
- Witkin, H., Oltman, P., Goodenough, D. e Raskin, E. (1977). Role of the field-dependent and field-independent cognitive styles in academic evolution: A longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 69(3), 197-211.
- Witkin, H. e Goodenough, D. (1991). *Estilos cognitivos: Naturaleza y orígenes*. Madrid: Ediciones Pirámide.
- Wolcott, H. (1994). *Transforming qualitative data: Description, analysis, and interpretation*. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- Wood-Robinson, C. (1994). Young people's ideas about inheritance and evolution. *Studies in Science Education*, 24, 29-47.
- Wood-Robinson, C. (1995). Children's biological ideas: Knowledge about ecology, inheritance, and evolution. In S. M. Glynn e R. Duit (Eds.), *Learning science in the schools: Research reforming practice*. Nova Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Wood-Robinson, C., Lewis, J. e Leach, J. (2000). Young people's understanding of the nature of genetic information in the cells of an organism. *Journal of Biological Education*, 35(1), 29-36.

- Wood-Robinson, C., Lewis, J., Leach, J. e Driver, R. (1998). Genética y formación científica: Resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 43-61.
- Woolfolk, A. e Nicolich, L. (1986). *Psicología de la educación para profesores*. Madrid: Narcea.
- Yager, R.E. (2000). A vision for what science education should be like for the first 25 years of a new millennium. *School Science and Mathematics*, 100(6), 327-341.
- Yin, R. (1984). *Case study research; design and methods*. Beverly Hills: SAGE Publications.
- Yin, R. (1993). *Applications of case study research*. Thousand Oaks: SAGE Publications.
- Zeichner, K. (1983). Alternative paradigms of teacher education. *Journal of Teacher Education*, 34(3), 3-9.
- Zeichner, K. (1993). *A formação reflexiva de professores: Ideias e práticas*. Lisboa: Educa.
- Zeichner, K. (1995). Novos caminhos para o *practicum*: Uma perspectiva para os anos 90. In A. Nóvoa (Coord.), *Os professores e a sua formação*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.
- Ziman, J. (1999). A ciência na sociedade moderna. In F. Gil (Coord.), *A ciência tal qual se faz*. Lisboa: Sá da Costa.



ANEXOS



ANEXO 1

MATERIAIS USADOS NAS AULAS
(EXEMPLOS)

ESCOLA SECUNDÁRIA SEVERIM DE FARIA

11º Ano – Ciências da Terra e da Vida

Ficha de Trabalho nº 1

Tema - Hereditariedade: das primeiras ideias a Gregor Mendel.

Objectivos - Compreende alguns dos aspectos da história da ciência.

- Analisa critérios e procedimentos adoptados por Mendel.

Lê com atenção o texto que se segue e elabora uma resposta para as questões colocadas.

Ao longo dos séculos o Homem constatou que, numa infinita diversidade de formas, as gerações se sucedem de tal modo que “semelhante origina semelhante”. Também observou, no entanto, que, de geração em geração, há características que se mantêm e outras não.

É preciso reconhecer que as colheitas e a caça não dispuseram a observações esforçadas, e que o homem primitivo não tinha motivos para se preocupar com a reprodução das espécies que colhia ou caçava. A situação mudou muito quando o homem se fez pastor e agricultor: teve que domesticar espécies animais e vegetais, assegurar a sua reprodução e, depois, através de cruzamentos, a sua selecção.

Mas procedeu de modo puramente empírico, por processos de “tentativa e erro”.

Com a sedentarização criaram-se, no entanto, as condições para que se começasse a pensar e a observar de forma mais sistemática a Natureza.

Dos relatos que nos chegaram, sabemos que, no ano 351 a.C, Hipócrates postulou que a criação dependia de uma mistura de fluidos: o homem e a mulher emitem cada um uma semente que é um extracto de todas as partes do seu corpo, mas especialmente do cérebro; descendo pelo canal da medula espinal, as duas sementes misturam-se para formar um germe de embrião.

Aristóteles (384-322 a.C.) considerava ser o sémen masculino o único responsável pela vida, reduzindo-se a função da mulher a fornecer a substância para o feto se desenvolver. O princípio de Aristóteles reside, então, inteiramente na superioridade do macho no processo de reprodução.

Durante a Idade Média, os avanços nesta área do conhecimento foram quase imperceptíveis. As religiões também tiveram o seu papel nesta prolongada imutabilidade do pensamento.

De que modo terá a sociedade e a religião dessa época influenciado a evolução dos estudos sobre a reprodução?

A Igreja começou a intervir na altura em que se tornou por demais evidente que a reprodução e a transmissão que ela admitia estava ligada à prática sexual.

De Graaf, em 1672, descobre os ovários e descreve os folículos que toma como os próprios ovos, existindo já nas fêmeas antes do coito.

Quase na mesma altura, Hamm e Leuwenhoeck, graças ao microscópio, descobrem os espermatozóides no esperma. A estes - qualificados de vermes, peixes, girinos, animálculos - passa a ser conferida a origem do homem. A fecundidade, atribuída temporariamente às mulheres, é devolvida aos machos.

Swammerdam argumentou que estas células seriam portadoras de miniaturas de um adulto ou **homúnculos**.

A teoria da **pré-formação** defende que o novo ser existe em miniatura e por inteiro nas células germinais. Dentro desta concepção, os **ovulistas** defendiam que o homúnculo se encontrava dentro do gâmeta feminino e os **animalculistas** dentro do espermatozóide.

No século XIX, surge outra teoria que teve grande aceitação: a **Teoria da transmissão hereditária pelo sangue**, a qual afirmava que os caracteres hereditários existentes no sangue do do pai e da mãe iriam passar para o ovo e manifestar-se no novo indivíduo.

O facto de a hereditariedade não ter sido considerada um problema digno de estudo até quase ao século XX constitui, de acordo com Manuel Baptista, um dos maiores “escândalos” na história das ciências biológicas. Porquê “escândalo”? Porque todos os elementos de resposta que vieram fundamentar a nova ciência biológica (a genética) estavam debaixo dos olhos dos ilustres cientistas do século XIX ... mas nenhum deles colocou a questão pertinente.

Uma boa questão terá assim tanta importância em ciência? Porquê?

Foi necessário que um monge de uma vila de província do império austro-húngaro se preocupasse com esse problema para que a questão fosse pela primeira vez colocada e abordada experimentalmente. Mendel colocou explicitamente e deu resposta experimental à seguinte questão: quais são as frequências na descendência da manifestação de determinados caracteres em cruzamentos entre indivíduos de linhagem pura que diferem apenas nesses caracteres?

Na verdade, Mendel já tinha estudado alguma coisa sobre os caracteres das plantas e tinha criado plantas ornamentais e foi-se apercebendo que determinadas cores das flores apareciam geração após geração. Pensou que a Natureza deveria seguir algumas regras e ele queria descobrir quais eram.

Mendel trabalhou com ervilhas-de-cheiro, cujas variedades apresentam caracteres de coloração das vagens, sementes e flores ou de textura das sementes de fácil identificação macroscópica.

Se estivesses no lugar de Mendel, que critérios utilizarias para escolheres as plantas para as tuas experiências de cruzamentos?

As ervilheiras são fáceis de cultivar e têm crescimento rápido. Como são plantas hermafroditas, podem autofecundar-se. A estrutura das suas flores é a que se mostra na figura:

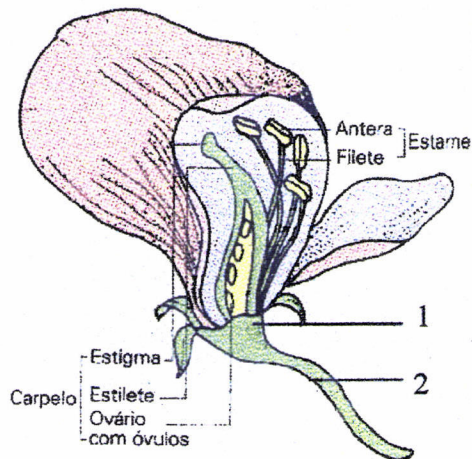


Figura 1 – Órgãos reprodutores das Angiospérmicas

Na primavera de 1856 Mendel iniciou as suas experiências. Ele queria estudar as duas formas de cada característica e ver como é que uma característica passava dos progenitores para a descendência. Para descobrir isso, teve de utilizar muitas plantas mas, nessa altura, não imaginava que viria a cultivar mais de 24 000 plantas e a demorar 8 anos nessas investigações.

Mendel isolou variedades de plantas criando-as separadamente e, quando verificou que, ao longo das gerações, todos os descendentes eram iguais aos progenitores, considerou estar em presença de uma linha pura.

Começou por cruzar variedades de ervilheira que só produziam sementes lisas com outras que só produziam sementes rugosas. Recolheu pólen de algumas das ervilheiras que produziam sementes lisas, depois polinizou as que produziam sementes rugosas. Também fez o contrário, retirou pólen das de semente rugosa e polinizou as de semente lisa.

Por que razão terá Mendel efectuado esses cruzamentos recíprocos?

Mendel teve também o cuidado de retirar os estames das flores que iam ser polinizadas, como ilustra a figura 2.

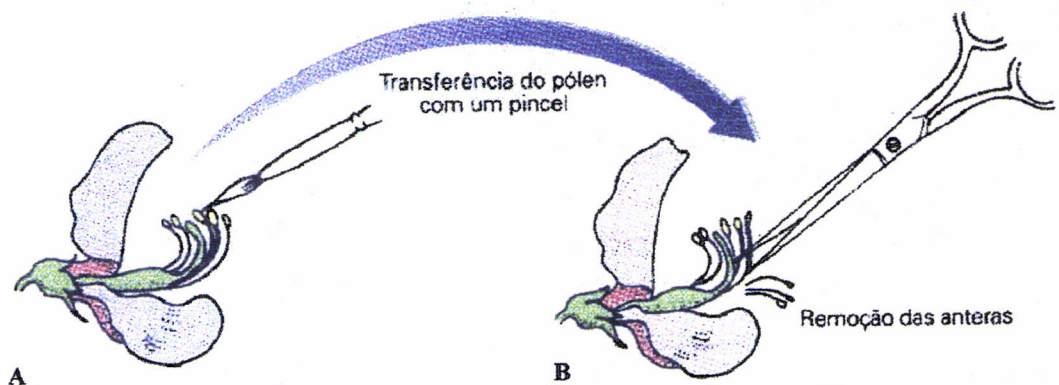


Figura 2 – Experiências de Mendel -Polinização cruzada

Explica por que motivo Mendel retirou os estames às plantas que usou como produtoras de sementes?

Finalmente, depois de terminar o trabalho de polinização das linhas puras, envolvia as flores num saco de papel.

Qual a razão de tal procedimento?

Quando, no Outono, abriu as vagens para observar as sementes híbridas, verificou que eram todas lisas, sem encontrar uma única semente rugosa – essa forma tinha como que desaparecido. Para tentar perceber o que teria acontecido, semeou todas as sementes híbridas. Quando estas plantas híbridas cresceram, decidiu deixar que se realizasse a auto-polinização e já não a polinização cruzada, como tinha feito anteriormente.

Quando se formaram as novas sementes, algumas das plantas apresentavam sementes rugosas. Então, afinal, essa forma não tinha desaparecido. Como as lisas prevaleciam, resolveu designá-las por dominantes e às rugosas por recessivas.

Mendel resolveu então contar o número de sementes lisas e de sementes rugosas que obteve nesses cruzamentos. Contabilizou 5 474 sementes lisas e 1 850 sementes rugosas.

Qual a proporção aproximada que Mendel obteve entre os dois tipos de sementes?

Mendel deu-se ao trabalho de fazer o mesmo tipo de cruzamentos para cada uma das outras seis características. Para cada uma delas, os resultados foram idênticos: sempre a mesma proporção.

Agora Mendel queria explicar os seus resultados. Sabia que um dos progenitores fornecia a forma lisa e o outro a forma rugosa e começou a usar letras para representar as duas formas: *A* para as lisas e *a* para as rugosas. Para as plantas híbridas que obteve, como uma característica era fornecida pelo óvulo e a outra pelo grão de pólen, escreveu essa combinação como *Aa* ou *aA*, as quais correspondiam a sementes lisas. O que aconteceria quando estas plantas produzissem pólen e óvulos?

Foi então que Mendel teve uma grande ideia. Pensou que deveria haver 2 tipos de pólen e 2 tipos de óvulos; metade do pólen transportaria *A* e a outra metade transportaria *a*. Da mesma maneira, metade dos óvulos transportaria *A* e a outra metade *a*. Quando as plantas híbridas se polinizassem por auto-fecundação, o que aconteceria?

