

**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**

**CURSO DE MESTRADO EM MELHORAMENTO DE PLANTAS**

**IDENTIFICAÇÃO DE VARIABILIDADE GENÉTICA PARA  
RESISTÊNCIA/TOLERÂNCIA A ELEVADAS TEMPERATURAS NA FASE FINAL  
DO CICLO, EM GENÓTIPOS DE TRIGO (*Triticum* sp.)**

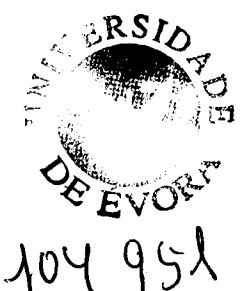
**Maria da Conceição Pereira Bagorro Gomes**

**Évora  
1999**

**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**

**CURSO DE MESTRADO EM MELHORAMENTO DE PLANTAS**

**IDENTIFICAÇÃO DE VARIABILIDADE GENÉTICA PARA  
RESISTÊNCIA/TOLERÂNCIA A ELEVADAS TEMPERATURAS NA FASE FINAL  
DO CICLO, EM GENÓTIPOS DE TRIGO (*Triticum sp.*)**



**Maria da Conceição Pereira Bagorro Gomes**

**Évora  
1999**

Dissertação apresentada para  
Obtenção do grau de Mestre em  
Melhoramento de Plantas

## ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE QUADROS	IX
RESUMO	XII
ABSTRACT	XIII
<b>1 - INTRODUÇÃO</b>	1
<b>2 - PADRÃO AMBIENTAL QUE CARACTERIZA AGRONOMICAMENTE O CLIMA MEDITERRÂNICO</b>	3
2.1 - Breves considerações	3
<b>3 - CICLO BIOLÓGICO DOS CEREAIS</b>	7
3.1 – Fases do desenvolvimento e sua relação com as etapas fenológicas e com os componentes da produção	7
3.2 - O efeito da vernalização, do fotoperíodo e da temperatura	10
3.3 - Os tipos fisiológicos e hábitos de crescimento	12
3.4 - A produção e a determinação dos componentes da produção	13
3.5 - A importância da produção de biomassa e do índice de colheita na produção final de grão e da distribuição dos assimilados	15
<b>4 - A TEMPERATURA COMO UM FACTOR LIMITANTE NO DESENVOLVIMENTO DOS CEREAIS</b>	17
4.1 - Alguns constrangimentos do factor térmico nos diferentes estadios de desenvolvimento dos cereais	18
4.2 - Os efeitos das temperaturas elevadas no período de pós-ântese	19
4.2.1 - As temperaturas elevadas e a dinâmica do enchimento do grão	20
4.2.2 - A tolerância às temperaturas de pós-ântese e sua relação com a taxa e com a duração do enchimento do grão	21
4.2.3 - A variabilidade genética do trigo na resposta às altas temperaturas de pós-ântese	24

<b>5 - ESTRATÉGIAS DE MELHORAMENTO PARA TOLERÂNCIA ÀS TEMPERATURAS ELEVADAS, EM REGIÕES DE CLIMA MEDITERRÂNICO</b>	<b>25</b>
5.1 - Melhoramento empírico <i>versus</i> analítico	25
5.2 - A importância da identificação do <i>stress</i> ambiental na escolha das estratégias de melhoramento	27
<b>6 - ENQUADRAMENTO DO ESTUDO REALIZADO. SUA INTEGRAÇÃO NO PROGRAMA DE MELHORAMENTO DO Dc/ENMP</b>	<b>28</b>
<b>7 - MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>30</b>
7.1 - Genótipos em estudo	30
7.2 - Localização dos ensaios	31
7.3 - Delineamento experimental	33
7.4 - Técnicas culturais adoptadas	34
7.5 - Dados climatológicos referentes ao ano agrícola de 1997/98	37
<b>8 - PARÂMETROS ANALISADOS E METODOLOGIA UTILIZADA</b>	<b>41</b>
8.1 - Parâmetros observados e métodos usados	41
8.2 - Parâmetros determinados e métodos adoptados	44
8.3 - Tratamento estatístico dos resultados	45
<b>9 - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b>	<b>46</b>
9.1 - Dias Grau de Crescimento (DGC) acumulados em algumas etapas morfofisiológicas do desenvolvimento	46
9.1.1 - Trigo mole, nas situações A, B e C	46
9.1.2 - Trigo rijo, nas situações A, B e C	49
9.1.3 - Cevada, nas situações A, B e C	52
9.2 - A produção de grão, os componentes da produção e outros parâmetros de interesse agronómico, nos genótipos de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo)	54
9.2.1 - Na situação cultural A	55
9.2.2 - Na situação cultural B	59
9.2.3 - Na situação cultural C	61
9.2.4 – Interpretação resumida do comportamento do germoplasma de trigo mole nas três situações contrastantes	66
9.2.4.1 - O germoplasma de trigo mole de ciclo de primavera <i>versus</i> alternativo	70

9.2.5 - Correlação entre a produção de grão, componentes da produção e outros parâmetros agronómicos, nos 12 genótipos de trigo mole	73
 9.3 - A produção de grão, os componentes da produção e outros parâmetros de interesse agronómico, nos genótipos de trigo rijo	77
9.3.1 - Na situação cultural A	77
9.3.2 - Na situação cultural B	79
9.3.3 - Na situação cultural C	81
9.3.4 - Interpretação resumida do comportamento do germoplasma de trigo rijo nas três situações contrastantes	83
9.3.5 - Correlação entre a produção de grão, componentes da produção e outros parâmetros agronómicos, nos nove genótipos de trigo rijo	88
 9.4 - A produção de grão, os componentes da produção e outros parâmetros de interesse agronómico, nos genótipos de cevada	91
9.4.1 - Na situação cultural A	91
9.4.2 - Na situação cultural B	93
9.4.3 - Na situação cultural C	95
9.4.4 - Interpretação resumida do comportamento do germoplasma de cevada nas três situações contrastantes	97
9.4.5 - Correlação entre a produção de grão, componentes da produção e outros parâmetros agronómicos, nos quatro genótipos de cevada	101
 9.5 - Avaliação da sensibilidade do germoplasma em estudo às temperaturas máximas médias no período de desenvolvimento do grão	103
9.5.1 - Trigo mole	104
9.5.2 - Trigo rijo	107
9.5.3 – Cevada	109
 <b>10 – CONCLUSÕES</b>	111
 <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	113
 <b>AGRADECIMENTOS</b>	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Descrição	Página
1	Distribuição dos ambientes mediterrânicos no Mundo	3
2	Precipitação de Inverno (Out. a Fev.), precipitação de Primavera (Mar. a Jun.) e número total de dias da precipitação anual para o período de 1988/89 a 1997/98 em Elvas	6
3	Diagrama representativo das diferentes fases do crescimento e desenvolvimento dos cereais: Sementeira (Sm), Emergência (Em), Iniciação foliar (If), <i>Double ridge</i> (Dr), Iniciação da espigueta terminal (Et), Espigamento (Ep), Ântese (At), Início do enchimento do grão (Ieg), Maturação fisiológica (Mf) e Colheita (Ct); relação de cada uma das fases com a formação dos componentes de produção	10
4	Diagrama dos principais componentes da produção de grão	15
5	Produção de grão de duas variedades de trigo em condições favoráveis (Ambiente B) e desfavoráveis (Ambiente A)	28
6	Causalização do ensaio, para todas as situações contrastantes (A, B e C), no ano agrícola de 1997/98	35
7	Evolução das temperaturas máxima e mínima diárias, nos meses de Março a Julho de 1995 e 1998. Período de enchimento do grão nas três situações contrastantes (A, B e C)	38
8	Precipitação mensal e número total de dias do ano agrícola de 1997/98 e precipitação mensal média dos últimos 30 anos em Elvas	40
9	Planta de trigo mostrando seis folhas e três filhos, no colmo principal	42
10	A produção de grão (kg/ha) por genótipo de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo) nas três situações contrastantes (A, B e C)	66
11	O nº espigas/m <sup>2</sup> por genótipo de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo) nas três situações contrastantes (A, B e C)	67
12	O nº grãos/m <sup>2</sup> por genótipo de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo) nas três situações contrastantes (A, B e C)	67
13	A biomassa à ântese (kg/ha) por genótipo de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo) nas três situações contrastantes (A, B e C)	68
14	A biomassa à maturação (kg/ha) por genótipo de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo) nas três situações contrastantes (A, B e C)	69

15	O peso de 1000 grãos (g) por genótipo de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo) nas três situações contrastantes (A, B e C)	69
16	O índice de colheita (%) por genótipo de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo) nas três situações contrastantes (A, B e C)	70
17	Para cada situação contrastante (A, B e C), as médias da produção de grão (kg/ha), nº espigas/m <sup>2</sup> , nº grãos/m <sup>2</sup> , biomassa à ântese e à maturação (kg/ha), no germoplasma de ciclo de primavera e alternativo	71
18	Para cada situação contrastante (A, B e C), as médias do peso de 1000 grãos (g), massa do hectolitro (kg/hl) e índice de colheita (%), no germoplasma de ciclo de primavera e alternativo	71
19	Germoplasma de primavera <i>versus</i> alternativo: médias da produção de grão (kg/ha), nº grãos/m <sup>2</sup> , nº espigas/m <sup>2</sup> , biomassa à ântese (kg/ha) e biomassa à maturação (kg/ha) nas três situações contrastantes (A, B e C)	72
20	Germoplasma de primavera <i>versus</i> alternativo: médias do peso 1000 grãos (g), massa do hectolitro (kg/hl) e índice de colheita (%) nas três situações contrastantes (A, B e C)	73
21	A produção de grão (kg/ha) por genótipo de trigo rijo nas três situações contrastantes (A, B e C)	84
22	O nº espigas/m <sup>2</sup> por genótipo de trigo rijo nas três situações contrastantes (A, B e C)	84
23	O nº grãos/m <sup>2</sup> por genótipo de trigo rijo nas três situações contrastantes (A, B e C)	85
24	O peso de 1000 grãos (g) por genótipo de trigo rijo nas três situações contrastantes (A, B e C)	85
25	A biomassa à ântese (kg/ha) por genótipo de trigo rijo nas três situações contrastantes (A, B e C)	86
26	A biomassa à maturação (kg/ha) por genótipo de trigo rijo nas três situações contrastantes (A, B e C)	87
27	O índice de colheita (%) por genótipo de trigo rijo nas três situações contrastantes (A, B e C)	87
28	A produção de grão (kg/ha) por genótipo de cevada nas três situações contrastantes (A, B e C)	97

29	O nº espigas/m <sup>2</sup> por genótipo de cevada nas três situações contrastantes (A, B e C)	98
30	O nº grãos/m <sup>2</sup> por genótipo de cevada nas três situações contrastantes (A, B e C)	99
31	O peso de 1000 grãos (g) por genótipo de cevada nas três situações contrastantes (A, B e C)	99
32	A biomassa à ântese (kg/ha) por genótipo de cevada nas três situações contrastantes (A, B e C)	100
33	A biomassa à maturação (kg/ha) por genótipo de cevada nas três situações contrastantes (A, B e C)	101
34	O índice de colheita (%) por genótipo de cevada nas três situações contrastantes (A, B e C)	101
35	O número potencial de grãos e a redução no nº grãos/m <sup>2</sup> e no peso 1000 grãos (g) no germoplasma de trigo mole (ciclo de primavera)	105
36	O peso potencial do grão e a redução no nº grãos/m <sup>2</sup> e no peso 1000 grãos (g) no germoplasma de trigo mole (ciclo de primavera)	106
37	O peso potencial do grão e a redução no nº grãos/m <sup>2</sup> e no peso 1000 grãos (g) no germoplasma de trigo rijo	108
38	O número potencial de grãos e a redução no nº grãos/m <sup>2</sup> e no peso 1000 grãos (g) no germoplasma de trigo rijo	108
39	O número potencial de grãos e a redução no nº grãos/m <sup>2</sup> e no peso 1000 grãos (g) no germoplasma de cevada	109
40	O peso potencial de grãos e a redução no nº grãos/m <sup>2</sup> e no peso 1000 grãos (g) no germoplasma de cevada	110

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro	Descrição	Página
I	Temperaturas máximas mensais, média mensal e média anual (°C), e respectivos coeficientes de variação (%) e desvio padrão, registadas em Elvas entre os anos agrícolas de 1988/1989 e 1997/1998	5
II	O efeito da temperatura no peso do grão à maturação, na taxa e na duração do enchimento do grão do trigo (experiência I)	22
III	O efeito da temperatura no peso do grão à maturação, na taxa e na duração do enchimento do grão do trigo (experiência II)	23
IV	Genealogia, origem e principais características dos 25 genótipos (12 de trigo mole, nove de trigo rijo e quatro de cevada) utilizados nos ensaios de 1997/98	32
V	Densidade de sementeira, por ensaio e por espécie	34
VI	Técnicas culturais adoptadas	36
VII	Perfis das temperaturas máxima e mínima durante o período de enchimento do grão nas três situações contrastantes (A, B e C)	39
VIII	Comparação entre a precipitação mensal (mm) no ano agrícola de 1997/98 e a média dos últimos 30 anos, assim como o número de dias de chuva, em Elvas	40
IX	Dias Grau de Crescimento acumulados pelos genótipos de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo) em algumas etapas morfofisiológicas do desenvolvimento, nas três situações em estudo (A, B e C)	47
X	Dias Grau de Crescimento acumulados pelos genótipos de trigo rijo em algumas etapas morfofisiológicas do desenvolvimento, nas três situações em estudo (A, B e C)	50
XI	Dias Grau de Crescimento acumulados pelos genótipos de cevada em algumas etapas morfofisiológicas do desenvolvimento, nas três situações em estudo (A, B e C)	53
XII	Média, teste de Duncan e análise de variância da produção de grão e dos componentes da produção nos genótipos de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo), na situação A	57
XIII	Média, teste de Duncan e análise de variância de alguns parâmetros de interesse agronómico nos genótipos de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo), na situação A	58

XIV	Média, teste de Duncan e análise de variância da produção de grão e dos componentes da produção nos genótipos de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo), na situação B	60
XV	Média, teste de Duncan e análise de variância de alguns parâmetros de interesse agronómico nos genótipos de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo), na situação B	62
XVI	Média, teste de Duncan e análise de variância da produção de grão e dos componentes da produção nos genótipos de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo), na situação C	63
XVII	Média, teste de Duncan e análise de variância de alguns parâmetros de interesse agronómico nos genótipos de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo), na situação C	65
XVIII	Coeficientes de correlação ( $r$ ), entre a produção de grão, os componentes da produção e outros parâmetros agronómicos determinados em 12 genótipos de trigo mole, na situação A	74
XIX	Coeficientes de correlação ( $r$ ), entre a produção de grão, os componentes da produção e outros parâmetros agronómicos determinados em 12 genótipos de trigo mole, na situação B	75
XX	Coeficientes de correlação ( $r$ ), entre a produção de grão, os componentes da produção e outros parâmetros agronómicos determinados em 12 genótipos de trigo mole, na situação C	76
XXI	Média, teste de Duncan e análise de variância da produção de grão e dos componentes da produção nos genótipos de trigo rijo na situação A	78
XXII	Média, teste de Duncan e análise de variância de alguns parâmetros de interesse agronómico nos genótipos de trigo rijo na situação A	78
XXIII	Média, teste de Duncan e análise de variância da produção de grão e dos componentes da produção nos genótipos de trigo rijo na situação B	80
XXIV	Média, teste de Duncan e análise de variância de alguns parâmetros de interesse agronómico nos genótipos de trigo rijo na situação B	80
XXV	Média, teste de Duncan e análise de variância da produção de grão e dos componentes da produção nos genótipos de trigo rijo na situação C	82
XXVI	Média, teste de Duncan e análise de variância de alguns parâmetros de interesse agronómico, nos genótipos de trigo rijo na situação C	82
XXVII	Coeficientes de correlação ( $r$ ) entre a produção de grão, os componentes da produção e outros parâmetros agronómicos determinados em nove genótipos de trigo rijo, na situação A	88

XXVIII	Coeficientes de correlação ( <i>r</i> ) entre a produção de grão, os componentes da produção e outros parâmetros agronómicos determinados em nove genótipos de trigo rijo, na situação B	89
XXIX	Coeficientes de correlação ( <i>r</i> ) entre a produção de grão, os componentes da produção e outros parâmetros agronómicos determinados em nove genótipos de trigo rijo, na situação C	90
XXX	Média, teste de Duncan e análise de variância da produção de grão e dos componentes da produção nos genótipos de cevada na situação A	92
XXXI	Média, teste de Duncan e análise de variância de alguns parâmetros de interesse agronómico nos genótipos de cevada na situação A	92
XXXII	Média, teste de Duncan e análise de variância da produção de grão e dos componentes da produção nos genótipos de cevada na situação B	94
XXXIII	Média, teste de Duncan e análise de variância de alguns parâmetros de interesse agronómico nos genótipos de cevada na situação B	94
XXXIV	Média, teste de Duncan e análise de variância da produção de grão e dos componentes da produção nos genótipos de cevada na situação C	96
XXXV	Média, teste de Duncan e análise de variância de alguns parâmetros de interesse agronómico nos genótipos de cevada na situação C	96
XXXVI	Coeficientes de correlação ( <i>r</i> ) entre a produção de grão, os componentes da produção e outros parâmetros agronómicos determinados em quatro genótipos de cevada, na situação A	102
XXXVII	Coeficientes de correlação ( <i>r</i> ) entre a produção de grão, os componentes da produção e outros parâmetros agronómicos determinados em quatro genótipos de cevada, na situação B	102
XXXVIII	Coeficientes de correlação ( <i>r</i> ) entre a produção de grão, os componentes da produção e outros parâmetros agronómicos determinados em quatro genótipos de cevada, na situação C	103
XXXIX	Resposta dos genótipos de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo) à subida da temperatura máxima média durante a ântese e o desenvolvimento do grão. Redução percentual entre os valores das situações A e B	105
XL	Resposta dos genótipos de trigo rijo à subida da temperatura máxima média durante a ântese e o desenvolvimento do grão. Redução percentual entre os valores das situações A e B	107
XLI	Resposta dos genótipos de cevada à subida da temperatura máxima média durante a ântese e o desenvolvimento do grão. Redução percentual entre os valores das situações A e B	109

## RESUMO

Nas regiões sob forte influência mediterrânea, o *stress* térmico que ocorre nas fases de pré-ântese, ântese e, sobretudo, na fase de enchimento do grão, é um importante constrangimento abiótico, por reduzir a produção/ha ao diminuir o número de grãos por unidade de área e o peso do grão.

No presente trabalho procurámos avaliar, em condições de campo, o comportamento ecofisiológico de 25 variedades de três espécies distintas: 12 de trigo mole (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*), nove de trigo rijo (*Triticum turgidum* conv. *durum*) e quatro de cevada (três *Hordeum vulgare* conv. *distichon* e uma *Hordeum vulgare* conv. *hexastichon*), em situações de regadio e de sequeiro, com o objectivo de melhor compreendermos alguns: dos mecanismos genéticos e fisiológicos na resposta das plantas às altas temperaturas; dos parâmetros fenotípicos correlacionados com a produção e, simultaneamente, identificarmos variabilidade genética às temperaturas elevadas, como base para a definição de critérios de selecção.

Os resultados obtidos mostraram que na situação cultural de regadio, o efeito da temperatura incidiu ao nível da *source*, prejudicando a produção e o transporte de assimilados para o grão, reduzindo o seu peso. Por outro lado, na situação de sequeiro a influência negativa parece ter sido ao nível da *sink*, traduzindo-se na redução do nº grãos/m<sup>2</sup> verificando-se, neste caso, alguma compensação no enchimento do grão.

O aumento do índice de colheita (%) na situação cultural menos favorável, mostrou a existência de matéria seca estrutural que não é utilizada, aparentemente, na produção de grão, fenómeno merecedor de futuros estudos.

Foi possível encontrar, no germoplasma em estudo, a existência de variabilidade genética na resposta às altas temperaturas nas fases de pré-ântese, ântese e enchimento do grão.

A obtenção de germoplasma com resistência ou tolerância às temperaturas elevadas, constitui uma importante preocupação do programa de melhoramento de cereais da Estação Nacional de Melhoramento de Plantas, sobretudo, quando assistimos desde há alguns anos ao aumento das áreas de regadio, onde a maximização do potencial produtivo das cultivares é determinante.