A tabela seguinte mostra todas as combinações possíveis :

		Pólen	
		A	a
Óvulos	A	AA	Aa
	a	aA	aa

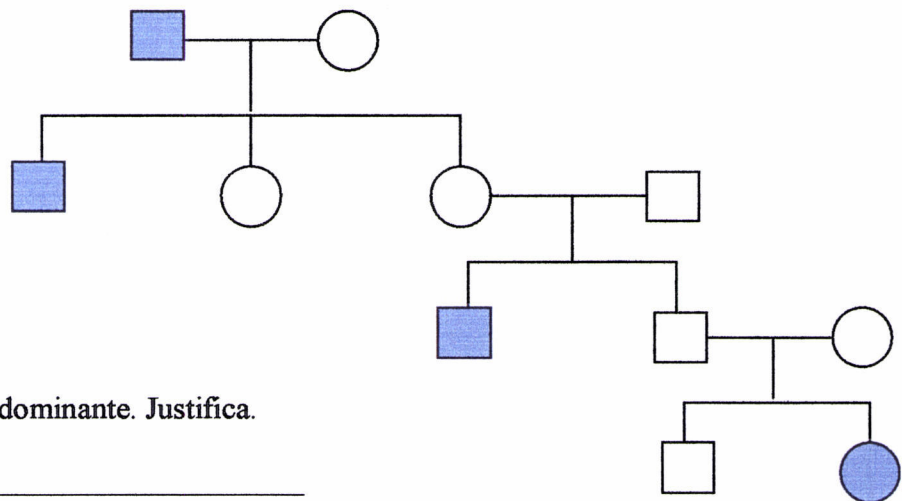
As sementes *AA* são lisas, assim como as *Aa* ou *aA*, porque o *A* é dominante e mascara a característica rugosa, quando em conjunto. A última combinação é *aa*, a qual é rugosa pois esta não tem o factor dominante a mascarar-la. Foi por essa razão que Mendel obteve a razão de **3:1**.

ESCOLA SECUNDÁRIA SEVERIM DE FARIA
11º Ano – Ciências da Terra e da Vida

Ficha de Trabalho nº 2

Resolve os seguintes problemas de genética humana, interpretando as árvores genealógicas para responder às respectivas questões.

1. A cor dos olhos na espécie humana é determinada pela interação de vários genes. Admitamos, de modo simplificado, a existência de apenas um par de alelos: um que determina a cor azul e outro que determina a cor castanha. Observa a árvore genealógica que se segue, onde, a sombreado, se representam os indivíduos de olhos azuis.

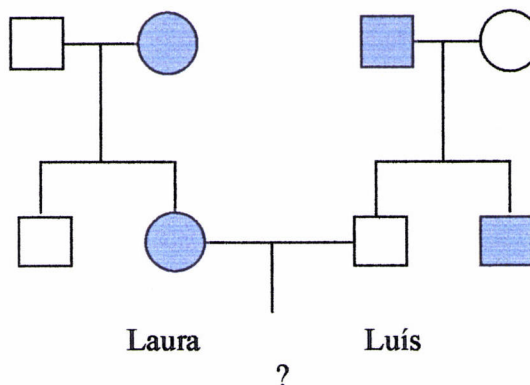


1.1. Identifica o alelo dominante. Justifica.

1.2. Determina o genótipo dos indivíduo 2, 4, 5 e 6 desta família.

1.3. Calcula a probabilidade que o indivíduo 4 teria de vir a ter filhos de olhos azuis se casasse com um indivíduo homocigótico de olhos castanhos. Justifica a resposta.

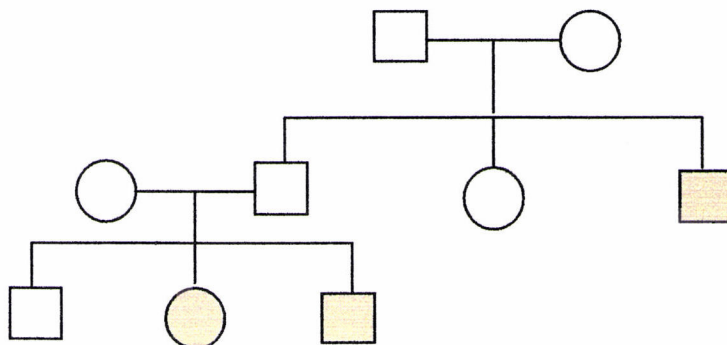
2. Numa outra família, a cor dos olhos (castanha ou azul) é a que se mostra na árvore genealógica a seguir representada. A sombreado estão indicados os indivíduos com olhos azuis.



2.1. Indica o genótipo de todos os membros da família.

2.2. Como será, em relação a esse carácter, o filho que esperam Luís e Laura?

3. Existem pessoas míopes (anomalia visual hereditária) e pessoas com visão normal. Observa a árvore genealógica seguinte, onde as pessoas míopes se representam a sombreado.

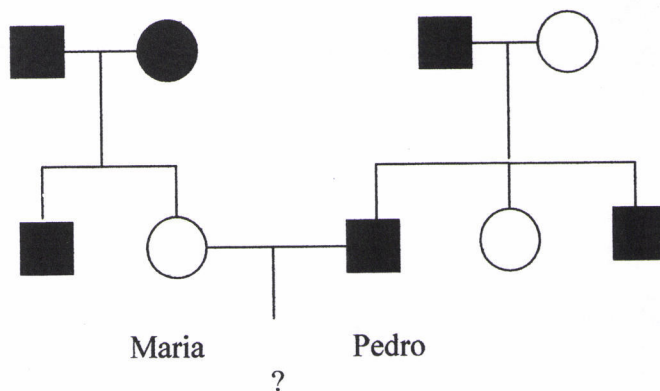


3.1. Infere se o gene para a miopia é dominante ou recessivo, em relação ao seu alelo para a visão normal. Justifica.

3.2. Indica os genótipos de todos os indivíduos representados.

3.3. Calcula a probabilidade de o casal 1-2 ter filhos míopes.

4. A presença de *pêlos nas segundas falanges dos dedos* é um carácter hereditário na espécie humana. Ao estudar esse carácter numa família, obteve-se a árvore genealógica em baixo indicada, onde a escuro estão representadas as pessoas com pêlos nos dedos.



4.1. Qual o carácter dominante: possuir ou não possuir pêlos? Justifica.

4.2. Indica os genótipos de todos os elementos da família.

4.3. Como será, quanto a esse carácter, o filho de Maria e de Pedro? Justifica.

ESCOLA SECUNDÁRIA SEVERIM DE FARIA
11º Ano – Ciências da Terra e da Vida

Ficha de controlo nº1A

Nome: _____ Nº _____ Turma _____

Instrução: Resolve o seguinte problema e responde às questões com ele relacionadas.

1. O pêlo preto das cobaias é uma característica dominante e o branco é uma característica recessiva.

1.1. Quais os possíveis genótipos e fenótipos da geração resultante de um casal em que ambos são negros heterozigóticos? (utiliza o *Xadrez mendeliano* ou o *Quadrado de Punnett*, indicando as proporções desses genótipos e fenótipos).

1.2. Estabelece a relação entre os símbolos que usaste na resposta anterior com os cromossomas envolvidos nesse cruzamento, representando-os ao lado dos símbolos.

1.3. Se este casal tivesse um filhote, o que poderias prever quanto à possível cor do pêlo desse descendente?



ANEXO 2

FICHAS DE DIAGNÓSTICO
(INICIAL E FINAL)

ESCOLA SECUNDÁRIA SEVERIM DE FARIA

11º Ano – Ciências da Terra e da Vida

Ficha de Diagnóstico Inicial

Nome: _____ Nº _____ Turma _____

Esta ficha não tem como função classificar-te. Serve apenas para recolher alguns dados sobre o que tu pensas relativamente a esta disciplina, em particular sobre os conteúdos nela envolvidos. Alguns deles ainda não estudaste. No entanto, como poderás já ter uma ideia sobre eles, tenta responder da mesma forma e do modo mais claro que te for possível.

1. Qual a tua opinião, até agora, sobre a disciplina de CTV (11º ano)?
(Assinala com um círculo o algarismo que melhor corresponder a essa opinião)

Tenho gostado muito 7 ___ 6 ___ 5 ___ 4 ___ 3 ___ 2 ___ 1 Não tenho gostado nada

2. Qual o tópico de que mais gostaste até agora? _____
E de que menos gostaste? _____

3. Qual a tua expectativa em relação ao tópico “Hereditariedade”?
(Assinala com um círculo à volta do algarismo que melhor corresponde à tua opinião)

Acho que vou gostar muito 7 ___ 6 ___ 5 ___ 4 ___ 3 ___ 2 ___ 1 Acho que não vou gostar nada

4. Do que achas que trata a hereditariedade? _____

5. Já alguma vez ouviste falar em genes? (Assinala a tua resposta)

Sim Não

(Se assinalaste **sim**, responde às próximas perguntas; se respondeste **não**, passa à questão 6)

- a) Onde ouviste falar de genes? _____
- b) Onde achas que se localizam? _____
- c) De que são constituídos? _____
- d) Qual te parece ser a importância que os genes têm para os organismos?

6. Já ouviste falar, por certo, em DNA.

- a) Se pensares no teu organismo, onde se localiza o DNA? _____
- b) Qual a sua importância? _____

7. Também já estudaste os cromossomas.

- a) No teu organismo, onde se localizam os cromossomas? _____
- b) De que são constituídos? _____
- c) Qual a importância dos cromossomas no organismo? _____

8. Nos animais, as células da pele dividem-se continuamente para produzir novas células.
(Nas alíneas que se seguem, assinala as respostas que julgares correctas e justifica)

a) As novas células formadas contêm o mesmo número de cromossomas que a célula original ou um número diferente?

O mesmo Diferente.

Porquê? _____

b) O DNA nas células filhas é idêntico ou é diferente do DNA da célula mãe, antes da divisão?

Idêntico Diferente.

Porquê? _____

c) As células filhas têm a mesma informação genética ou informação genética diferente?

A mesma Diferente

Porquê? _____

d) Uma célula da pele e uma célula muscular ou pulmonar, do mesmo organismo, têm a mesma informação genética ou informação genética diferente?

A mesma Diferente

Porquê? _____

9. Ainda nos animais, as células também se dividem quando os gametas estão a ser produzidos.

(Tal como na questão anterior, assinala as respostas que julgares correctas e justifica)

a) Se a célula original contivesse 8 cromossomas, quantos cromossomas conteria cada uma das células germinais resultantes?

8

4

12

Porquê? _____

b) A célula resultante e a que lhe deu origem têm a mesma informação genética ou informação genética diferente?

A mesma

Diferente.

Porquê? _____

c) Esses gametas têm a mesma informação genética que, por exemplo, uma célula da pele (no mesmo organismo)?

A mesma

Diferente.

Porquê? _____

ESCOLA SECUNDÁRIA SEVERIM DE FARIA

11º Ano – Ciências da Terra e da Vida

Ficha de Diagnóstico Final

Nome: _____ Nº _____ Turma _____

Esta ficha não tem como função classificar-te. Serve apenas para recolher, agora no final do ano lectivo, alguns dados sobre o que tu pensas relativamente a esta disciplina e sobre alguns dos conteúdos nela envolvidos.

1. Qual a tua opinião final sobre a disciplina de CTV (11º ano)?

(Assinala com um círculo o nº que melhor corresponder a essa opinião)

Gostei muito 7 6 5 4 3 2 1 Não gostei nada

2. Qual o tópico de que mais gostaste? _____

E de que menos gostaste? _____

3. Qual a tua opinião específica em relação ao tópico “Hereditariedade”?

(Assinala com um círculo o nº que melhor corresponder à tua opinião)

Gostei muito 7 6 5 4 3 2 1 Não gostei nada

4. Nesta última unidade voltaste a falar de genes.

- a) Onde se localizam os genes no organismo? _____
b) De que são constituídos? _____
c) Qual a importância dos genes? _____

5. Também voltaste a estudar os cromossomas.

- a) No teu organismo, onde se localizam os cromossomas? _____
b) De que são constituídos? _____
c) Qual o papel dos cromossomas no organismo? _____

6. Nos animais, as células dividem-se, quando os gâmetas estão a ser produzidos.
(Assinala, para cada alínea, a resposta que julgares correcta e justifica)

- a) Se a célula que origina os gâmetas contivesse 8 cromossomas, quantos cromossomas conteria cada uma das células sexuais resultantes?

8

4

12

Porquê?

b) A célula resultante e a que lhe deu origem têm a mesma informação genética ou informação genética diferente?

A mesma Diferente.

Porquê? _____

c) Esses gametas têm a mesma informação genética que, por exemplo, uma célula da pele (no mesmo organismo)?

A mesma Diferente.