**Palavras-chave:** trigo mole, trigo rijo, cevada, variabilidade genética, ecofisiologia, *stress* térmico, componentes da produção

## ABSTRACT

Heat stress, in regions under strong mediterranean influence, before anthesis, during anthesis and, mainly, during grain filling period, is an important abiotic constraint, reducing yields/ha by decreasing the number of grains per area and grain weight.

This study tried to evaluate, in field conditions, the ecophysiological behaviour of 25 varieties of three different species: 12 Bread wheat (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*), nine Durum wheat (*Triticum turgidum* conv. *durum*) and four Barley (three *Hordeum vulgare* conv. *distichon* and one *Hordeum vulgare* conv. *hexastichon*), in rainfed and irrigated conditions, with the objective to better understand some of the genetic and physiological mechanisms of plants to high temperatures; phenotypic parameters correlated with yield and, simultaneously, to identify genetic variability to high temperatures, in order to define selection procedures.

Results pointed out that, in irrigated conditions, temperatures effects were seem at source level, influencing the production and translocation of assimilates to the grain, reducing its height. In the other hand, in rainfed conditions it seems that it was at sink level that temperatures negatively influenced the number of grains /m<sup>2</sup>, but with compensation on grain filling.

The increase of harvest index (%) in rainfed situation, showed that “structural” dry matter is not utilised, apparently, for grain production, but further studies are needed.

It was possible to find within the studied germplasm, genetic variability to high temperatures during pre-anthesis, anthesis and grain filling period.

The obtention of germplasm with resistance/tolerance to high temperatures is a concern in Cereal Department of National Plant Breeding Station, due to the increase of irrigated areas, since some years ago, where the maximisation of yield potential of cultivars is paramount.

**Key words:** Bread wheat, Durum wheat, Barley, genetic variability, ecophysiology, heat stress, yield components

## 1- INTRODUÇÃO

Estima-se que 60 a 80% das variações sazonais na produtividade das culturas se devem a flutuações ambientais (Hayward & Breese, 1993), situação bem evidente em regiões sob clima mediterrânico em que as disponibilidades hídricas se concentram no período invernal, com uma forte aleatoriedade, e as temperaturas apresentam subidas bruscas ao longo do ano, com especial incidência no início da Primavera e no Verão. Em termos de cultura dos cereais, a procura de soluções que minimizem as fracas produções anuais e conduzam a uma regular estabilidade dos rendimentos de grão é uma necessidade que se torna imperiosa, sobretudo nos países confrontados com uma livre competição resultante de uma abertura de mercado.

Uma provável via a seguir passa pela modernização da agricultura, convertendo um tipo tradicional num sistema agrícola sustentável, apoiada não só no domínio e prática de novas técnicas agrícolas mas também no recurso a variedades que possam expressar todo o seu potencial produtivo nas condições edáfo-climáticas específicas em que se desenvolvem.

Neste aspecto, a ciência agronómica entendida como Norman a definiu em 1980, como sendo "a Ciência que manipula o complexo cultura/ambiente com o duplo objectivo de melhorar a produtividade agrícola e ganhar uma profunda compreensão sobre os processos envolvidos", tem uma grande ajuda a prestar. Contudo, entendemos que caberá ao Melhoramento de Plantas a construção de combinações genéticas superiores, que apresentem flexibilidade de resposta a qualquer determinismo climático imprevisível.

É essencial o conhecimento de todos os factores bióticos e abióticos que constituem *stress*<sup>1</sup> para o desenvolvimento das plantas, a sua frequência e intensidade (Dias, 1998). O moderno melhorador de plantas está cada vez mais preocupado não só em entender e identificar quais são as características morfofisiológicas ligadas com a produtividade, mas também em conhecer a influência dos condicionalismos ambientais na vulgar expressão dos genótipos. Daí recorrer ao saber no campo da ecofisiologia, no sentido de desenvolver variedades com comportamento ajustado ao ambiente em que crescem.

Neste contexto e inserido no programa do Departamento de Cereais da ENMP, procurámos verificar de que forma a temperatura pode limitar a produção de grão dos cereais ao influenciar todas as etapas do seu ciclo cultural, sobretudo durante o enchimento do grão e, de acordo com McDonald *et al.*(1983), se a forte interacção do factor térmico com o genótipo

---

<sup>1</sup> Não havendo um termo para a tradução directa da palavra *stress*, utiliza-se a nomenclatura inglesa para definir o efeito de uma ou várias limitações provocadas nas plantas por factores bióticos ou abióticos. Aqui, referimo-nos sempre a factores abióticos.

não teve um efeito linear, tentámos identificar variabilidade genética no germoplasma, em resposta à temperatura.

De referir que o incentivo para este estudo apareceu na sequência de sermos confrontados com a ocorrência de irregularidades na produtividade do trigo em condições de regadio, com dotações de água e nutrições equilibradas, ou seja, em situações onde, à partida, o *stress* hídrico e nutricional estariam eliminados. Estas oscilações na produção parecem indicar que são os aumentos da temperatura e do défice de pressão de vapor da atmosfera que provocam *stress*, exercendo um efeito negativo.

A preocupação assentou na obtenção de plantas com mecanismos de escape ou resistência, ou seja, portadoras de características fisiológicas que lhes permitam ser tolerantes ou resistentes ao *stress* térmico e, consequentemente, promover um melhor ajustamento das mesmas ao ambiente mediterrânico.

## 2 - PADRÃO AMBIENTAL QUE CARACTERIZA AGRONOMICAMENTE O CLIMA MEDITERRÂNICO

### 2.1 - Breves considerações

O clima do tipo mediterrânico é uma raridade, ocupando uma pequena área das terras emersas do globo: 1,5 a 2% da superfície terrestre (Feio, 1991).

A Figura 1 ilustra a distribuição dos ambientes mediterrânicos no Mundo.



(Adaptado de Loss & Siddique, 1994)

Fig. 1 - Distribuição dos ambientes mediterrânicos no Mundo.

Possui características originais que o tornam único entre todos os climas do Mundo. Basicamente é caracterizado por um Verão quente e seco, com forte evapotranspiração durante a fase de enchimento do grão e elevada probabilidade de ocorrência de carência hídrica no final do ciclo das culturas, e por um Inverno frio, mas sem temperaturas gélidas, onde se concentra a precipitação embora a sua distribuição seja errática.

Da conjugação temperatura/humidade resulta o principal factor de desenvolvimento da planta, mas o facto destes dois factores não se ajustarem neste ambiente climático faz com que ele não seja favorável para a generalidade das culturas de sequeiro, principalmente na estação de temperaturas mais elevadas, quando a humidade do solo é insuficiente para satisfazer as necessidades dessas culturas.

Para melhor ilustrar esta variação, podemos recorrer aos parâmetros climáticos, temperatura e precipitação, usando os dados obtidos no posto meteorológico da Estação Nacional de Melhoramento de Plantas, em Elvas que, ao situar-se numa zona privilegiada do Alentejo, pode servir como exemplo de uma região sob influência mediterrânica. Os valores

eleitos correspondem ao período entre os anos agrícolas de 1988/89 e 1997/98 que consideramos uma duração satisfatória para descrição.

A temperatura é o elemento climático que apresenta, de certo modo, uma evolução anual cíclica; a temperatura média varia regularmente ao longo do ano, sendo o Inverno a estação mais fria e o Verão a mais quente.

Para as culturas cerealíferas, são as temperaturas máximas as mais limitantes; são elas que preocupam o agricultor por ocorrerem em fases críticas do desenvolvimento das plantas, reduzindo substancialmente produções potenciais que, esperançosamente, se julgam prometedoras.

No Quadro I apresentamos os valores das temperaturas máximas médias mensais e as médias anuais para o referido grupo de 10 anos agrícolas. Verificamos que, neste período, os meses de Novembro, Dezembro, Janeiro e Fevereiro são os que têm os dados médios mais baixos ( $18.05^{\circ}\text{C}$ ,  $14.30^{\circ}\text{C}$ ,  $13.60^{\circ}\text{C}$  e  $15.62^{\circ}\text{C}$ , respectivamente); ao mesmo tempo, o desvio padrão de cada um deles é o mais baixo do conjunto (0.88, 1.01, 0.92 e 1.46 respectivamente), sendo o coeficiente de variação também pouco elevado (4.89%, 7.06%, 6.80% e 9.33%), o que testemunha uma fraca variação dos valores das temperaturas máximas médias nestes meses.

Em Março e Abril há uma subida, havendo anos (como são os casos de 1991/92, 1993/94 e 1996/97) em que os valores são superiores a  $20^{\circ}\text{C}$ ; estas temperaturas máximas ocorrem muitas vezes numa altura em que os cereais, quer os de sequeiro quer os de regadio, estão na fase reprodutiva, altamente susceptível a “golpes de calor” que, associados a situações de falta de água e aumento da radiação solar, causam graves perdas na viabilidade do pólen e aceleram a senescência das folhas.

Para estes dois meses, os valores do desvio padrão (2.59 e 1.97, respectivamente) e do coeficiente de variação (12.94% e 9.27%) são altos, o que nos traduz a variabilidade das temperaturas nesta época, ao longo dos anos analisados.

O panorama não é mais animador para os meses que se seguem (Maio, Junho, Julho e Agosto), atravessando as culturas cerealíferas a fase de enchimento do grão sob condições térmicas pouco favoráveis, podendo mesmo registar-se *stress* térmico. Anualmente, os valores de Julho e Agosto são cíclicos, facto que é demonstrado pelo baixo coeficiente de variação (4.61% para o primeiro e 4.20% para o segundo).

Não podemos deixar de tecer um comentário a respeito do mês de Outubro: elevados coeficiente de variação (11.23%) e desvio padrão (2.62) são provavelmente devidos ao facto de, em alguns anos como 1988/89, 1995/96 e 1997/98, se verificar um prolongamento das

Quadro I - Temperaturas máximas mensais, média mensal e média anual (°C), e respectivos coeficiente de variação (%) e desvio padrão, registadas em Elvas entre os anos agrícolas de 1988/89 e 1997/98.