Porquê? _____



ANEXO 3

TESTE DE PENSAMENTO LÓGICO

ESCOLA SECUNDÁRIA SEVERIM DE FARIA

11º Ano – Ciências da Terra e da Vida

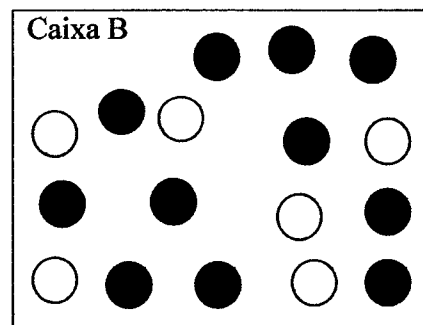
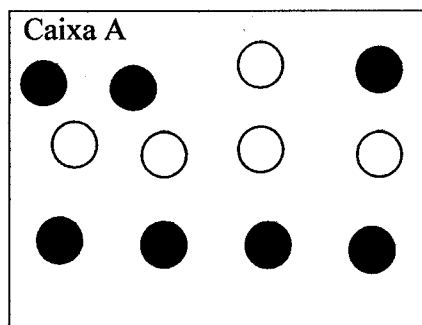
Teste de Pensamento Lógico

Nome: _____ Nº _____ Turma _____

INSTRUÇÕES

- Este teste destina-se apenas a recolher informações sobre o teu nível de desenvolvimento em tarefas que impliquem operações de pensamento lógico e não irá influenciar em nada a tua classificação nesta disciplina.
- Os resultados do teste podem, no entanto, ajudar a compreender algumas das dificuldades que os alunos costumam revelar na aprendizagem e na resolução de problemas de genética.
- Tenta por isso colaborar, lendo com atenção cada pergunta e respondendo com o máximo de concentração e empenhamento a cada uma delas.

1. Na **Caixa A** estão 7 bolas negras e 5 brancas e na **Caixa B** encontram-se 11 bolas negras e 6 brancas. Se introduzirmos a mão nas duas caixas, sem olhar, de qual é mais provável que retiremos **uma bola negra**? (*Assinala a resposta que consideres correcta*)



Caixa A

Caixa B

Ambas

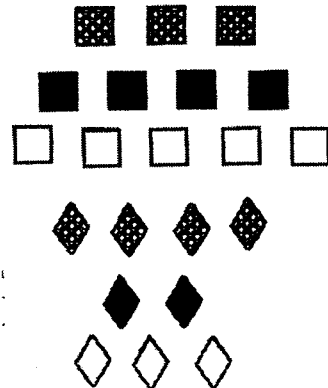
Justificação:

(*Assinala a justificação que consideras mais adaptada à resposta que escolheste*)

- a) Há 17 bolas na Caixa B e apenas 12 na Caixa A.
- b) Há menor número de bolas brancas na Caixa A do que na Caixa B.
- c) Há maior número de bolas negras na Caixa B do que na Caixa A.
- d) A proporção de bolas negras é semelhante em ambas as caixas.
- e) Há $7/12$ de bolas negras na Caixa A e $11/17$ de bolas negras na Caixa B.

2. Num saco existem:

- 3 quadrados às manchas
- 4 quadrados negros
- 5 quadrados brancos
- 4 losangos às manchas
- 2 losangos negros
- 3 losangos brancos



Todos os quadrados têm a mesma dimensão; todos os losangos têm a mesma forma e também a mesma dimensão.

Se retirarmos **uma única peça** do saco, qual a probabilidade de essa peça ser **às manchas**?
(Assinala a resposta que consideres correcta)

- 1 em 3 1 em 4 1 em 7 1 em 21 outra

Justificação:

(Assinala a justificação que consideras mais adaptada à resposta que escolheste)

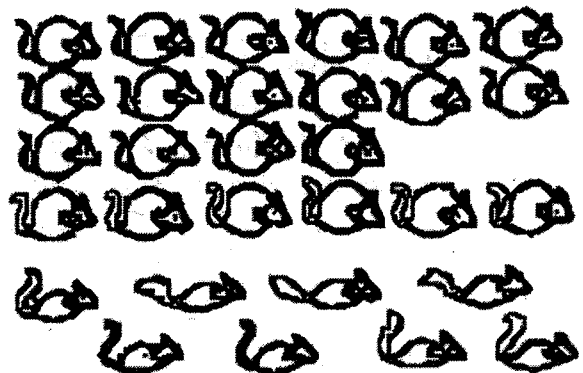
- a) Há 21 peças no saco. Se sair uma peça às manchas, ela tem de ser escolhida de entre essas 21.
- b) Se sair uma peça às manchas, ela tem de ser seleccionada de um total de 7 peças às manchas.
- c) 7 das 21 peças são às manchas.
- d) Há três conjuntos no saco; um deles é às manchas.
- e) $\frac{1}{4}$ dos quadrados e $\frac{4}{9}$ dos losangos são às manchas.

3. Os ratos representados na figura constituem uma amostra de ratos capturados no campo.

Pode dizer-se que os ratos **gordos** têm, em geral, caudas **pretas** e os ratos **magros** caudas **brancas**?

(Assinala a resposta que consideres correcta)

- Sim Não



Justificação:

(Assinala a justificação que consideras mais adaptada à resposta que escolheste)

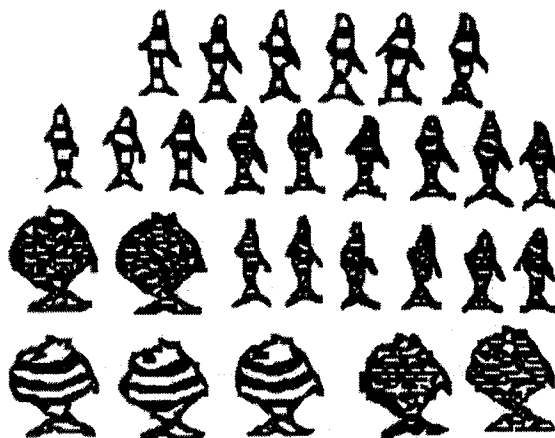
- a) 8/11 dos ratos gordos têm caudas pretas e $\frac{3}{4}$ dos ratos magros têm caudas brancas.
- b) Alguns dos ratos gordos têm caudas brancas e alguns dos ratos magros têm caudas pretas.
- c) 18 ratos em 30 têm caudas pretas e 12 têm caudas brancas.
- d) Nem todos os ratos gordos têm caudas pretas e nem todos os ratos magros têm caudas brancas.
- e) 6/12 dos ratos com cauda branca são gordos.

4. Observa a figura ao lado, que representa vários tipos de peixes.

A partir dela, pode concluir-se que os peixes grandes têm maior tendência para ter riscas largas?

(Assinala a resposta que consideres correcta)

Sim Não



Justificação:

(Assinala a justificação que consideras mais adaptada à resposta que escolheste)

- a) Alguns dos peixes grandes têm riscas largas e outros têm riscas estreitas.
- b) 3/7 dos peixes grandes têm riscas largas.
- c) 12/28 dos peixes apresentam riscas largas e 16/28 têm riscas estreitas.
- d) 3/7 dos peixes maiores têm riscas largas e 9/21 dos mais pequenos têm também riscas largas.
- e) Alguns peixes com riscas largas são grandes e outros pequenos.

5. Seis rapazes – **ANDRÉ, CLÁUDIO, DOMINGOS, MIGUEL, PAULO e RUI** – querem jogar pingue-pongue. Para poderem disputar um campeonato entre si, decidem que **cada um** deles terá de jogar **uma partida com cada um dos restantes**.

Escreve, em baixo, **todas as partidas** que se deverão disputar, através da indicação das iniciais dos nomes dos intervenientes. Por exemplo, **AC** (já indicado) significa a partida em que o **ANDRÉ** terá de jogar com o **CLÁUDIO**.

Resposta: AC; ...

6. Num novo Centro Comercial, vão abrir **quatro** estabelecimentos no rés-do-chão, todos seguidos. Uma barbearia (**B**), uma casa de discos (**D**), um supermercado (**S**) e um café (**C**) desejam mudar-se para lá.

Os quatro espaços disponíveis têm todos a mesma forma e a mesma dimensão, pelo que cada estabelecimento pode ocupar um qualquer desses espaços.

Uma maneira de os distribuir é, por exemplo, **BSCD** (já indicado).

Faz uma **lista** com **todas as outras maneiras possíveis** da ordem de ocupação dos estabelecimentos.

Resposta: BSCD; ...



ANEXO 4

**QUESTIONÁRIO DE ATITUDE PARA
COM A HEREDITARIEDADE**

ESCOLA SECUNDÁRIA SEVERIM DE FARIA

11º Ano – Ciências da Terra e da Vida

Nome: _____ Nº ____ Turma ____

QUESTIONÁRIO DE ATITUDE PARA COM A HEREDITARIEDADE

- A escala que se segue pretende averiguar o que o tópico *Hereditariedade* significou para ti.
- Essa escala apresenta-se constituída por 20 itens, cada um deles associado a um par diferente de *adjectivos opostos*.
- Para responderes, coloca uma **cruz (x)** num dos 7 quadrados existentes em cada item, numa posição que ilustre bem a forma como associas a *Hereditariedade* a essa escala.

• *Exemplo*

A Hereditariedade é para mim um tópico ...

Necessário Desnecessário

Se respondesses deste modo, estarias a afirmar que considerarias a *Hereditariedade* um tópico mais necessário do que desnecessário, embora não absolutamente necessário.

- Deves pronunciar-te em relação a todos os itens. Tenta tomar decisões rápidas, procurando apoiar-te, fundamentalmente, na tua primeira impressão.

A Hereditariedade é para mim um tópico ...

importante não importante

agradável desagradável

leve pesado

simples complexo

bom mau

motivante desmotivante

certo errado

dinâmico estático

alegre triste

atractivo repulsivo

útil inútil

estável instável

relaxante enervante

fácil difícil

forte fraco

grande pequeno

suave áspero

aberto fechado

bem sucedido mal sucedido



ANEXO 5

GUIÕES DAS ENTREVISTAS PRÉVIAS
(DE ALUNOS E DE PROFESSORES)

GUIÃO DA ENTREVISTA AOS ALUNOS

BLOCOS	FORMULÁRIO DE QUESTÕES/TÓPICOS ORIENTADORES	OBJECTIVOS A ATINGIR
<p>I</p> <p>Legitimação da entrevista e sensibilização do aluno</p>	<p>- <i>Apresentação e sensibilização do aluno para a entrevista</i> -</p> <ul style="list-style-type: none"> . Informar acerca dos objectivos gerais da entrevista . Garantir a confidencialidade e o anonimato da entrevista . Solicitar autorização para gravar magneticamente a entrevista . Agradecer a ajuda e a colaboração <p>1. O que achas da disciplina de Ciências da Terra e da Vida, do 11º ano? Fundamenta a tua opinião</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Legitimar a entrevista • Sensibilizar o aluno para colaborar com a entrevistadora
<p>II</p> <p>Inventariação das dificuldades de aprendizagem de âmbito geral</p>	<p>2. Quais as principais dificuldades que sentiste ao longo da parte de biologia do programa?</p> <p>3. Qual o grau de dificuldade que atribuis a cada um dos seguintes tópicos de biologia já estudados? (Avalia em FÁCIL – <i>percebi logo à primeira</i>, MÉDIO – <i>Tive que me esforçar mas depois percebi</i>, ou DIFÍCIL – <i>Esforcei-me mas ainda sinto que não percebo bem</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ácidos nucleicos (DNA e RNA) - Replicação - Mitose - Meiose - Reprodução assexuada - Reprodução sexuada - Hereditariedade - Processo fotossintético - Respiração e Fermentação 	<ul style="list-style-type: none"> • Auscultar os alunos sobre a sua perspectiva geral acerca da disciplina de Ciências da Terra e da Vida
		<ul style="list-style-type: none"> • Conhecer as dificuldades sentidas pelos alunos na parte de biologia do programa • Identificar o grau de dificuldade (fácil, médio, difícil) sentido pelos alunos em relação aos vários tópicos programáticos

<p>III Inventariação de dificuldades de aprendizagem em tópicos concretos (Hereditariedade em particular)</p>	<p>4. Que tipo de dificuldades, importas-te de explicitar em concreto? No tema da Hereditariedade, em particular, o que te pareceu mais difícil de compreender?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Especificar melhor essas dificuldades perante a explicitação dos vários tópicos programáticos, em particular, a hereditariedade.
<p>IV Inventariação de dificuldades no âmbito da resolução de problemas</p>	<p>5. Nesta disciplina resolveram problemas? Que tipo de problemas? Qual a tua opinião sobre essa actividade?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conhecer a opinião dos alunos sobre a resolução de problemas no contexto deste programa.
<p>V Testagem de conhecimentos de âmbito conceptual e processual específicos</p>	<p>6. Sentiste dificuldades com os problemas de genética? O que te pareceu mais difícil nesses problemas?</p> <p>7. Recordas-te, com certeza, de teres estudado os <i>cromossomas</i>. Responde, então, às seguintes questões, com eles relacionados:</p> <p>7.1. Onde se localizam, no teu organismo?</p> <p>7.2. Qual a sua constituição?</p> <p>7.3. Qual a sua importância?</p> <p>8. No programa de CTV também ouviste falar de <i>genes</i>.</p> <p>8.1. No teu organismo, onde se localizam os genes?</p> <p>8.2. Qual a sua constituição?</p> <p>8.3. Que importância têm os genes?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar as principais dificuldades sentidas na resolução de problemas de genética. • Testar o conhecimento dos alunos sobre o conceito de cromossoma (localização, constituição, importância). • Testar o conhecimento dos alunos sobre o conceito de gene (localização, constituição, importância).

	<p>9. Nos animais, as células da pele dividem-se continuamente para produzir novas células.</p> <p>9.1. As novas células formadas contêm o mesmo número de cromossomas que a célula original ou um número diferente? Justifica a tua resposta.</p> <p>9.2. O ADN nas células filhas é idêntico ou é diferente do ADN da célula mãe, antes da divisão? Porquê?</p> <p>9.3. As células filhas têm a mesma informação genética ou informação genética diferente? Porquê?</p> <p>9.4. E uma célula da pele, do olho ou do músculo têm a mesma informação genética?</p>	<p>• Testar a compreensão dos alunos relativamente a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - relação genética entre células do mesmo indivíduo - relação entre mitose e crescimento
<p>10.1. Se a célula original contivesse 8 cromossomas, quantos cromossomas teria cada uma das células germinais resultantes? Porque dizes isso?</p> <p>10.2. A célula resultante e a que lhe deu origem têm a mesma informação genética? Porquê?</p> <p>10.3. Essas células têm a mesma informação genética que, por exemplo, uma célula da pele? Porquê?</p>	<p>10. Ainda nos animais, as células também se dividem quando os gâmetas estão a ser produzidos.</p>	<p>• Testar a compreensão dos alunos relativamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - à relação genética entre células do mesmo indivíduo - à relação entre meiose e formação de gâmetas

	<p>11. Nos coelhos, a cor da pelagem é hereditária; a pelagem negra é dominante em relação à pelagem castanha.</p> <p>11.1. Quais são os possíveis genótipos e fenótipos da geração resultante de um casal em que ambos são negros heterozigóticos.</p> <p>11.2. A solução do problema (alínea a) tem alguma relação com cromossomas?</p> <p>11.3. Se sim, quantos são os cromossomas envolvidos?</p> <p>11.4. Faz um esquema em que relaciones os símbolos que usaste com os cromossomas. Explica.</p> <p>11.5. Se o casal tivesse uma ninhada de, por exemplo, quatro crias, qual seria a respectiva cor do pêlo?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Testar a compreensão dos alunos relativamente aos processos implicados na resolução de problemas de genética, nomeadamente: <ul style="list-style-type: none"> - relação entre fenótipo, genótipo e cromossomas - acaso e probabilidade
--	---	--

<p>VI Inventariação de dificuldades no âmbito da relação genética/sociedade</p>	<p>12. Passamos agora ao tema designado no programa por <i>genética aplicada</i>.</p> <p>12.1. Consideras que os conhecimentos de genética são importantes para a vida em sociedade? Porquê?</p> <p>12.2. Sabes, por exemplo, o que são organismos transgénicos?</p> <p>12.3. Nos EUA utiliza-se a engenharia genética na agricultura, para evitar pragas e, em consequência, graves perdas agrícolas. Em Portugal, como em vários países europeus, não há autorização oficial para se cultivarem plantas transgénicas mas efectuam-se investigações com transgénicos. É o caso das experiências feitas em amendoieiras, com o objectivo de introduzir resistências a vírus, já que as amendoieiras nacionais estão quase todas infectadas, o que acarreta enormes prejuízos para a economia do país.</p> <p>Se fosses tu a decidir, autorizarias a comercialização dessas amendoieiras? Como fundamentarias a tua decisão?</p> <p>12.4. Sentes que tiveste uma boa preparação na escola, para tomares decisões em situações como esta? Se não, o que sugerias para ficares melhor preparado para o futuro?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Analisar as ideias expressas pelos alunos sobre a importância da genética na sociedade ● Auscultar a sua capacidade de tomada de decisão em temas de genética ● Indagar sobre a forma como pensam que essas competências podem ser desenvolvidas.
---	---	---

GUIÃO DA ENTREVISTA AOS PROFESSORES

BLOCOS	FORMULÁRIO DE QUESTÕES/TÓPICOS ORIENTADORES	OBJECTIVOS A ATINGIR
<p>I</p> <p>Legitimação da entrevista e sensibilização do professor</p>	<p>- <i>Apresentação e sensibilização do professor para a entrevista</i> -</p> <ul style="list-style-type: none"> . Informar acerca dos objectivos gerais da entrevista . Garantir a confidencialidade e o anonimato da entrevista . Solicitar autorização para gravar magneticamente a entrevista . Colocar à disposição do professor os resultados da investigação em curso . Agradecer a ajuda e a colaboração 	<ul style="list-style-type: none"> • Legitimar a entrevista • Sensibilizar o professor para colaborar com a entrevistadora
<p>II</p> <p>Inventariação das dificuldades de aprendizagem, de âmbito geral, dos alunos</p>	<p>1. Qual é, na sua opinião, a atitude que, em geral, os alunos manifestam perante a disciplina de Ciências da Terra e da Vida do 11º ano? Que razões lhe parecem estar na base dessa atitude?</p> <p>2. Quais as principais dificuldades de aprendizagem dos alunos de que se tem apercebido, relativamente à parte de biologia desse programa?</p> <p>3. Dos vários tópicos de biologia qual ou quais aqueles em que lhe parece que os alunos sentem, em concreto, mais dificuldades? Como caracterizaria essas dificuldades?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ácidos nucleicos (DNA e RNA) e replicação - Mitose e meiose - Reprodução assexuada - Reprodução sexuada - Hereditariedade - Processo fotossintético - Respiração e Fermentação 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar as representações que os professores têm acerca da opinião dos alunos sobre a disciplina de CTV do 11º ano. • Identificar as razões que consideram estar na base desse posicionamento dos alunos. • Inventariar as dificuldades gerais de aprendizagem que os professores detectam na parte de biologia do programa • Inventariar as dificuldades específicas que os professores encontram nos seus alunos relativamente a tópicos de biologia explicitados • Aprofundar as razões dessas dificuldades por forma a conhecer o ponto de vista dos professores

<p>III Inventariação de dificuldades no âmbito da resolução de problemas</p>	<p>4. Qual lhe parece ser a opinião dos alunos sobre a resolução de problemas em biologia? E sobre os problemas de genética? Em seu entender, como se justifica essa postura dos alunos?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Identificar as representações que os professores têm acerca da opinião dos seus alunos sobre resolução de problemas em biologia, em geral, e de genética, em particular ● Conhecer a sua justificação pessoal para essas opiniões
<p>IV Inventariação de dificuldades específicas de aprendizagem de genética</p>	<p>5. Que dificuldades, específicas da área de genética, costumam os alunos manifestar? Porquê? O que acha que se poderia fazer para obviar a essas dificuldades?</p> <p>6. Na sua opinião, qual o grau de compreensão que os alunos em geral manifestam no que tem a ver com as seguintes proposições-chave do conceito de hereditariedade:</p> <ul style="list-style-type: none"> - O mecanismo da hereditariedade transmite características dos pais para os filhos através da reprodução. - Os genes determinam as características hereditárias de um organismo. - Os genes para um dado carácter podem existir em formas alternativas. - Os genes localizam-se nos cromossomas. - Um par de genes controla um carácter. Alguns caracteres são controlados por vários pares de genes. - A meiose separa os pares de cromossomas e os pares de genes das células dos progenitores, de tal forma que os gâmetas que se acabam por produzir transportam um cromossoma e um gene de cada par. - O acaso determina qual dos espermatozóides fecunda os oócitos e, por consequência, o genótipo da descendência. - O organismo adulto multicelular desenvolve-se a partir de uma única célula – o zigoto – por divisão celular (mitose) e como tal todas as células somáticas desse indivíduo tem os mesmos genes. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Aprofundar e especificar, relativamente aos objectivos e conteúdos de genética as maiores dificuldades que os alunos costumam manifestar, fundamentando. ● Indicar soluções possíveis para a ultrapassagem dessas dificuldades dos alunos ● Indicar o grau de compreensão (baixo, médio, elevado) que os alunos em geral manifestam relativamente a proposições-chave do conceito de hereditariedade

<p>V Inventariação de dificuldades no âmbito da relação genética/sociedade</p>	<p>7. Na sua opinião, os alunos, com este programa, aprendem a avaliar o papel da genética na sociedade contemporânea e a tomar decisões fundamentadas nessa área? Em que medida? Como acha que se podem trabalhar essas competências com os alunos?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Analisar as ideias expressas pelos professores sobre o papel do programa na avaliação, por parte dos alunos, do papel da genética na sociedade e no desenvolvimento da sua capacidade de tomada de decisão nessa temática. ● Indagar sobre a forma como os professores pensam que essas competências podem ser desenvolvidas.
--	--	--



ANEXO 6

**GUIÕES DAS ENTREVISTAS PÓS-
-INTERVENÇÃO
(ALUNOS E PROFESSORA)**

GUIÃO DA ENTREVISTA A ALUNOS DA TURMA DA INTERVENÇÃO

BLOCOS	FORMULÁRIO DE QUESTÕES/TÓPICOS ORIENTADORES	OBJECTIVOS A ATINGIR
<p>I</p> <p>Legitimação da entrevista e sensibilização do aluno</p>	<p>- <i>Apresentação e sensibilização do aluno para a entrevista</i> -</p> <ul style="list-style-type: none"> . Informar acerca dos objectivos gerais da entrevista . Garantir a confidencialidade e o anonimato da entrevista . Solicitar autorização para gravar magneticamente a entrevista . Agradecer a ajuda e a colaboração <p>1. O que achaste, em geral, da disciplina de Ciências da Terra e da Vida? Fundamenta a tua opinião</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Legitimar a entrevista • Sensibilizar o aluno para colaborar com a entrevistadora
<p>II</p> <p>Inventariação de dificuldades de aprendizagem de âmbito geral</p>	<p>2. Qual o grau de dificuldade que atribuis a cada um dos seguintes tópicos do programa já estudados? (Avalia em FÁCIL – <i>percebi logo à primeira</i>, MÉDIO – <i>Tive que me esforçar mas depois percebi</i>, ou DIFÍCIL – <i>Esforcei-me mas ainda sinto que não percebo bem</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Processo fotossintético - Respiração e Fermentação - Ácidos nucleicos (DNA e RNA) - Replicação - Mitose - Meiose - Reprodução assexuada - Reprodução sexuada - Hereditariedade 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar o grau de dificuldade (fácil, médio, difícil) sentido pelos alunos em relação aos vários tópicos programáticos
	<p>3. Quais as principais dificuldades que sentiste ao longo do programa?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conhecer as dificuldades sentidas pelos alunos na parte de Biologia do programa

<p>III Atitude dos alunos para com o tema e as aulas.</p> <p>IV Inventariação de dificuldades de aprendizagem na hereditariedade</p>	<p>4. Gostaste do tópico <i>Hereditariedade</i>? Porquê? E das aulas? O que achaste mais interessante? E menos?</p> <p>Compreendeste bem a linguagem utilizada? O que te pareceu mais difícil de compreender neste tópico?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conhecer a opinião dos alunos em relação ao tema e, mais especificamente, no que diz respeito às actividades realizadas nas aulas. • Especificar melhor as dificuldades sentidas no tópico hereditariedade.
<p>V Inventariação de dificuldades no âmbito da resolução de problemas</p>	<p>5. Sentiste dificuldades com os problemas de genética? És capaz de as explicitar? O que te pareceu mais difícil de compreender nesses problemas? O que consideras mais importante para se ter sucesso na resolução desses problemas? Achas que ter bom raciocínio lógico-matemático ajuda? Será o mais importante, neste caso?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conhecer a opinião dos alunos sobre a resolução de problemas no contexto deste estudo. • Identificar as principais dificuldades sentidas na resolução de problemas de genética.
<p>VI Explicitação de dificuldades /concepções no teste de avaliação final</p>	<p>6. A classificação que tiveste no teste era a que esperavas? Porquê? Por que achas que não acertaste algumas das perguntas?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar dificuldades específicas e/ou concepções alternativas ainda manifestadas.

<p>VII</p> <p>Testagem de conhecimentos de âmbito conceptual e processual específicos</p>	<p>7. Tenta agora resolver o seguinte problema, explicitando o teu raciocínio.</p> <p>7.1. Nos coelhos, a cor e a forma do pêlo são hereditários. A pelagem negra é dominante em relação à pelagem castanha e o pêlo liso dominante em relação ao pêlo frisado.</p> <p>Quais são os possíveis genótipos e fenótipos da geração resultante de um casal em que um é heterozigótico em relação à cor e à forma do pêlo e o outro membro do casal é castanho e de pêlo frisado?</p> <p>7.2. A resolução do problema tem alguma relação com os cromossomas?</p> <p>7.3. Faz um esquema em que relaciones os símbolos que usaste com os cromossomas. Explica.</p> <p>7.4. Se o casal tivesse uma ninhada de, por exemplo, quatro crias, qual seria a respectiva cor e forma do pêlo?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Testar a compreensão dos alunos relativamente aos processos implicados na resolução de problemas de genética, nomeadamente: <ul style="list-style-type: none"> - relação entre fenótipo, genótipo e cromossomas. - meiose e fecundação - acaso e probabilidade
<p>VIII</p> <p>Identificação de dificuldades processuais na resolução de problemas</p>	<p>8. O que te pareceu mais difícil neste problema?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Compreender o enunciado - Saber o que se pede - Ter presente o significado de todos os conceitos necessários (fenótipo, genótipo, heterozigótico) - Identificar os genótipos dos pais - Construir o quadro de cruzamento - Dar a resposta ao problema - Relacionar o problema com a teoria cromossómica da hereditariedade - Interpretar o quadro em termos de probabilidades 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar dificuldades específicas no processo de resolução de problemas.