Anos	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Junho	Julho	Agosto	Média anual
<b>1988/89</b>	32.00	25.00	17.90	14.00	14.00	15.80	18.90	17.30	26.00	30.10	35.80	33.80	22.23
<b>1989/90</b>	28.90	24.90	18.30	14.90	13.40	16.90	19.30	18.80	25.20	29.40	31.10	35.70	23.07
<b>1990/91</b>	30.40	22.10	17.10	12.20	13.30	13.60	16.90	20.00	26.70	31.10	35.20	35.30	22.83
<b>1991/92</b>	32.00	21.40	17.90	14.00	11.60	15.30	21.10	22.10	27.30	25.20	34.60	35.20	23.14
<b>1992/93</b>	30.90	20.60	19.30	13.90	13.90	15.60	17.50	20.30	21.50	28.00	34.60	32.60	22.39
<b>1993/94</b>	26.00	18.90	16.70	13.30	13.30	15.10	21.60	20.90	23.70	30.80	34.70	34.50	22.46
<b>1994/95</b>	27.60	23.10	19.10	15.20	14.80	16.20	19.70	24.10	27.70	30.90	34.20	35.50	24.01
<b>1995/96</b>	28.90	27.50	18.80	15.20	13.90	13.60	17.20	21.80	23.00	32.90	34.20	31.80	23.23
<b>1996/97</b>	27.40	24.50	18.30	15.10	13.60	18.10	24.60	24.20	24.40	26.40	31.70	33.90	23.52
<b>1997/98</b>	30.60	25.70	17.10	15.20	14.60	16.20	22.10	19.10	24.20	31.00	35.80	35.90	23.96
<b>Média Mensal</b>	29.47	23.37	18.05	14.30	13.60	15.62	20.00	21.26	24.86	29.52	34.01	34.49	
<b>Coef. Var. (%)</b>	6.92	11.23	4.89	7.06	6.80	9.33	12.94	9.27	8.33	8.50	4.61	4.20	
<b>Desvio Padrão</b>	2.04	2.62	0.88	1.01	0.92	1.46	2.59	1.97	2.07	2.51	1.57	1.45	

temperaturas máximas de Verão. Estas condições com frequência condicionam as sementeiras de Outono.

Por outro lado, a extrema irregularidade inter e intranual da precipitação é uma constante nas regiões sob este tipo climático – Fig. 2 - podendo mesmo ocorrer, como se está a verificar nestes últimos tempos, anos sucessivos em que a queda pluviométrica é muito baixa (1991/92 - 1994/95); a chuva encontra-se concentrada no Inverno (Outubro a Fevereiro) e escasseia nos meses de Março a Junho, quando as culturas se encontram mais dependentes.

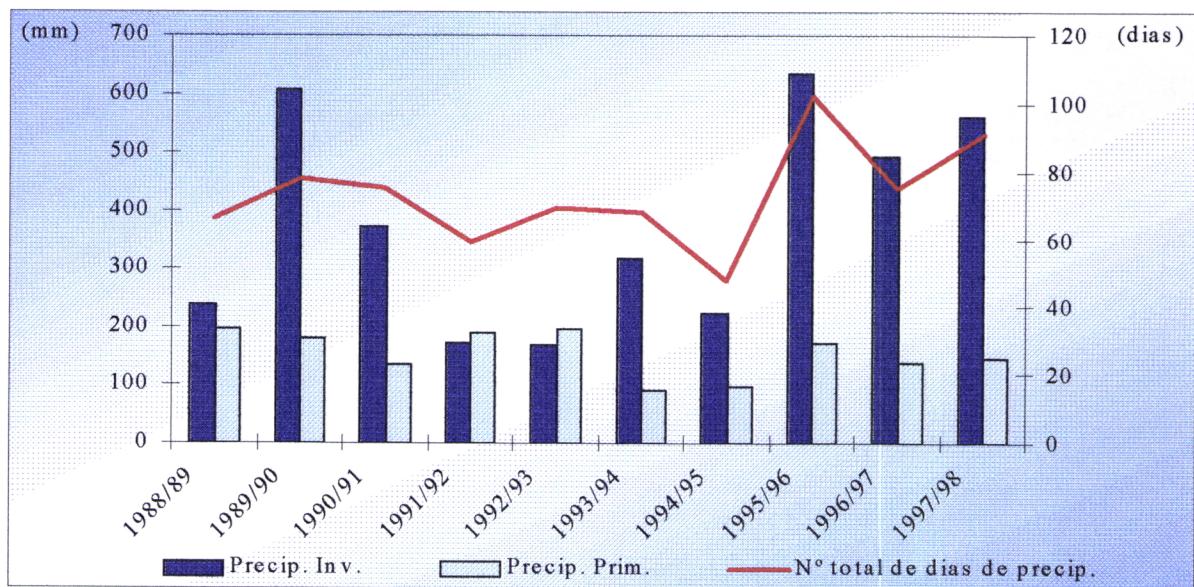


Fig.2 - Precipitação de Inverno (Out. a Fev.), precipitação de Primavera (Mar. a Jun.) e número total de dias da precipitação anual para o período de 1988/89 a 1997/98 em Elvas

Do ponto de vista agronómico, esta variabilidade climática traduz-se em limitações na condução das culturas cerealíferas. A incerteza do início da estação das chuvas condiciona a data de sementeira e levanta o problema da escolha da variedade mais adequada. A irregular quantidade e duração da pluviosidade Outono-invernal limita não só as adubações azotadas a fornecer às plantas e os esquemas de herbicidas a utilizar, mas também a possibilidade real destas operações poderem ser executadas em tempo oportuno (Carvalho, 1994). A quase ausência de chuva e a temperatura de Primavera interferem na época de espigamento mais favorável, sendo particularmente influentes na fase de formação e enchimento do grão ocasionando, por vezes, défice hídrico e *stress* térmico.

Este clima pode apresentar outros condicionalismos, constituindo alguns deles verdadeiros *stresses* para o desenvolvimento do ciclo dos cereais:

- as grandes flutuações que de ano para ano se verificam na quantidade, frequência e duração das precipitações podem conduzir a situações extremas de encharcamento ou seca;

- a possibilidade de ocorrência de geadas tardias (em Abril), que podem danificar a parte terminal das espigas;
- temperaturas altas e forte evaporação numa fase crítica para as plantas, quando a água disponível no solo é já limitada;
- aparecimento dos ventos secos de Leste, durante o período do enchimento do grão.

Nestes ambientes, a quantidade de carbohidratos e compostos azotados acumulados nos órgãos vegetativos antes da ântese é bastante importante, porque o calor e a secura na fase reprodutiva limitam a fotossíntese e, consequentemente, a produção de grão passa a depender essencialmente da translocação dos assimilados de pré-ântese (Papakosta & Gagianas, 1991).

Apesar destes constrangimentos, de acordo com Loss & Siddique (1994), as regiões mediterrânicas são responsáveis por 10-15% da produção mundial de trigo; estes valores, ainda que pouco significativos, são o reflexo não só de avanços no potencial genético do rendimento das variedades usadas, com consequente ajustamento fenológico, como também duma evolução nas práticas culturais, através da aquisição da maquinaria mais adequada e o recurso a fertilizantes e herbicidas.

Tudo porque a cultura dos cereais nestes ambientes tem uma relevante importância social e económica: eles fornecem a matéria prima para o principal alimento das populações, o pão e, ao mesmo tempo, são essenciais para a manutenção da actividade agrícola, primordial para a maioria dos agricultores na quase ausência de alternativas adequadas para a reconversão dos seus sistemas.

### **3 - CICLO BIOLÓGICO DOS CEREAIS**

#### **3.1- Fases do desenvolvimento e sua relação com as etapas fenológicas e com os componentes da produção**

O ciclo de desenvolvimento dos cereais, apesar de ser um processo contínuo, pode considerar-se dividido em várias fases, cada uma das quais caracterizada por importantes alterações na morfologia e fisiologia e/ou função dos órgãos da planta, que conduzem ao aparecimento sequencial dos componentes da produção. Hammes & Marshall (1980) e Bellido (1991), distinguiram três grandes períodos:

**1) Período vegetativo**, entre a emergência e o estadio de aresta dupla<sup>2</sup> (diferenciação das espiguetas). Nesta fase ocorrem o crescimento das raízes, o aparecimento das sucessivas folhas, a organização do meristema apical e o afilhamento que se inicia, normalmente, com a emissão da 4<sup>a</sup> folha.

Neste período, o número potencial de plantas/m<sup>2</sup> fica determinado (Hay & Kirby, 1991).

- Durante o desenvolvimento vegetativo, os assimilados exportados pelas folhas são distribuídos através da planta, particularmente para as regiões meristemáticas em crescimento. A contribuição do colmo principal é importante desde o início do afilhamento até ao encanamento, momento a partir do qual diminui a transferência entre os filhos (Evans & Wardlaw, 1996).

**2) Período reprodutivo**, que vai desde o estadio de diferenciação das espiguetas até à floração ou ântese.

Nesta fase ocorre a morte de alguns filhos produtivos. A extensão e o momento em que tal sucede são determinados pelo grau de competição entre as plantas (Kirby & Appleyard, 1987), ou pelas condições de *stress* a que as mesmas estão sujeitas. Não existe um consenso sobre a causa da morte dos filhos; no entanto, a falta de nutrientes parece ser determinante (Coutinho, 1998).

Também se verifica o rápido alongamento dos colmos, a continuação do crescimento do sistema radical e o fim da expansão das folhas superiores.

Os diferentes órgãos em crescimento competem intensamente por assimilados, que são importantes no desenvolvimento da inflorescência para a determinação do rendimento potencial e subsequente tamanho da *sink*<sup>3</sup> (Evans & Wardlaw, 1976).

À ântese, o nº de espigas/planta e, como consequência, o nº de espigas/m<sup>2</sup> estão perfeitamente determinados. O nº de espiguetas/espiga, é definido num curto espaço de tempo, que medeia a formação da primeira espigueta e a espigueta terminal (Coutinho, 1998).

A determinação do nº de grãos/espigueta é um processo mais complexo (Hay & Kirby, 1991). Os primórdios florais iniciam-se nas espiguetas centrais, antes da iniciação da espigueta terminal (Kirby & Appleyard, 1987), até atingirem o máximo de sete a dez primórdios por espigueta. Neste período de rápido crescimento da espigueta e da redução do números de filhos formados, uma parte significativa das flores degenera de forma que, à

<sup>2</sup> O termo aresta dupla é adoptado da tradução do termo inglês *double ridge* para língua portuguesa, no livro “Anatomia das plantas com semente” de Esau (1974).

<sup>3</sup> Pela mesma razão usamos o termo inglês *sink* para traduzir os órgãos da planta com capacidade para armazenar ou consumir fotoassimilados.

ântese, somente três a quatro flores férteis por espigueta é usual encontrar, sobretudo nos ambientes mediterrânicos (Kirby, 1988; Siddique *et al.*, 1989).

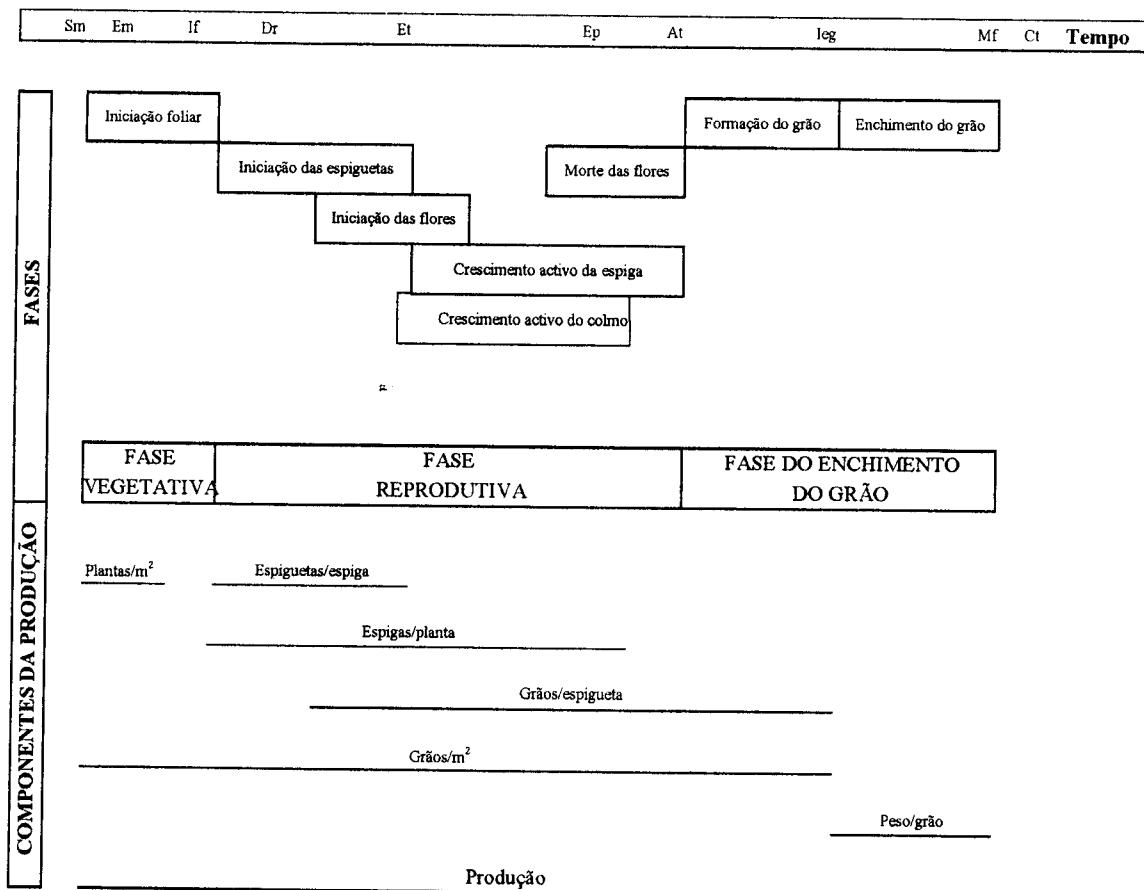
### **3) Período de enchimento do grão**, durante o qual se verifica a formação e maturação deste.

O crescimento dos colmos cessa após a ântese e, no desenvolvimento dos grãos, segundo Loss & Siddique (1994), podem ser consideradas três fases: na primeira ocorre um crescimento exponencial, durante o qual as células do endosperma se dividem rapidamente e o tamanho potencial do grão fica determinado. Na segunda fase há um crescimento constante (quando expresso em Dias Grau de Crescimento), com acumulação de amido no endosperma. A terceira, que começa com a deposição dos lípidos no grão, acaba com uma redução na taxa de crescimento até que o peso máximo do grão é atingido. Os assimilados destinados ao grão podem ser provenientes da fotossíntese realizada pela folha bandeira ou pela espiga, sobretudo em cultivares aristadas (Evans & Wardlaw, 1996) ou da translocação de fotoassimilados de reserva armazenados nos caules e bainhas foliares.

Nas cultivares de trigo aristadas, cerca de 33% dos requisitos para o crescimento do grão têm origem na fotossíntese realizada na espiga durante este período, reduzindo-se esta percentagem para cerca de 20% quando as variedades são míticas (Evans & Rawson, 1970).

Segundo Maçãs (1996), o peso médio do grão está também relacionado com o nº grãos/m<sup>2</sup>, dada a correlação negativa que se estabelece entre estas duas componentes do rendimento.

Na Figura 3 estão esquematizadas as etapas morfológicas mais representativas das diferentes fases do desenvolvimento dos cereais, e a integração entre a duração de uma determinada fase e a formação dos componentes da produção. De referir que, para maior simplificação, de acordo com Slafer *et al.* (1996), utilizámos uma escala de tempo arbitrária (dado que a duração de cada período pode ser afectada por factores genéticos e ambientais) e características fenotípicas, que são designadas por letras, com base em estudos detalhados nas escalas de Feekes, Baggolini, Zadocks ou Jonard Vincent (Waddington *et al.*, 1983; Kirby & Appleyard, 1987; Robert *et al.*, 1993).



(adaptado de Slafer et al., 1996)

Fig. 3 - Diagrama representativo das diferentes fases do crescimento e desenvolvimento dos cereais: Semementeira (Sm), Emergência (Em), Iniciação foliar (If), Double ridge (Dr), Iniciação da espigueta terminal (Et), Espigamento (Ep), Ântese (At), Início do enchimento do grão (leg), Maturação fisiológica (Mf) e Colheita (Ct); relação de cada uma das fases com a formação dos componentes de produção.

Nos cereais, a transição dum período do desenvolvimento para outro é sempre comandada pela temperatura, podendo além disso depender dos genes que regulam a resposta ao comprimento do dia e do número de horas de frio.

### 3.2 – O efeito da vernalização, do fotoperíodo e da temperatura

A vernalização é um processo fisiológico e bioquímico, controlado pelas baixas temperaturas, que condiciona a passagem do estado vegetativo ao estado reprodutivo (Flood & Halloran, 1986). Ao ser responsável pelo aumento da duração do ciclo vegetativo, garante o armazenamento de carboidratos necessários à sobrevivência da planta nos meses de Inverno, fenómeno de particular importância em regiões com ocorrência de neve. De referir que não é necessário que as temperaturas efectivas de vernalização ocorram ininterruptamente, mas sim que a planta acumule, durante um curto intervalo de tempo, determinado número de horas a essas temperaturas (entre 10°C e 0°C, segundo Flood & Halloran, 1984). Podem,

inclusivamente, ser atingidas temperaturas de 30°C sem que se verifique inibição do processo, desde que estes valores não ocorram por períodos superiores a 8h (Evans, 1975).

Para além da importância da vernalização, que alguns autores como Jedel (1994) chegam a considerar como o principal processo que conduz à floração, o desenvolvimento fenológico dos cereais é, também, influenciado pelo fotoperíodo. Bellido (1991) refere que existem variedades que respondem ao comprimento dos dias logo desde a emergência da primeira folha, e outras que só a partir da sétima folha começam a reagir. Também Miura & Worland (1994) apontam a resposta ao fotoperíodo como responsável pelo controlo da data de espigamento. Certo é que existe germoplasma que necessita dum mínimo de horas de luz, abaixo do qual não se inicia a formação da inflorescência.

De referir que, tanto para os genes que controlam a necessidade de vernalização como os que são responsáveis pela resposta ao fotoperíodo, a sua localização nos cromossomos está bem definida. Já a relação entre eles e outras características agronómicas, isto é, efeitos pleiotrópicos e respectivas acções epistáticas, carece de estudo nas condições mediterrânicas, no sentido de se poder determinar qual o alelo ou alelos mais importantes nestas regiões.

É evidente que na natureza nada é estanque e, segundo Flood & Halloran (1984), temos que ser cautelosos no estudo do controlo genético das respostas dos cereais à vernalização e fotoperíodo, ao relacionarmos a acção de cada um destes processos ou a sua combinação com as diferenças que encontramos na taxa ou na duração das fases de desenvolvimento das culturas, pois existem outros genes, de influência menor, que controlam o desenvolvimento. São os genes de precocidade *per se*, profusamente distribuídos nos trigos europeus (Worland, 1996). Já Ford *et al.* (1981) tinham proposto a presença de genes de precocidade distintos dos que controlam a resposta ao fotoperíodo, para explicar as diferenças nas datas de espigamento num grupo de variedades de trigo. O controlo genético destes genes não é perfeitamente conhecido, mas a sua presença já foi identificada em alguns cromossomos e a sua acção expressa-se ao nível do número e da taxa de formação dos primórdios foliares e das espiguetas (Hoogendoorn, 1985).

A temperatura por si só e sobretudo nos estados iniciais da cultura aumenta a área foliar ao favorecer a taxa de expansão das folhas, por acelerar o ritmo da divisão celular e ao contribuir para o aparecimento de novas folhas. Este elemento climático, quando próximo do seu valor óptimo para a cultura dos cereais, é assim um importante impulsionador do desenvolvimento, contribuindo para a produção de biomassa. Friend *et al.* (1962) chegam mesmo a defender que os efeitos morfogénicos da temperatura, da intensidade luminosa e do fotoperíodo estão relacionados com alterações nas concentrações endógenas de giberelinas ou

outras substâncias reguladoras de crescimento, mais do que com a competição por nutrientes e assimilados.

É também na fase de pré-ântese, e em condições ambientais normais para a época, que se acumulam consideráveis quantidades de carbohidratos e compostos azotados nos órgãos vegetativos das plantas, atingindo valores máximos ao espigamento. Qualquer oscilação na temperatura compromete esta situação. Uma subida no valor óptimo acelera o desenvolvimento, reduz a duração do ciclo e compromete a expansão foliar, podendo provocar mesmo a senescência das folhas; consequentemente, a quantidade de energia recebida em cada fase é menor, a fotossíntese e a produção de assimilados decrescem.