GUIÃO DA ENTREVISTA À PROFESSORA TITULAR DA TURMA (da intervenção)

BLOCOS	FORMULÁRIO DE QUESTÕES/TÓPICOS ORIENTADORES	OBJECTIVOS A ATINGIR
<p>I</p> <p>Legitimação da entrevista e sensibilização da professora</p>	<p>- <i>Apresentação e sensibilização da professora para a entrevista</i> -</p> <ul style="list-style-type: none"> . Informar acerca dos objectivos gerais da entrevista . Garantir a confidencialidade e o anonimato da entrevista . Solicitar autorização para gravar magneticamente a entrevista . Colocar à disposição da professora os resultados da investigação em curso . Agradecer a ajuda e a colaboração 	<ul style="list-style-type: none"> • Legitimar a entrevista • Sensibilizar a professora para colaborar com a entrevistadora
<p>I</p> <p>Avaliação da investigação realizada</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Qual o balanço que faz, em termos gerais, da experiência de parceria por nós levada a cabo? 2. Qual a sua opinião sobre a pertinência pedagógica e formativa da realização de experiências regulares deste tipo, ou seja, de trabalho em parceria? Que vantagens e desvantagens? Que recomendações faria, na eventualidade de outras experiências similares futuras? 3. Como caracteriza, a propósito, a interacção entre a investigação que se faz e que se publica (cultura da investigação) e as práticas efectivas dos professores (cultura da acção)? Que factores, na sua opinião, a poderão condicionar ou potenciar favoravelmente? 4. O que pensa, em concreto, da reacção manifestada pelos alunos à abordagem que implementámos, sobretudo na fase inicial? E em termos do seu comportamento global (adesão, empenhamento, rendimento, sentido de cooperação...)? 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar a opinião da professora, em termos genéricos, sobre a investigação realizada. • Aprofundar as razões de ordem pedagógica e formativa. • Aprofundar as razões inerentes à interacção teoria-prática.
<p>II</p> <p>Apreciação do impacte nos alunos</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Explicitar o impacte da intervenção nos alunos a vários níveis.

<p>III</p> <p>Apreciação das actividades de ensino-aprendizagem desenvolvidas</p>	<p>5. Que avaliação faz das estratégias levadas a cabo com os alunos e dos materiais de suporte utilizados? Quais os aspectos em que lhe pareceu que mais se poderão ter desviado do habitual? Pareceram-lhe adequadas àqueles alunos e à superação das dificuldades habituais neste tópico, amplamente referidas na literatura e pelos próprios professores? Em que medida? Que sugestões daria no sentido de aumentar o sucesso dos alunos com este tipo de abordagem?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Avaliar as actividades de ensino-aprendizagem seleccionadas para esta unidade.
<p>IV</p> <p>Impacte em termos de formação profissional</p>	<p>6. Até que ponto esta experiência a terá ajudado a tomar consciência e a reflectir sobre a sua base de conhecimento pedagógico e didáctico, tanto deste conteúdo programático específico, como da disciplina que ensina, em geral?</p> <p>7. Pensa, nesse sentido, fazer alterações à sua abordagem habitual desta unidade programática (ou de outras), na sequência desta experiência? Em que aspectos, fundamentalmente?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Identificar contributos deste tipo de acções, em termos de auto-avaliação e formação profissional. ● Apreciar o impacte a longo prazo, que este tipo de investigações pode trazer.



ANEXO 7
PROTOCOLOS ESCRITOS DE
ENTREVISTAS PRÉVIAS
(EXEMPLOS)

ENTREVISTA AO ALUNO A09

Completou a disciplina de Ciências da Terra e da Vida com 17 valores (20 valores na prova global)

Dia da entrevista: 30/11/2001

1. O que achas da disciplina de Ciências da Terra e da Vida, do 11º ano? Fundamenta a tua opinião.

Foi uma disciplina gira, por causa mais da matéria do DNA. Da respiração também gostava, da fotossíntese ... mais ou menos. Estava relacionado mais com o ser humano, com os animais, está mais relacionado com as pessoas. Em comparação com a matéria sobre as rochas, com os solos, gosto menos.

2. Quais as principais dificuldades que sentiste ao longo da parte de biologia do programa?

Acho que foi a matéria da respiração por causa dos ciclos. Havia vários ciclos que eram novos, era um bocado complicado compreendê-los ... tinha alguns nomes complicados, por causa dos nomes. Eram nomes às vezes compridos e para os decorar era um bocado complicado.

O DNA também era um bocado complicado, algumas partes, mas ao longo do tempo fui compreendendo.

3. Dos vários tópicos de biologia qual ou quais aqueles em que sentiste mais dificuldades? (Avalia em FÁCIL – percebi logo à primeira, MÉDIO – Tive que me esforçar mas depois percebi, ou DIFÍCIL – Esforcei-me mas ainda sinto que não percebo bem)

- **Ácidos nucleicos (DNA e RNA)** - Fácil
- **Replicação** - Médio
- **Mitose** – Entre médio e fácil
- **Meiose** – Entre médio e fácil
- **Reprodução assexuada** - Médio
- **Reprodução sexuada** - Médio
- **Hereditariedade** - Médio
- **Processo fotossintético** – Entre médio e difícil
- **Respiração e Fermentação** – Médio

4. Que dificuldades? Importas-te de explicitar?

Os esquemas e os ciclos.

No tema da hereditariedade, em particular, o que te pareceu mais difícil de compreender?

Era uma parte complicada. Acho que percebi mais ou menos isso. Ao longo do tempo fui percebendo. Era um bocado mais complicado os problemas de genética, com o diíbridismo, principalmente. O diíbridismo era um bocado mais complicado, mas acho que também não aprofundámos assim tanto. A geração parental e isso ... e os descendentes ... mas gostei da matéria e fui percebendo.

Porque havia vários tipos de descendência ... diíbridismo ... mas como na aula fomos aprofundando os vários tipos, fomos percebendo.

5. Nesta disciplina resolveram problemas? Que tipo de problemas? Qual a tua opinião sobre essa actividade?

Os problemas que nós resolvíamos era de mono e diíbridismo.

6. Quais as dificuldades que sentiste com os problemas de genética? O que te pareceu mais difícil de compreender nesses problemas?

No início tive um bocado de dificuldades .. nós, por exemplo, tínhamos o caso das ervilhas e havia rugosas e lisas, e amarelas e verdes, mas só que nós depois fomos estudando as proporções em que existia cada uma e fizemos muitos exercícios, que a professora nos deu muitas fichas disso, ao longo do tempo fomos conseguindo fazer os exercícios melhor. Mas de início era um bocado complicado ... com as flores e isso. Mas, no final ... tivemos que fazer muitos exercícios para fazer os testes, sobre isso, e fui percebendo melhor.

7. Recordas-te de estudar os cromossomas? Responde às seguintes questões, em relação ao teu organismo tal como na pergunta anterior.

7.1. Onde se localizam?

No DNA. O DNA está no núcleo das células.

7.2. Qual a sua constituição?

Os cromatídeos e o centrómero. O cromossoma está dividido em 2 cromatídeos e o centrómero está a ligá-los.

7.3. Qual a sua importância?

Têm o material genético das pessoas, a informação genética. Passam a informação para os descendentes, de pais para filhos, os filhos têm sempre metade da informação do pai e metade da informação da mãe e é essa informação que está nos cromossomas.

8. No programa de CTV também ouviste falar de genes.

8.1. No teu organismo, por exemplo, onde se localizam os genes?

No núcleo. Isso dos genes lembro-me muito pouco mesmo.

8.2. Qual a sua constituição?

Não me lembro.

8.3. Que importância têm os genes?

Não me lembro. Lembro-me muito mais dos cromossomas do que dos genes. Nem me lembro de ter falado dos genes.

9. Nos animais, as células da pele dividem-se continuamente para produzir novas células.

9.1. As novas células formadas contêm o mesmo número de cromossomas que a célula original ou um número diferente? Justifica a tua resposta.

Fica metade e depois é que se vai replicar e volta ... o $2n$ passa para n e depois ao replicar-se fica $2n$.

Uma célula origina outra, penso que seja através da mitose. Há a mitose e depois há a replicação e fica $2n$.

9.2. O DNA nas células filhas é idêntico ou é diferente do DNA da célula mãe, antes da divisão? Porquê?

O DNA das células filhas contém metade da informação de cada uma das células de origem.

... como explicas isso?

Lembro-me de ter falado na replicação do DNA ... acho que passava a informação dos progenitores, mas acho que também se formava informação nova.

9.3. As células filhas têm a mesma informação genética ou informação genética diferente? Porquê?

Tem informação genética da que lhe deu origem mas também tem informação nova.

E uma célula da pele do olho ou do cabelo têm a mesma informação genética?

Isso não me lembro de ter falado, mas penso que seja diferente. Acho que nunca falei nisso, nunca fizemos essas comparações. Não sei se será que as células têm todas a mesma informação. Não sei, já não me lembro. Foi matéria que não me lembro de ter falado.

Penso que as células têm todas a mesma informação. Lembro-me vagamente disso. Agora a comparar com o resto não sei.

10. Ainda nos animais, as células também se dividem quando os gametas estão a ser produzidas.

10.1. Se a célula original contivesse 8 cromossomas, quantos cromossomas conteria cada uma das células germinais resultantes? Porque dizes isso?

Isso é por meiose. Acho que havia $2n$ e ia originar 4 células haplóides.

Iria originar 4 células $2n$, se calhar, com 2 cromossomas cada uma.

Ou é 2 ou 4, se calhar é 4, não sei.

Eu sei explicar que $2n$ origina 4 células haplóides, agora não sei se as células haplóides correspondem a um n ou a metade de um n .

Se corresponder a n são 4 cromossomas mas se corresponder a metade são só 2 cromossomas.

10.2. A célula resultante e a que lhe deu origem têm a mesma informação genética? Porquê?

Penso que tem a mesma. A célula que tem a informação vai-se dividir em 4 gâmetas, penso que têm a mesma informação.

Porque vai-se dividir em 4 e a informação também se divide em 4. Mas como era a mesma, ao passar para os descendentes vai também a informação.

Já não sei explicar.

10.3. Essas células têm a mesma informação genética que, por exemplo, uma célula da pele? Porquê?

Penso que os gâmetas de início têm informação mas que vão-se desenvolvendo e vão originando as células ... multiplicam-se. Se calhar a informação é a mesma mas também não ... não me lembro nada disso.

Não faço ideia.

11. Nos coelhos, a cor da pelagem é hereditária e a pelagem negra é dominante em relação à pelagem castanha.

11.1. Quais são os possíveis genótipos e fenótipos da geração resultante de um casal em que ambos são negros heterozigóticos.

(Ver resolução no final da entrevista)

A cor destes 3 (NN, NC, NC) é negra e desta (CC) vai ficar castanha, porque o negro como é dominante em relação ao castanho ficam os 3 negros e um castanho.

... mas o que significam os símbolos e porque fizeste assim?

É o cruzamento entre as cores em que o negro é dominante, por isso entre o negro e o castanho, como o negro é dominante, neste caso os coelhos ficavam com a cor negra.

75% dos coelhos ficam negros e 25% ficam castanhos.

11.2. A solução do problema (alínea a) tem alguma relação com cromossomas?

Isto aqui é os gâmetas dos progenitores, nós utilizávamos os gâmetas com as letras das cores.

O que eu sei é que os descendentes eram heterozigóticos, por isso pode-se dizer que eram formados por gâmetas pretos e castanhos, de cor preta e castanha ... como o preto era dominante ambos os coelhos eram pretos, depois fornecem gâmetas castanho e preto aos seus 4 descendentes ... neste caso, para formar 4, e que ... como, pode-se dizer que o



gâmeta de cor preta é dominante em relação ao gâmeta de cor castanha, depois ficam 3 pretos e um castanho.

11.3. Se sim, quantos são os cromossomas envolvidos?

(Não consegue)

11.5. Se o casal tivesse uma ninhada de, por exemplo, quatro crias, qual seria a respectiva cor do pêlo?

Ficavam 3 com a cor preta, fenotipicamente ... apesar dos genótipos serem diferentes os fenótipos ficavam 3 pretos e um castanho.

12. Passamos agora ao tema designado no programa por genética aplicada.

12.1. Consideras que os conhecimentos de genética são importantes para a vida em sociedade? Porquê?

Acho que pode ser importante, por causa da transmissão de doenças, por exemplo, no caso da SIDA. Uma informação mínima, acho que era bom para as pessoas, para a sua vida.

No caso de terem filhos também, por causa da informação genética. As pessoas gostam sempre de ver as comparações, dos olhos, da cor do cabelo, das comparações com os pais.

É o material com a informação genética que passa dos pais para os filhos.

... e quando as pessoas têm de tomar decisões no dia-a-dia ou em termos de notícias, lhes é solicitado algum conhecimento destas áreas?

Penso que não, só mesmo se uma pessoa estiver dentro da área. No dia-a-dia, só quando falam de cientistas que descobrem qualquer coisa, quando descobrem alguma coisa nos cromossomas. No dia-a-dia fala-se muito pouco, só se estiver mesmo dentro da área.

12.2. Sabes, por exemplo, o que são organismos transgénicos?

Não.

12.3. Nos EUA utiliza-se a engenharia genética na agricultura, para evitar pragas e, em consequência, graves perdas agrícolas. Em Portugal, como em vários países europeus, não há autorização oficial para se cultivarem plantas transgénicas mas efectuam-se investigações com transgénicos. É o caso das experiências feitas em amendoeiras, com o objectivo de introduzir resistências a vírus, já que as amendoeiras nacionais estão quase todas infectadas, o que acarreta enormes prejuízos para a economia do país.

Se fosses tu a decidir, autorizarias a comercialização dessas amendoeiras? Como fundamentarias a tua decisão?

Se fosse favorável e se não alterasse ... por exemplo, no caso das amendoeiras ... as amêndoas, o fruto. Se fosse para o desenvolvimento aceitava, desde que não afectasse o fruto, desde que não tivesse proporções negativas.

Avaliava os aspectos negativos e os positivos e depois concluía.

12.4. Sentes que tiveste uma boa preparação na escola, para tomares decisões em situações como esta? Se não, o que sugerias para ficares melhor preparado para o futuro?

Tenho mais conhecimentos agora, acho que ajudou um bocado. Apesar de não ficar muita coisa, ainda ficou alguma informação que acho que me pode ajudar no dia-a-dia.

O que sugerias para ficares (ainda) melhor preparado para o futuro?

Umhas aulas um bocado mais práticas, experiências e isso.

PROBLEMA

Nos coelhos, a cor da pelagem é hereditária e a pelagem negra é dominante em relação à pelagem castanha.

- Quais são os possíveis genótipos e fenótipos da geração resultante de um casal em que ambos são negros heterozigóticos.

Alguns - hereditária

N e
N NN, Nn
e Nn, nn

75% negro

25% castanho

ENTREVISTA À PROFESSORA P9

Já leccionou 11º ano várias vezes

Dia da entrevista: 28/02/2002

1. Qual é, na sua opinião, a atitude que, em geral, os alunos manifestam perante a disciplina de Ciências da Terra e da Vida, do 11º ano? Que razões lhe parecem estar na base dessa atitude?

No 11º ano tem sido feita já uma selecção no 10º e eu parece-me que acabamos sempre por ter um grupo de alunos, embora heterogéneo, mas mais homogéneo do que no 10º ano, depois, portanto, também, os mais motivados, em princípio, os mais motivados. No entanto, aparecem sempre, de um modo geral, muitos daqueles que vão para desporto, são sempre aqueles que no grupo aparecem com maior desmotivação, porque eles estão muito mais virados para os aspectos mais práticos e aquilo é uma chatice terem que estar a aprender aqueles conteúdos. No entanto, parece-me que ao nível do 11º ano ainda é, dos três anos, aquele onde eles estão mais motivados. Porque o aspecto da reprodução ... estou a falar da parte da biologia, porque essa é outra, quando nós chegamos - nós damos a biologia - quando chegamos à geologia, que é a última parte do programa, aquilo é uma chatice, que eles reclamam, reclamam: "Que chatice agora termos de estar a estudar as rochas, estávamos a estudar uma coisa tão bonita, agora as rochas!" Na biologia eles gostam muito, pelo aspecto da reprodução. E depois a seguir à reprodução vem a hereditariedade, que também é um assunto com algum carácter prático, porque eles gostam muito de dizer as cores dos olhos e quem tem e quem não tem, se é o pai se é a mãe, se é ... acabam por encontrar alguma utilidade naquela matéria. Por isso parece-me que é, mesmo assim, o 11º ano, onde esses alunos que aparecem menos motivados, parece-me que é onde eles estão mais motivados.

2. Quais as principais dificuldades de aprendizagem dos alunos de que se tem apercebido, relativamente à da parte de biologia do programa?

Eu acho que eles a parte da química não dominam. Sempre que nós precisamos de recorrer a qualquer conceito químico, desde nutrientes, digestão, enzimas, como actuam, reacções, isso aí é sempre uma dificuldade.

A fotossíntese e a respiração é sempre uma complicação, é tudo muito abstracto para eles. E depois para lhe darmos um carácter mais prático, fazermos experiências, muitas vezes também não temos condições, às vezes não temos turmas divididas, outras vezes temos divididas mas mesmo assim são enormes, não dá, não temos material para toda a gente fazer experiências.

Por exemplo, a nível da hereditariedade, revelam alguma dificuldade quando os conteúdos anteriores, nomeadamente a divisão celular, a constituição do núcleo, cromossomas, etc., quando isso não fica bem sabido, aí depois, às vezes, revela também alguma dificuldade.

Depois, eles gostam muito daquela parte dos ácidos nucleicos, com as bases e com os nucleótidos. Síntese proteica também gostam muito, também é muito simples para eles, porque conseguem facilmente ver a cadeia a crescer, a proteína a crescer. Aí acho que é fácil. Realmente é a fotossíntese e a respiração o pior, pior, pior. E depois, muitas vezes, como hereditariedade também já se dá já assim lá por aí adiante, o que acontece é que às vezes há aqueles que no princípio do ano não trabalharam muito, que a situação do aluno já está um bocado débil, em termos de aprendizagem e depois já não conseguem perceber a hereditariedade porque entretanto há conceitos que lhes faltam, anteriores.

3. Dos vários tópicos de biologia qual ou quais aqueles em que lhe parece que os alunos sentem, em concreto, mais dificuldades? Como caracteriza essas dificuldades?

- **Ácidos nucleicos (DNA e RNA)** – Isso aí não têm dificuldade, é muito raro, só mesmo aquele que não quer mesmo fazer.
- **Replicação** – Não.
- **Mitose** – Não
- **Meiose** – Não
- **Reprodução assexuada** – Não
- **Reprodução sexuada** – - Não, também não têm dificuldade porque eu acho que eles aí estão muito, muito, muito motivados e é de longe, longe, longe onde eles põem mais questões. Por exemplo, às vezes põem questões que eu digo assim: “Mas como é que um miúdo em pleno séc. XXI, ainda faz uma questão destas?”. Com tanta informação que há, ainda põem este tipo de questões, nomeadamente ao conhecimento do próprio corpo, aparece com muita frequência, sobretudo ao sexo oposto, eles são autênticos desconhecedores do sexo oposto, eles sabem lá o que é que é uma ovulação, eles sabem lá o que é que é o período fértil. Não sabem. Eles podem saber o termo, mas depois em que é que consiste nem lhes passa pela cabeça.
- **Hereditariedade** – (já respondido)
- **Processo fotossintético** – (já respondido)
- **Respiração e Fermentação** – (já respondido)

4. Qual lhe parece ser a opinião dos alunos sobre a resolução de problemas em biologia? E sobre os problemas de genética? Em seu entender, como se justifica essa postura dos alunos?

Os problemas ... pensando agora a nível da hereditariedade ... fazem-nos sempre como aplicação da matéria, estou a pensar, por exemplo, vamos à parte da genética mendeliana, são-lhes dados dados para eles aplicarem, resolverem, encontrarem a percentagem de indivíduos não sei quantos, por aí ... depois na hereditariedade humana a mesma coisa, interpretação de árvores, determinação de genótipos. Gostam, eles gostam. Às vezes têm dificuldade porque não perceberam que a constituição, que o genótipo daquele indivíduo pode ter este ou aqueles alelos porque não dominam a disjunção dos cromossomas homólogos na meiose, por exemplo. Só a este nível, agora quem domina bem estes conceitos anteriormente adquiridos, facilmente os resolve. Porque também acho que os problemas que nós damos também não são problemas com muita dificuldade.

5. Que dificuldades específicas da área de genética costumam os alunos manifestar? Porquê? O que acha que se poderia fazer para obviar a essas dificuldades?

Estou a pensar, por exemplo, quando aparecem problemas em que não há dominâncias completas, isso aí eles já têm mais dificuldade, perante os dados, de perceber se aquilo é uma co-dominância se é uma dominância incompleta.. Depois, os outros é interpretação das árvores, dos hemofílicos ... aqueles probleminhas que nós costumamos dar.

6. Na sua opinião, qual o grau de compreensão que os alunos em geral manifestam no que tem a ver com as seguintes proposições-chave do conceito de hereditariedade:

- **O mecanismo da hereditariedade transmite características dos pais para os filhos através da reprodução.**
- Alguns sim, outros vão um bocadinho mais ... alguns ficam-se por aí, isto é assim porque nós herdámos e pronto.
- **Os genes determinam as características hereditárias de um organismo.**
- Sim embora eles ... eu penso que sim, eles percebem que a informação está ali. Sim. Muitos não entendem, quer dizer, a informação para eles é um conceito, que não conseguem associar a moléculas. Alguns têm essa dificuldade. Os outros penso que sim, que percebem que é no conjunto de moléculas, que constituem os ácidos nucleicos, que está lá, que aquilo que vai determinar ... que haja uma determinada sequência de nucleótidos, pronto .. eu acho que sim.
- Eu acho que em, geral, eles dominam, que eles que ficam com essa ideia, depois há outros que não ... a ideia de gene para eles é qualquer coisa que eles ainda não percebem que aquilo que é uma molécula ... que é um conjunto de moléculas.
- **Os genes para um dado carácter podem existir em formas alternativas.**
- Sim, eles sabem que pode haver um para o amarelo, outro para o azul, outro para não sei quê.
- **Os genes localizam-se nos cromossomas.**
- Sim, isso percebem perfeitamente.
- **Um par de genes controla um carácter. Alguns caracteres são controlados por vários pares de genes.**
- Nem todos, nem todos os alunos dominam isso, pelo menos aquele do par de genes, por mais do que um gene. O par, eles do mal o menos, chegam lá; agora que há vários genes a determinar o aparecimento de uma característica, nem todos.
- **A meiose separa os pares de cromossomas e os pares de genes das células dos progenitores, de tal forma que os gâmetas que se acabam por produzir transportam um cromossoma e um gene de cada par.**
- Sim, sim, percebem, aliás dá-se sempre assim ... a referência, a relação à meiose, se não eles não conseguem entender.
- **O acaso determina qual dos espermatozóides fecunda os oócitos e, por consequência, o genótipo da descendência.**
- Eu penso que boa parte dos alunos percebe que é assim. Porque nós começamos logo ali, quando são situações muito simples, vamos logo às probabilidades e eles estudam probabilidades na Matemática e então eles facilmente percebem que aquilo é resultado do acaso.
- **O organismo adulto multicelular desenvolve-se a partir de uma única célula – o zigoto – por divisão celular (mitose) e como tal todas as células somáticas desse indivíduo tem os mesmos genes.**

- Eu acho que é uma ideia que uma grande parte deles não tem, porque normalmente depois quando nós vamos fazer referência a isso para a diferenciação dos tecidos, eles já ficam outra vez assim ... se eles eventualmente adquiriram essa ideia, aquilo depois imediatamente esquece.

7. Na sua opinião, os alunos, com este programa, aprendem a avaliar o papel da genética na sociedade contemporânea e a tomar decisões fundamentadas nessa área? Em que medida? Como acha que se podem trabalhar essas competências com os alunos?

É uma preocupação que eu tenho de, para além do programa, dos conteúdos programáticos ter sempre ... fazer sempre uma análise com eles, de textos, inclusivamente textos que vêm no livro, estou a falar daquela parte, da última parte do livro, de discutir com eles assuntos que na actualidade se discutam, ou mais ou menos polémicos. Ou não. Outras vezes surgem questões que eles mesmo levantam e eu tenho sempre o cuidado de discutir isso um bocadinho com eles, porque parece-me que é um assunto muito sério e que toda a gente, muito mais eles que já têm alguma informação científica, deve saber, ter a sua opinião.

Mas às vezes são postas questões da ordem do dia e que as pessoas dizem: eu sou contra, eu sou a favor, e acabou, por uma questão pessoal, sem qualquer fundamento científico. Eles, que já têm algum fundamento científico, têm obrigação para ser pessoas com opiniões mais ou menos responsáveis, coerentes e responsáveis. Eu tenho sempre esse cuidado... mas eu acho que o programa, salvo erro, também tem lá uma notinha para esses assuntos serem debatidos com os alunos. Mas como o programa é tão extenso, nunca dá para organizar um debate ... para se perceber muito tempo com essas coisas, devido à extensão do programa, porque ele fica sempre em meio, com a parte da geologia. Mas eu, mais ou menos, dedico sempre um bocadinho a isso, sempre, porque acho que é muito importante.