A taxa de afilhamento é influenciada pelo factor térmico, dependendo o número de filhos da duração do período de afilhamento, bem como de factores inerentes ao próprio genótipo (Rawson, 1971). Se temperaturas elevadas estimulam a formação de primórdios foliares no ápice do colmo principal, reduzindo o número de colmos filhos que se podem formar, contrariamente baixas temperaturas favorecem o afilhamento, uma vez que diminuem o crescimento das folhas (Garcia del Moral & Ramos, 1989).

A temperatura, associada a outros factores ambientais (fotoperíodo, humidade, nutrientes), modifica o desenvolvimento da espiga através da sua influência sobre a velocidade e duração do período de diferenciação floral e sobre a repartição dos fotoassimilados (Thorne, 1974). Temperaturas suaves e alta intensidade luminosa (Fischer & Maurer, 1976; Rawson & Bagga, 1979; Hammes & Marshall, 1980) são condições óptimas para a polinização e fecundação (com um óptimo compreendido entre 18°C e 20°C e um mínimo de 10°C) (Garcia del Moral & Ramos, 1989), e para um lento crescimento e uma alta produção de hidratos de carbono o que, e na ausência de stress hídrico, se vai reflectir num maior nº grãos/espiga e num favorável enchimento do grão.

Podemos citar como exemplo o caso do Reino Unido, onde temperaturas médias diárias entre a ântese e a maturação de cerca de 14-17°C (18-20°C máx., 10-12°C mín.), portanto muito próximo do valor óptimo, permitem rendimentos de grão elevados (Wardlaw *et al.*, 1989).

### **3.3 – Os tipos fisiológicos e hábitos de crescimento**

Ficou exposto que os principais factores ambientais que afectam o desenvolvimento dos cereais são o fotoperíodo, a vernalização e a temperatura (Piratesh & Welsh, 1980; Fischer, 1984; Hay & Kirby, 1991; Slafer & Rawson, 1994).

Eles são vulgarmente considerados como os responsáveis por quase todas, se não todas as diferenças entre a taxa de crescimento dos genótipos. Considerando estas diferenças no desenvolvimento fenológico como uma resposta a estes factores, diferenciam-se as variedades em três tipos fisiológicos:

- 1) Tipo fisiológico de primavera** – têm um ciclo contínuo, independente do fotoperíodo e da vernalização, não suportando grandes períodos com temperaturas baixas. Neste tipo de genótipos, a duração do ciclo vegetativo é controlada frequentemente pela temperatura e o ritmo de desenvolvimento é mais rápido quando ela é mais elevada.
- 2) Tipo fisiológico de inverno** – o ciclo de desenvolvimento e de crescimento permanece no estadio vegetativo durante o Inverno e não passa para o reprodutivo até que tenham decorrido um número de horas de frio, ou até que a duração do dia em relação à noite seja suficientemente grande. São caracterizadas por forte resposta à vernalização (Davidson *et al.*, 1985). O frio provoca uma mudança fisiológica no hábito da planta, sem o qual este germoplasma, cujo porte é prostrado, permanece no estadio de roseta, não alongando os caules nem formando espigas.
- 3) Tipo fisiológico facultativo ou alternativo** – engloba um grupo de genótipos com características intermédias entre os dois hábitos referidos. São uma alternativa para ambientes que justificam um pequeno alongamento do ciclo. Carvalho (1994) defende que a plasticidade do ciclo apresentada por estas variedades, com resposta moderada ao fotoperíodo e à vernalização, pode ser importante não só para o aumento da flexibilidade do sistema produtivo, como também na adaptação ao ambiente mediterrânico e, ainda, na redução de custos de produção.

### **3.4 – A produção e a determinação dos componentes da produção**

A produção final de grão numa variedade resulta da combinação de determinados componentes da produção. Estes componentes dividem-se em dois níveis diferentes: um nível populacional ( $n^o$  espigas/ $m^2$ ) e um nível individual ( $n^o$  espiquetas/espiga,  $n^o$  grãos/espiga e peso do grão) (Mexia, 1985).

Se traduzirmos isto por uma equação e considerarmos  $Y$  como a produção final de grão, teremos:

$$Y = (n^o \text{ espigas}/m^2) \times (n^o \text{ espiquetas}/\text{espiga}) \times (n^o \text{ grãos}/\text{espiqueta}) \times (\text{peso do grão}).$$

O produto dos três primeiros parâmetros corresponde ao nº grãos/m<sup>2</sup>, componente que traduz a capacidade de armazenamento da cultura; o quarto parâmetro representa o peso médio do grão, por norma peso de 1000 grãos em grama, que resulta da capacidade fotossintética da planta durante a fase de enchimento do grão, assim como da translocação de assimilados previamente armazenados (Fischer, 1973).

Todos os componentes vão sendo definidos ao longo de quase todo o ciclo da cultura, desde a germinação até à maturação do grão. O facto desta determinação ser sequencial, no decurso do desenvolvimento, proporciona aos cereais a capacidade de compensarem efeitos adversos sobre os primeiros componentes, através do aumento dos que se formam posteriormente, se as condições ambientais o permitirem, conseguindo desta forma equilibrar e assegurar a estabilidade da produção de grão, numa grande diversidade de ambientes e circunstâncias (Molina-Cano, 1989).

Cada um dos componentes depende da interacção genótipo/ambiente (Bellido, 1991), podendo estabelecer-se um diagrama (Fig. 4) onde se considera que:

- **nº espigas /m<sup>2</sup>** é função de:
  - nº plantas/m<sup>2</sup> – que depende do poder germinativo da semente, das condições de semienteira, da capacidade de emergência e da influência dos factores ambientais;
  - nº espigas/planta – relacionado com a capacidade de afilhamento, com a taxa de sobrevivência dos filhos, com a nutrição mineral e com as condições climáticas.
- **O nº grãos/espiga**, vai resultar do:
  - nº espiguetas/espiga, ou seja, do número de primórdios florais formados pelo meristema apical que possam produzir espiguetas férteis. É uma característica que reflecte o tamanho da espiga e, no fundo, a sua fertilidade;
  - nº grãos/espigueta – depende da percentagem de espiguetas férteis que são fecundadas na ântese e originam grãos viáveis.
- **O peso do grão** depende da duração da capacidade fotossintética, da quantidade de assimilados disponíveis e das condições ambientais que decorrem ao longo da fase de enchimento do grão.

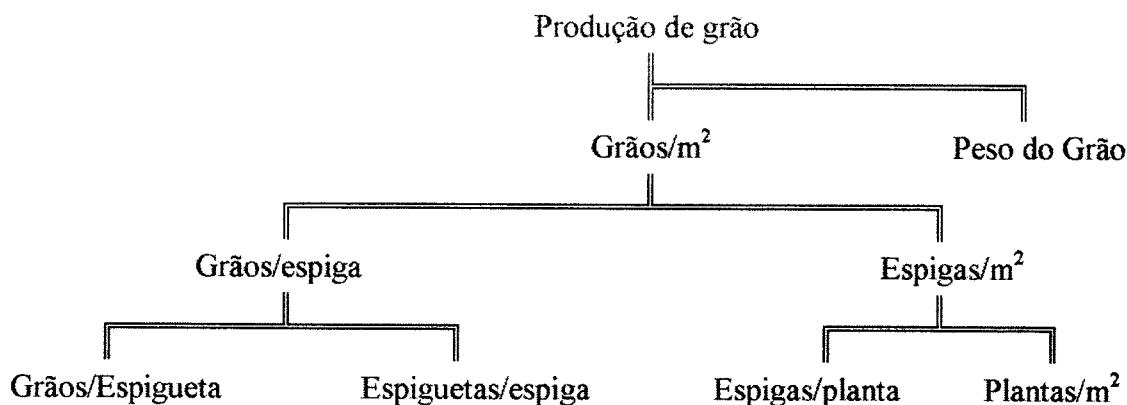


Fig. 4 - Diagrama dos principais componentes da produção de grão (Adaptado de Slafer *et al.*, 1996).

### **3.5 – A importância da produção de biomassa e do índice de colheita na produção final de grão e da distribuição dos assimilados**

A biomassa, entendida como a quantidade de tecido vivo presente numa planta ou numa comunidade vegetal em determinado momento e acima do solo, é o mais simples dos índices de afilhamento (nº de colmos/planta); serve como indicador do desenvolvimento da cultura, pois reflecte não só a capacidade de crescimento como também a acumulação de peso seco e posterior transferência dos fotoassimilados para a formação e enchimento do grão, traduzida esta pelo índice de colheita.

Donald & Hamblin (1976) definem a produção final de grão como o produto da biomassa produzida com o índice de colheita, sendo este a proporção da matéria seca acima do solo que está localizada no grão.

Defendem que é possível obter um aumento do potencial genético do rendimento sem um acréscimo paralelo no rendimento biológico; o melhoramento na produção de grão será uma consequência dum maior e mais equilibrada distribuição dos fotoassimilados para os órgãos reprodutivos (maior índice de colheita).

A introdução de genes que permitem alterar o padrão da translocação dos assimilados veio abrir novas perspectivas ao moderno melhoramento de plantas.

Na Argentina, as cultivares de trigo mole obtidas nos últimos anos mostram uma correlação positiva bastante significativa entre o rendimento de grão e o índice de colheita, e entre estes caracteres e o nº grãos/m<sup>2</sup>, relativamente às mais antigas, obtidas no início do século. O elevado nº grãos/m<sup>2</sup> nas cultivares mais modernas está relacionado com a produção dum maior nº grãos/espiga, o que pode ser interpretado como uma melhor distribuição dos carboidratos para as espigas em desenvolvimento antes do período de ântese. Também no Reino Unido, o melhoramento genético para a produção de grão em trigo, em cevada e em aveia foi conseguido através dum maior índice de colheita, enquanto a produção total de

matéria seca não foi alterada (Lawes, 1977; Austin *et al.*, 1980; Riggs, 1981, Slafer & Andrade, 1989).

Por outro lado, Waddington *et al.* (1986) mostraram que, no México, o incremento na produção de grão no trigo mole foi devido a uma melhoria no rendimento biológico, através da optimização dos processos fisiológicos envolvidos na fotossíntese e por manipulação agronómica (sementeiras precoces, aumento da densidade de sementeira e fertilizações).

Evans (1987), defende que os incrementos verificados na produtividade das novas cultivares melhoradas pelo CIMMYT parecem estar associados a aumentos na biomassa. Também Hucl & Baker (1987), no Canadá, encontraram uma correlação positiva entre a produção de grão e a biomassa, ao compararem variedades antigas e modernas de trigo.

Estes resultados parecem ter contribuído para que alguns investigadores (Siddique *et al.*, 1989; Gregory *et al.*, 1992) defendam a existência de algum potencial genético para incrementar a biomassa e o índice de colheita das culturas, nas zonas mediterrânicas. Mas a natureza dos factores climáticos prevalecentes nestas regiões limitam a regular expressão destes parâmetros agronómicos, deixando o melhorador de plantas no dilema: biomassa e/ou índice de colheita?

Pensando em termos de biomassa, a sua produção total pode ser controlada pela área fotossintética, pela taxa de fotossíntese e pela duração do ciclo de desenvolvimento das plantas. Nas fases iniciais do crescimento das culturas, a área foliar é ainda reduzida e a fotossíntese da planta exige pouca disponibilidade de água no solo. Mas, no decurso do ciclo biológico, a área fotossintética aumenta e, com ela aumenta também a superfície transpirante se ocorrem deficiências hídricas e/ou temperaturas elevadas – o que anualmente sucede nas zonas mediterrânicas, sobretudo a partir de Março – e a taxa de fotossíntese é afectada; para além disso, pode haver uma senescênciia prematura das folhas, uma redução do ciclo, uma maturação precoce da cultura e uma diminuição da translocação dos carbohidratos das folhas e dos caules para o grão.

Turner & Nicholas (1987) defendem que, para estas regiões, é vantajoso um crescimento inicial rápido e vigoroso porque promove um melhor uso de água. Ao seleccionarem-se genótipos com hábitos de crescimento semi-prostrado e semi-erecto, que promovem uma melhor cobertura do solo poder-se-á reduzir substancialmente a evaporação e a erosão (Coutinho, 1998). Por sua vez Richards (1987) reforça esta ideia, ao opinar que um aumento de crescimento nas fases iniciais do ciclo promove um acréscimo de produção de biomassa nas fases posteriores de modo que, se o índice de colheita puder ser mantido, as produções de grão podem aumentar.

Mas não podemos esquecer que existem situações em que um exuberante crescimento vegetativo pode conduzir a um acréscimo de biomassa à floração, mas a um fraco rendimento de grão, quer em sequeiro quer em condições em que há disponibilidade de água, como no regadio. Certamente que, no primeiro caso, a maior necessidade hídrica da cultura pode agravar o *stress* durante o período de enchimento do grão; no segundo, apesar desta deficiência não se fazer sentir, o condicionalismo que é imposto pelas altas temperaturas que, a partir da Primavera, se fazem sentir neste clima, prejudica a produção fotossintética e diminui a duração do período de translocação de assimilados de pré-ântese, resultando um baixo índice de colheita. O aumento da eficiência deste parâmetro é prejudicado pelas temperaturas máximas que, nestas zonas, se verificam entre o espigamento e a maturação dos cereais.

Haverá assim que atender, para o caso das regiões mediterrânicas, a um compromisso delicado entre o desenvolvimento dum grande área foliar que permita uma produção elevada de biomassa e a deficiência hídrica e/ou a subida de temperatura, a partir da Primavera, que irá ter uma contribuição decisiva na distribuição de carbohidratos. Julga-se que, para estas zonas, os itinerários científicos mais adequados para o progresso do melhoramento devem ter em conta o balanço da matéria seca produzida antes e depois da ântese, no sentido de optimizar o índice de colheita (Macãs, 1996).

A procura de variabilidade na resposta do germoplasma ao factor limitante temperatura é uma forma de tentar encontrar genótipos com tolerância e flexibilidade adaptativa que maximizem a produção de grão através de uma boa relação biomassa/índice colheita.

#### **4 - A TEMPERATURA COMO UM FACTOR LIMITANTE NO DESENVOLVIMENTO DOS CEREAIS**

Para que a planta não seja penalizada ao longo do seu ciclo convém evitar, o mais possível, os factores limitantes. Entre eles, os ligados ao clima jogam um papel dominante sobre as funções do crescimento e desenvolvimento, podendo os seus efeitos manifestar-se pela destruição total ou parcial dos órgãos vegetativos ou florais, exercendo uma acção desfavorável não só sobre a produtividade das culturas, mas também sobre a qualidade do produto final. Randall & Moss (1990) estudaram a influência da temperatura na composição do grão de trigo e verificaram que, sob valores elevados, as concentrações de fósforo e de azoto podem aumentar, assim como pode haver alterações no teor proteico e na composição

dos aminoácidos, donde resulta a hipótese de a temperatura poder ser importante na determinação da qualidade do glúten.

A influência da temperatura, como elemento condicionante da produção de cereais, tem sido extensivamente estudada. A maior parte dos resultados disponíveis são obtidos a partir de estudos conduzidos sob ambientes controlados, usando plantas espaçadas (Fischer & Maurer, 1976; Warrington *et al.*, 1977; Bagga & Rawson, 1977; Rawson & Bagga, 1979; Single, 1985). Estas condições permitem a identificação não só das fases do desenvolvimento das plantas mais sensíveis ao factor térmico, mas também das características que estão associadas a algum grau de tolerância. É também possível estudar as bases fisiológicas e bioquímicas da resposta dos cereais à variação da temperatura. Contudo, a significância destes dados é difícil de transferir e interpretar para as condições de campo onde podem ocorrer modificações com outros factores, tais como a disponibilidade de água, ou por causa da correlação positiva que, na Natureza, se verifica entre a temperatura e a luz.

#### **4.1 – Alguns constrangimentos do factor térmico nos diferentes estadios de desenvolvimento dos cereais**

O crescimento dos cereais pode ser condicionado quer por baixas quer por altas temperaturas. Durante a fase vegetativa, as temperaturas mais baixas têm fraco efeito no rendimento final de grão por causa das compensações nos estadios de desenvolvimento posteriores (Harris *et al.*, 1989). É vulgar, nas condições mediterrânicas, ocorrerem produções elevadas em Invernos frios e secos que favorecem o afilamento. Uma subida nos valores da temperatura, durante um certo período de tempo, pode afectar o meristema apical, conduzindo a um largo número de filhos abortados e, em muitos casos, sem espiga (Wall & Cartwright, 1974). Em trabalhos muito anteriores, realizados por Friend *et al.* (1962) com uma cultivar de trigo, já tinha sido mostrado que a emergência das folhas era diferentemente afectada pelas condições ambientais. Numa primeira fase, quando o desenvolvimento foliar depende de um fornecimento de assimilados e de outros factores de crescimento por parte das folhas mais velhas, a iniciação e emissão da lâmina foliar dependem do desenvolvimento da planta como um todo e, aqui, um aumento de temperatura, ao acelerá-lo, irá produzir idêntico acréscimo de novas folhas; numa segunda fase, quando a lâmina se expande para além da bainha protectora e fica directamente exposta à luz ambiental, começa a fotossintetizar e os efeitos morfogénicos da temperatura não são já necessariamente os mesmos que afectam a planta como um todo.

As altas temperaturas antes da iniciação floral parecem reduzir o número de espigas férteis por planta, fenómeno que pode não se verificar após aquela fase. Dum modo geral,

aceleram o período de pré-ântese, resultando em espigas pequenas, com poucas espiguetas (à excepção de variedades que requerem vernalização) e com poucos grãos (Rawson, 1970; Rawson & Bagga, 1979).

Curtos períodos de temperaturas elevadas próximo da ântese podem reduzir drasticamente os rendimentos do trigo. Num estudo realizado por Saini & Aspinall (1982), plantas semeadas sob condições hídricas favoráveis foram expostas a 30°C, durante 3 dias antes da data de floração: a fertilidade das flores ficou reduzida em 80%.

#### **4.2 – Os efeitos das temperaturas elevadas no período de pós-ântese**

Rápidas subidas de temperatura após o período de floração resultam em senescência das plantas, por acelerarem a sua taxa de desenvolvimento e reduzirem a duração da fase, causando a formação de grãos enrugados e de baixo peso (Kohli, 1984; Grass & Burris, 1995).

Parece ser evidente que, após a ântese, o efeito da temperatura na redução da produção de grão se reflecte mais no peso do que no número de grãos (Wardlaw *et al.*, 1989).

O I.T.C.F. francês, por exemplo, estimou que em trigo e para o período crítico de formação do grão, cada dia em que a temperatura máxima é superior a 25° C verifica-se uma perda de 0.75 g no peso potencial de 1000 grãos.

Desde muito cedo que este problema despertou o interesse de melhoradores e fisiologistas; foram realizados numerosos estudos, tendo sido demonstrado que, para o trigo, a temperatura óptima de enchimento do grão ronda os 15° C e que valores superiores podem causar uma severa diminuição na produção e na qualidade, mesmo quando a água não é um factor condicionante.

Nesses estudos, Stone *et al.* (1995), classificaram as temperaturas em:

- 1) Temperaturas moderadamente altas: 25°C – 32°C.
- 2) Temperaturas muito altas: 33°C – 40°C.

Verificaram que, com temperaturas moderadamente altas, o rendimento do trigo sofreu uma diminuição de 3-4% por cada °C de aumento na temperatura média acima dos 15°C (quer em condições de campo, quer em ambiente controlado). Esta redução resulta da subida na taxa de enchimento do grão não ser adequadamente compensada pela translocação de assimilados de pré-ântese, devido à reduzida duração do período de formação do grão.

Por sua vez, com temperaturas muito altas, a quebra na produção é de cerca de 23%, sobretudo se essas temperaturas se fizerem sentir durante um curto período de tempo (4 dias). Este decréscimo é atribuído à incapacidade dos grãos converterem os assimilados em amido.

Jenner (1991) verificou que, nestas circunstâncias, o baixo peso do grão é devido, principalmente, à decrescente concentração dos produtos resultantes do metabolismo da sacarose (UDP – glucose e ADP – glucose, precursores do amido), por as actividades das duas enzimas desta via metabólica serem reduzidas no endosperma do cereal, a altas temperaturas.