Ou debater entre eles, porque acho que também é muito importante debater entre eles na sala de aula, ou então ouvir outras opiniões.



ANEXO 8

**PROTOCOLOS ESCRITOS DE
ENTREVISTAS PÓS-INTERVENÇÃO
(EXEMPLOS)**

ENTREVISTA AO ALUNO AI01

Dia da entrevista: 31/05/2002

Classificação obtida nos testes:

1º teste	2º teste	3º teste	4º teste	Teste c/ hereditariedade	Só na parte de hereditariedade
13.7	17.6	14.3	14.2	17.5	17.3

1. O que achaste, em geral, da disciplina de CTV? Fundamenta a tua opinião.

De início muita matéria mas também muito diversificada. Isso também torna-a interessante. É o complementar do 10º ano.

2. Dos vários tópicos do programa qual ou quais aqueles em que sentiste mais dificuldades? (Avalia em FÁCIL – percebi logo à primeira, MÉDIO – Tive que me esforçar mas depois percebi, ou DIFÍCIL – Esforcei-me mas ainda sinto que não percebo bem)

- *Processo fotossintético* - Fácil
- *Respiração e Fermentação* - Médio
- *Ácidos nucleicos (DNA e RNA)* - Médio
- *Replicação* - Fácil
- *Mitose* - Fácil
- *Meiose* - Médio
- *Reprodução assexuada* - Médio
- *Reprodução sexuada* - Médio
- *Hereditariedade* - Médio

3. Quais as principais dificuldades que sentiste ao longo do programa?

A meiose, porque a matéria exigia que a gente estudasse um bocadinho todos os dias.

4. Gostaste do tópico Hereditariedade? Porquê? E das aulas? O que achaste mais interessante? E menos? Compreendeste bem a linguagem utilizada? O que te pareceu mais difícil de compreender nesse tópico?

Foi interessante porque penso que cada um quer saber, perceber o mecanismo, porque é que está aqui. Porque é que estamos aqui, donde é que vêm essas raízes.

As aulas, no conjunto geral, foram muito activas, muitos exercícios para fazer, não foi tão maçador como nas outras matérias, em que dávamos muita matéria, quase que era enfiada à força e ali fomos acompanhando com os exercícios, penso que isso ajuda. Percebemos melhor a matéria.

Aquelas fichas que a professora ia dando para nós fazermos e depois a professora corrigia e sabíamos mais ou menos aquilo que nós sabíamos ou não, isso foi importante. Fazermos o ponto da situação de muitas coisas e depois éramos nós próprios a ver. Foi importante. Sabíamos onde tínhamos mais dificuldades ou não

Compreendi bem a linguagem utilizada.

O mais difícil de compreender foi mais logo no início, aquela história toda do Mendel, muitos nomes novos e depois conciliar aquilo tudo.

5. Sentiste dificuldades com os problemas de genética? És capaz de as explicitar? O que te pareceu mais difícil de compreender nesses problemas? O que consideras mais importante para se ter sucesso na resolução desses problemas? Achas que ter bom raciocínio lógico-matemático ajuda? Será o mais importante, neste caso?

No princípio foi entender melhor os termos, mas depois a partir daí, se entendermos bem os termos, penso que não são muito difíceis.

Na co-dominância ... um bocadinho de confusão, mas também foi pouca. Depois com os exercícios percebemos melhor.

Desde o início sabermos do que estamos a falar, conhecermos os termos e depois é relacioná-los, porque tudo tem mais ou menos a ver com a mesma coisa, temos é que saber bem os termos e depois não há muita dificuldade. Está relacionado.

O raciocínio lógico-matemático, não sei muito bem

6. A classificação que tiveste no teste era a que esperavas? Porquê? Porque achas que não acertaste algumas das respostas?

Foi ótimo. Não acertei a 2.1. porque a teoria da parte hereditariedade não estudei muito, estudei mais a fotossíntese, pensava que saía mais perguntas. Na hereditariedade limitei-me a resolver os exercícios, não estudei assim muito a teoria. Apareceu-me esse, tive que inventar assim um bocadinho.

7. Tenta agora resolver o seguinte problema, explicitando o teu raciocínio.

7.1. Nos coelhos a cor e a forma do pêlo são caracteres hereditários. A pelagem negra é dominante em relação à pelagem castanha e o pêlo liso dominante em relação ao pêlo frisado.

Quais são os possíveis genótipos e fenótipos da geração resultante de um casal em que um é heterozigótico em relação à cor e à forma do pêlo e o outro membro do casal é castanho e de pêlo frisado? (Ver na folha de resposta)

7.2. A resolução do problema tem alguma relação com os cromossomas? Sim.

7.3. Faz um esquema em que relaciones os símbolos que usaste com os cromossomas. Explica. (Ver na folha de resposta)

7.4. Se o casal tivesse uma ninhada de, por exemplo, quatro crias, qual seria a respectiva cor e forma do pêlo?

Em 4 filhos não poderíamos concluir que isto pudesse ser verdade, que realmente acontecia isto, um de cada.

Isso é se tivessem muitos filhos, muitos filhos, e depois conclui-se isso.

8. O que te pareceu mais difícil neste problema?

√- **Compreender o enunciado**

√- **Saber o que se pede**

- **Ter presente o significado de todos os conceitos necessários (fenótipo, genótipo, heterozigótico)**

√- **Identificar os genótipos dos pais**

- **Construir o quadro do cruzamento**

- **Dar a resposta ao problema**

- **Relacionar o problema com a teoria cromossómica da hereditariedade**

- **Interpretar o quadro em termos de probabilidades**

PROBLEMA

Nos coelhos a cor e a forma do pêlo são caracteres hereditários. A pelagem negra é dominante em relação à pelagem castanha e o pêlo liso dominante em relação ao pêlo frisado.

Quais são os possíveis genótipos e fenótipos da geração resultante de um casal em que um é heterozigótico em relação à cor e à forma do pêlo e o outro membro do casal é castanho e de pêlo frisado?

N - castanho negro

L - liso

n - castanho

l - frisado

$NnLl \times nnll$

	n	n	l	l
N	Nn	Nn	Nl	Nl
n	Nn	Nn	Nl	Nl
L	Ln	Ln	Ll	Ll
l	Ln	Ln	Ll	Ll

fenótipos

25% negro e liso

25% negro e frisado

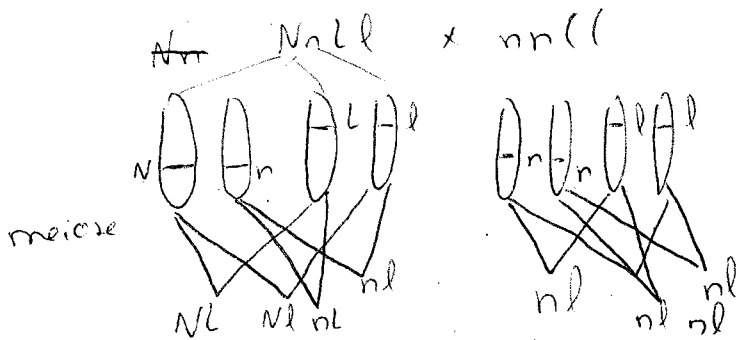
25% castanho e liso

25% castanho e frisado

genótipos

	n	l
N	Nn	Nl
n	Nn	Nl
l	Nn	Nl
l	Nn	Nl

Faz um esquema em que relaciones os símbolos que usaste com os cromossomas.



ENTREVISTA À PROFESSORA TITULAR DA TURMA DA INTERVENÇÃO

1. Qual o balanço que fazes, em termos gerais, da experiência de parceria por nós levada a cabo?

Eu gostei muito. Em termos de experiência, gostei muito. Gostei de partilhar principalmente, porque nós acabamos por estar muito isolados. Gostei imenso de partilhar, porque sem dúvida tu trouxeste ideias novas e como nós estamos muitos anos sozinhos, mesmo que os outros colegas do grupo vão dando sugestões... e a gente converse, não é a mesma coisa. Gostei imenso.

Se resultou, se não resultou, precisava de ter falado também com eles. O que tu fizeste com eles, eu também precisava de ter feito, ter tido o feed-back e acabei por não ter, porque não houve tempo para eu conversar com eles. Só sei dar mesmo a minha opinião e gostei. Em termos pessoais, gostei muito e penso que é o tipo de formação que nós professores precisamos e não a formação que andamos aí às vezes a fazer só para ter créditos. É esta formação no terreno.

Tem muitíssimas vantagens. Nós vamos fazer uma formação qualquer para obter créditos, aquilo acaba por ser um frete, porque é sempre tempo extra, estamos lá na realidade porque temos de ter créditos, a maior parte das vezes, e aqui é uma experiência que a gente adquire a trabalhar no terreno mesmo, com pessoas que estão dentro da nossa área e que nos trazem coisas novas.

2. Qual a tua opinião sobre a pertinência pedagógica e formativa da realização de experiências regulares deste tipo, de trabalho em parceria? Que vantagens e desvantagens? Que recomendações farias, na eventualidade de outras experiências similares futuras?

Eu acho que era muitíssimo bom.

Poderão, penso eu, surgir problemas se é numa turma que não aceite o professor visitante, mas nós não tivemos esse problema. Uma turma que faça aquela barreira e que não aceite a outra pessoa. Ou então um mau relacionamento entre os dois professores, não se entenderem, mas eu não vi desvantagens. Eu só vi vantagens, a sério, e gostei e disse-o muitas vezes.

Mais tempo, mais tempo. Porque nós achávamos que tínhamos tanto tempo e acabámos por ver que o tempo nos faltou, esta unidade é sempre a última e é uma unidade que precisa de tempo. Tinha que haver mais tempo disponível, fazendo uma experiência deste tipo, do que quando é só o professor titular da turma que dá.

3. Como caracterizas, a propósito, a interacção entre a investigação que se faz e que se publica (cultura da investigação) e as práticas efectivas dos professores (cultura da acção)? Que factores, na tua opinião, a poderão condicionar ou potenciar favoravelmente?

Eu acho isto, e achei que foi uma coisa com a qual tu estiveste sempre muito preocupada, é que estão um bocadinho desfasadas e tu tinhas essa preocupação, de não estares desfasada do real. Muitas vezes, essa investigação está correcta, mas está um bocadinho desfasada do espaço e tempo, do que se passa na escola.

Essas investigações estão longe, têm em conta algumas realidades mas não têm, e se calhar não podem ter mesmo, toda a realidade. Mas não sei. Mas cá está, porque é que eu acho que isto era importante, era uma prática, prática, era um trabalho prático com teoria. Que eu acho que tu conseguiste fazer isso.

A relação da escola com a investigação não tem nenhuma, isso é uma realidade que não temos. O que nós temos é muita prática, temos muita prática de reacções dos miúdos, muita prática de esta matéria temos de fazer assim ou então damos-lhe a volta assim, portanto é a prática do dia-a-dia, acaba quase por ser um conhecimento empírico.

Da investigação não chega cá nada, ou então o que chega é muito difícil de pôr em prática porque, cá está, estão longe da nossa realidade.

Tivemos a sorte, não nos podemos esquecer, que tivemos a turma que tivemos, isso é muito importante.

A forma de aproximar a investigação da escola era haver uma parceria muito maior entre professores universitários e do secundário nas áreas ... qualquer coisa de muito semelhante ao que foi feito, porque tu vieste cá e foi comigo e foi com eles; vamos imaginar que era na universidade também dentro da nossa área, era para mim mas não era para eles. É que a experiência foi para ti, foi para mim e foi para eles, para os principais intervenientes. Se for só, por exemplo, para os professores, o aluno pode ou não ... depende, o professor pode ou não ser capaz de fazer, de ter possibilidades para fazer. E aqui cada aula era uma experiência, para nós e para eles.

É muito trabalhoso, acredito que seja, para vocês, que têm que estar com o trabalho na universidade e ainda têm que vir à escola fazer esse trabalho. E estão-se a expor. E muitos não estão para isso, é que aqui quem mais se expõe são vocês, eu e eles nós estamos no nosso campo.

Mas eu não sei, não sei porque nunca fiz, mas não sei se em termos de experiência para vocês, para ti, onde é que tu achas que aprendeste mais, se num tipo de trabalho deste se num trabalho de investigação sozinho, digamos.

Se a acção fosse a nível da universidade e nós professores do mesmo grupo nos deslocássemos lá para receber, para depois aplicar, não resultava da mesma maneira mas, cá está, para vocês sem dúvida que se estão a expor muito mais e nem toda a gente de certeza que está para isso. Que não tem problema nenhum, é preciso humildade e pensar: eu vou aprender com o que vou fazer.

4. O que pensas, em concreto, da reacção manifestada pelos alunos à abordagem que implementámos, sobretudo na fase inicial? E em termos do seu comportamento global (adesão, empenhamento, rendimento, sentido de cooperação...)?

Eu achei que eles aceitaram muito bem, que a reacção deles foi muito boa. Achei que eles aceitaram e reagiram bem, tanto que se nós pensarmos que em 27 ou 26 alunos só dois talvez é que não tenham acompanhado. Isso não é nada! Pelos resultados de testes e mesmo aqui na aula também nos apercebemos que eram, de todos aqueles, os que menos se manifestavam.

Em termos do comportamento global eles continuaram a ser a turma que eram, eles no geral mantiveram, eles não alteraram o estar deles por tu estares.

Eles são uma turma que quando estamos a dar matéria nova, eles estão extremamente atentos, o que não quer dizer que todos estivessem a ouvir com a mesma atenção. Quando há um silêncio nosso, por exemplo, explicar uma coisa a qualquer um para perceber melhor, há sempre um ou dois ou três grupos que perceberam e falam com os outros, mas isto desde o ano passado que eles são assim.

5. Que avaliação fazes das estratégias levadas a cabo com os alunos e dos materiais de suporte utilizados? Quais os aspectos em que te pareceram que mais se poderão ter desviado do habitual? Pareceram-te adequadas àqueles alunos e à superação das dificuldades habituais neste tópico, amplamente referidas na literatura e pelos próprios professores? Em que medida? Que sugestões darias no sentido de aumentar o sucesso dos alunos com este tipo de abordagem?

Isso gostei muitíssimo porque foi uma coisa nova. Eu ando aqui há 19 anos, com estágio, por muito que nós vamos mudando sozinhos, vamo-nos baseando nos manuais, ou num ou noutro livro que a pessoa vá comprando, mas os livros estão muito caros e a gente também não compra muitos livros. E sem dúvida que tu trouxeste problemas novos, estratégias novas, nomeadamente aquelas fichas de controlo, o mostrar dos resultados que eu achei extremamente positivo, eu acho que eles devem saber que erraram, a turma ter a noção, do que cada um individualmente sabe. Que é para quando fazem a auto-avaliação e hetero-avaliação eles não ficarem muito admirados porque um teve aquilo ou fulano teve aquilo. Portanto, isso foi uma estratégia que eu nunca utilizei, nunca. Aqui já entra a disponibilidade, muitas vezes a gente corta-se. É utilizar os problemas em acetatos, em vez de estarmos a ver pela folha, que é muito mais chamativo para os alunos, mesmo tendo eles o enunciado, mas estarem a ver projectado, quer o texto quer o exercício com cores, a gente muitas vezes não faz isso porque isto sai-nos caro e a gente também tem que ver ... este ano temos esta disciplina, depois para o ano temos outra ... porque é que a gente às vezes repete o mesmo durante tantos anos? Para rentabilizar. Não há verbas para lápis, nem para papel, nem para canetas, nunca houve.

As estratégias pareceram-me adequadas aos alunos.

A sugestão que poderia dar era termos mais tempo, mais tempo para acabarmos a unidade. As aulas passam num instante, faz-se um problema e a correcção, começa-se outro e não se faz mais nada.

6. Até que ponto esta experiência te terá ajudado a tomar consciência e a reflectir sobre a tua base de conhecimento pedagógico e didáctico, tanto deste conteúdo programático específico, como da disciplina que ensinas, em geral?

É este tipo de acções que nos faziam falta. É não estarmos tão fechados porque nós professores estamos muito fechados, trabalhamos muito sozinhos, por mais que nós falemos uns com os outros, com os colegas que estão a dar a mesma unidade, a conversa é: Então vais onde? O que é que já deste? Já fizeste este exercício? E depois não temos só um ano, temos outros, vários níveis.

Tomei consciência que era bom, era bom. É uma lufada de ar fresco. Eu acho que seria bom, que seria bom em todos os anos e em todas as unidades. Agora que isto é um bocado difícil de pôr em prática ... tudo, sistematicamente. Nós temos muitas unidades. Seria difícil, mas fazer de vez em quando, era muito bom.

7. Pensas, nesse sentido, fazer alterações à tua abordagem habitual desta unidade programática (ou de outras), na sequência desta experiência? Em que aspectos, fundamentalmente?

Serviu-me em termos de estratégias, mais em termos de estratégias que é o que nós temos mais falta ... eu pelo menos sinto que estou mais empobrecida porque ... acabamos por cair numa rotina. Porque os conhecimentos estão lá, não é, esses estão ... são as estratégias, diversificar o modo de abordagem.

O que é que eu gostaria? Por exemplo, se eu tivesse tempo e no 10º ano o programa é mais pequeno e é possível a gente fazer isso,... o 11º, o programa é muito grande por isso é que nós também nunca chegamos à Geologia... mas se houvesse tempo era: eu acho extremamente importante as fichas de controlo, mas fichas, não são aquelas perguntas que a gente faz no início da aula para os situar porque eles vieram de outra disciplina ou fizeram um teste. Não. Era este tipo de fichas de controlo, extremamente importante, para nós e para eles, e depois analisar todos. Outro tipo de unidade em que a gente acaba, eu pessoalmente acabo por dar muito expositivamente, mas eu acho que há certas unidades em que há necessidade de ser expositivo, mas há outras em que a gente podia ser mais imaginativo e utilizar outro tipo de estratégia. Por exemplo, aquela ficha de iniciação do Mendel, a gente pode utilizar esse tipo numa infinidade de casos, porque lhes dá conhecimento geral, dá-lhes uma perspectiva mais alargada da ciência, não tem esse problema, deixariam de ter esse problema do que é que eu daqui tenho de saber ou não saber, começavam a perceber aquele conhecimento como um conhecimento natural, que não era para ser avaliado directamente. Mas, cá está, o tempo ... A gente acaba o curso, faz o estágio (o estágio é o ano em que a gente se preocupa com este tipo de coisas) e não estamos muito preocupadas com este tipo de estratégias que estamos a

falar aqui, é outro tipo de preocupação, é sentir-se preparado, saber responder às questões. Depois começam-se a pôr outro tipo de preocupações que é não cair no marasmo.



ANEXO 9

MODELO DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE ESPECIALISTAS EM GENÉTICA

MODELO DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE ESPECIALISTAS EM GENÉTICA

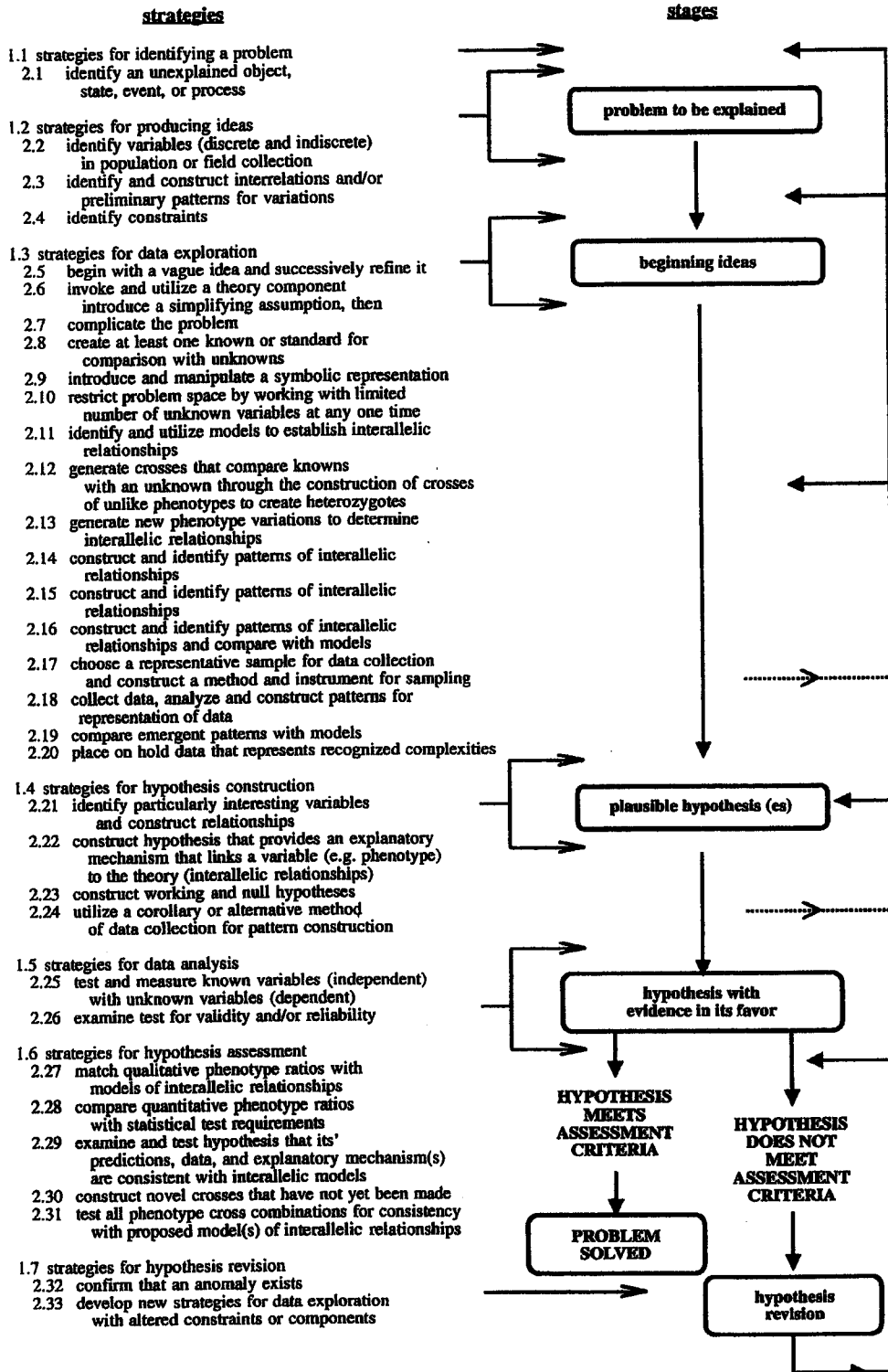


Figure 1. A general framework and pathway for problem solving that includes hypothesis construction and testing. The pathway consists of stages and strategies. Strategies are subdivided into tiers (1.1–1.7, 2.1–2.33).

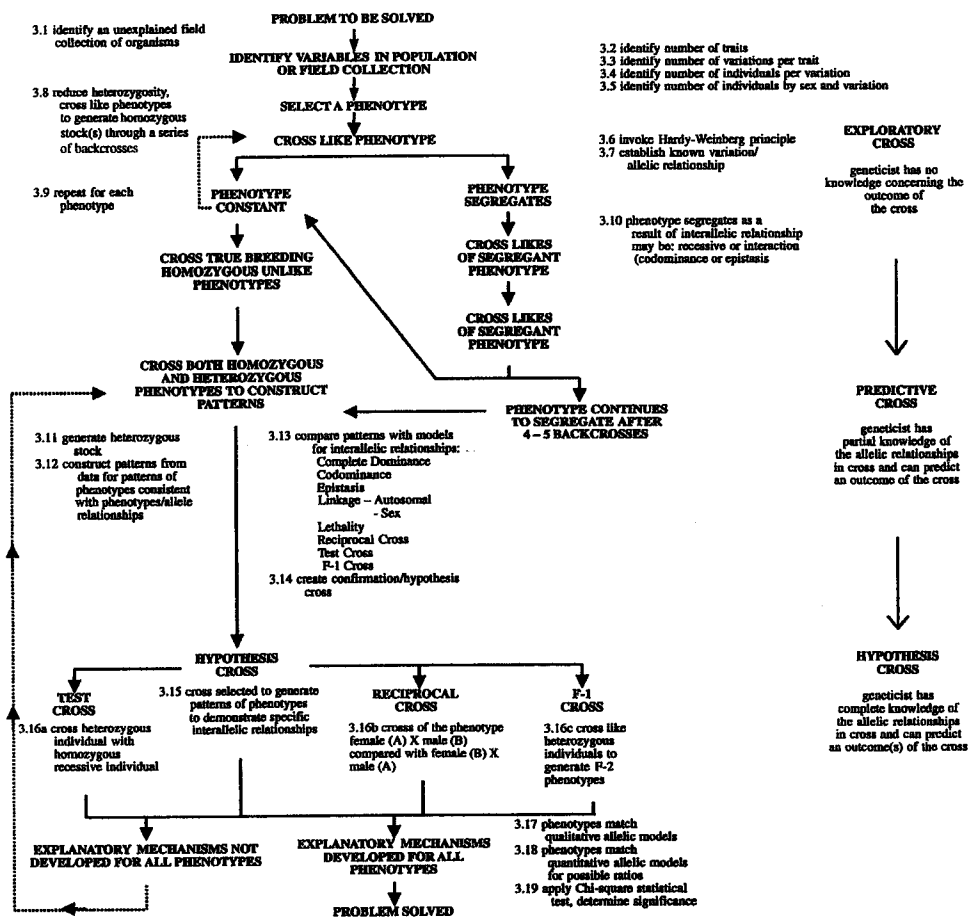


Figure 2. A pathway and strategies (3.1-3.19) used by geneticists to solve transmission genetics problems.

[Extraído de Thomson e Stewart (2003)]