Já Bhullar & Jenner (1983, 1986) tinham observado, *in vitro*, que a acumulação de amido é mais sensível que a deposição de proteína e que a exposição das espigas a temperaturas elevadas resultava numa diminuta transferência do açúcar e síntese de amido. Mas Stone *et al.* (1995) foram ainda mais longe no seu trabalho ao estudarem a influência, no rendimento de grão de trigo, da interacção entre temperaturas moderadamente altas e temperaturas muito altas, durante o período de enchimento do grão. Pretenderam determinar se os efeitos desta combinação eram ou não aditivos. Verificaram que aumentos graduais nos valores de temperaturas moderadamente altas reduziram progressivamente o peso do grão; constataram que se, durante o regime de temperatura moderadamente alta, ocorrer subitamente um curto período de tempo com temperatura muito alta, o denominado "choque térmico", o peso do grão sofre uma redução drástica. Contudo, após uma situação de "choque térmico", não houve declínio progressivo no peso do grão provocado por subsequentes aumentos nos valores de temperaturas moderadamente altas. Isto permitiu-lhes concluir que não existe aditividade dos efeitos das duas situações.

#### **4.2.1 – As temperaturas elevadas e a dinâmica do enchimento do grão**

Nas últimas décadas, o efeito negativo das temperaturas elevadas sobre o rendimento final de grão, sobretudo quando ocorrem na fase final do ciclo da cultura, tem sido apresentado e discutido em vários trabalhos e reuniões. Em Itália, as altas temperaturas que frequentemente se verificam durante o período do enchimento do grão são limitantes na produção de cevada e de trigos (mole e rijo) (Borghi, 1988); em Israel, Lomas & Shoshova (1974), estimaram reduções de 76 kg/ha para cada dia quente e seco ocorrido entre a ântese e a maturação; na Austrália, o factor térmico é também bastante preocupante: a temperatura média durante o enchimento do grão, em muitas áreas de cultivo australianas, é de 18°C, com oscilações de 3°C a 4°C acima deste valor e com a probabilidade de haver períodos com temperaturas diurnas superiores a 30°C; vários autores australianos defendem que o peso do grão diminui, quando os aumentos da temperatura são acima dos 15°C, porque a taxa de crescimento do grão não aumenta o suficiente para compensar a curta duração do período de enchimento (Sofield *et al.*, 1977; Wardlaw *et al.*, 1989), o que origina a obtenção de grão mal conformado ou pequeno (Jenner, 1991).

É fundamental uma melhoria da compreensão das relações dinâmicas entre taxa, duração e peso final do grão.

O peso do grão é uma função da taxa e da duração do processo de enchimento (Loss *et al.*, 1989). A taxa, que depende do número de células formadas durante os primeiros dez dias após a ântese (Jenner, 1991), aumenta moderadamente com a temperatura, enquanto a duração do crescimento do grão apresenta uma forte resposta negativa aos aumentos de temperatura (Sofield *et al.*, 1977; Wardlaw *et al.*, 1980; 1989).

Wiegand & Cuellar (1981) e Hunt *et al.* (1991), com o intuito de analisar o efeito térmico sobre o peso do grão e usando trigos de inverno e de primavera, concluíram que a duração do enchimento do grão parece fixada pela temperatura e, em condições de *stress* térmico, o peso do grão é proporcional à taxa do enchimento. Mas apesar do movimento dos assimilados para o grão ser superior, a taxa não aumenta devido ao aumento do metabolismo respiratório decorrente da elevação da temperatura.

Estes autores sugerem que deve ser encontrada variabilidade genética para a taxa de enchimento e que se deve procurar explorar a possibilidade de obter combinações com taxa mais elevada, uma vez que este parâmetro revela um forte controlo genético. Em relação à duração, atribuem-lhe uma maior dependência dos factores ambientais, nomeadamente da temperatura.

Neste contexto, muitos têm sido os estudos que pretendem contribuir para um melhor entendimento das bases da tolerância do grão ao factor térmico, ou seja, o que é que nessa tolerância está relacionado com a taxa e/ou a duração do enchimento do grão.

#### **4.2.2 – A tolerância às temperaturas de pós-ântese e sua relação com a taxa e com a duração do enchimento do grão**

Um trabalho realizado por Wardlaw & Moncur (1995), onde uma análise da taxa e da duração do período de enchimento do grão em sete cultivares, para temperaturas de 18°C/13°C (dia/noite), de 24°C/19°C (dia/noite) e de 30°C/25°C (dia/noite), mostrou que os genótipos mais tolerantes à subida da temperatura (portanto com menos redução no peso do grão à maturação) foram aqueles onde a taxa de crescimento foi maior com a temperatura alta, o que parece querer dizer que o aumento da taxa compensou a redução da duração do período de enchimento. Esta informação é de extraordinária importância para programas de melhoramento com vista à selecção de materiais com rápido enchimento do grão adaptados ao ambiente mediterrânico, já que testemunha a viabilidade de encontrar variabilidade genética ao efeito da temperatura de pós-ântese.

Este estudo foi dividido em duas partes: experiência I, com o objectivo de comparar a taxa e a duração do enchimento do grão em cinco cultivares ("H757", "Lyallpur", "Banks", "Kalyansona" e "Trigo 1") sob duas temperaturas 18°C/13°C e 30°C/25°C; experiência II, visando a mesma comparação em apenas três cultivares ("Songlen", "Kalyansona", "ME 71") mas agora submetidas a três regimes térmicos 18° C/13° C, 24° C /19° C e 30° C/25° C.

Para ambos os casos, o recurso a regas frequentes assegurou a inexistência de *stress* hídrico.

Apresentamos nos Quadros II e III os valores encontrados pelos autores, que traduzem o efeito das diferentes temperaturas, durante o período de pós-ântese, no peso do grão à maturação, na taxa e na duração do enchimento do grão.

**Quadro II - O efeito da temperatura no peso do grão à maturação, na taxa e na duração do enchimento do grão do trigo (experiência I).**

<b>CULTIVAR</b>					
	<b>"H 757"</b>	<b>"Lyallpur"</b>	<b>"Banks"</b>	<b>"Kalyansona"</b>	<b>"Trigo 1"</b>
<b>18°C/13°C</b>					
Peso do grão (mg)	53.4	65.5	50.8	52.3	61.2
Taxa (mg dia <sup>-1</sup> )	1.41	1.65	1.29	1.17	1.52
Erro padrão	± 0.04	± 0.06	± 0.04	± 0.05	± 0.04
r <sup>2</sup>	0.98	0.97	0.98	0.98	0.98
Duração (dias)	37.9	39.70	39.4	44.7	40.3
<b>30°C/25°C</b>					
Peso do grão (mg)	35.4	26.9	19.4	25.8	32.8
Taxa (mg dia <sup>-1</sup> )	2.11	1.78	1.32	1.54	2.22
Erro padrão	± 0.16	± 0.12	± 0.13	± 0.15	± 0.19
r <sup>2</sup>	0.90	0.92	0.84	0.85	0.88
Duração (dias)	16.8	15.1	14.7	16.8	14.8

De acordo com o Quadro II, os dados obtidos permitiram verificar, entre as cultivares, diferenças no peso do grão; os valores correspondentes à taxa de crescimento do grão tiveram uma variação mais acentuada do que a verificada para os valores correspondentes à duração do período de crescimento.

Segundo o Quadro III, todas as cultivares apresentaram diferenças evidentes entre si no peso do grão à maturação e na taxa de crescimento, nos três regimes de temperatura em análise; contudo, para a cultivar "Songlen", a taxa de enchimento do grão não variou significativamente com o aumento da temperatura, tendo-se verificado o contrário com o genótipo "ME 71". Para "Kalyansona", o valor foi máximo a 24° C/19° C, mas foi mais baixo para as duas outras temperaturas; para esta cultivar, também se observou que a duração não sofreu uma redução com o aumento de 24° C/19° C para 30° C/25° C.

Quadro III - O efeito da temperatura no peso do grão à maturação, na taxa e na duração do enchimento do grão do trigo (experiência II).

CULTIVAR			
	“Songlen”	“Kalyansona”	“ME 71”
<b>18°C/13°C</b>			
Peso do grão (mg)	50.5	47.4	67.3
Taxa (mg dia <sup>-1</sup> )	1.62	1.47	1.89
Erro padrão	± 0.09	± 0.05	± 0.04
r <sup>2</sup>	0.92	0.96	0.99
Duração (dias)	31.3	32.3	35.6
<b>24°C/19°C</b>			
Peso do grão (mg)	40.3	39.4	52.8
Taxa (mg dia <sup>-1</sup> )	1.51	1.75	2.35
Erro padrão	± 0.14	± 0.11	± 0.11
r <sup>2</sup>	0.77	0.90	0.95
Duração (dias)	26.7	22.5	22.6
<b>30°C/25°C</b>			
Peso do grão (mg)	25.3	33.9	42.2
Taxa (mg dia <sup>-1</sup> )	1.74	1.51	2.65
Erro padrão	± 0.18	± 0.08	± 0.11
r <sup>2</sup>	0.78	0.91	0.96
Duração (dias)	~ 14.6	22.4	15.9

Os autores estabeleceram uma comparação entre “Kalyansona” e “ME71” quanto ao enchimento do grão a 18°C/13°C e a 30°C/25°C. No primeiro regime térmico o comportamento das duas variedades foi paralelo, apresentando a segunda cultivar valores mais elevados; na segunda situação, “Kalyansona” teve uma curta fase linear, com fraca deposição de amido e, depois, um prolongado período no final do crescimento, antes da maturação; no genótipo “ME 71” a taxa subiu para compensar a duração do enchimento do grão, o que se traduziu num melhor peso.

Combinando os dados das experiências I e II, os mesmos autores procuraram estabelecer uma ligação entre a redução do peso seco do grão à maturação (%) com as alterações na taxa e na duração do crescimento do grão, devido à subida da temperatura de 18°C/13°C para 30°C/25°C, após a ântese. Obtiveram uma forte relação positiva ( $r^2 = 0.732$ ) entre o aumento da taxa de enchimento do grão devido à alteração da temperatura e a capacidade de produzir grãos maiores (menor percentagem na redução do peso seco do grão), e uma fraca relação ( $r^2 = 0.376$ ) entre a diminuição da duração do período de crescimento do grão e a capacidade dos grãos para suportar altas temperaturas; verificaram que o peso do grão à maturação está mais relacionado com a taxa ( $r^2 = 0.553$  a 18°C/13°C;  $r^2 = 0.894$  a 30°C/25°C) do que com a duração do período de enchimento ( $r^2 = 0$  a 18°C/13°C e  $r^2 = 0.257$  a 30°C/25°C).

Este trabalho veio definitivamente confirmar observações preliminares no trigo e em outros cereais (Sofield *et al.*, 1977; Simmons & Crookston, 1979; Bagnara & Daynard, 1982; Gleadow *et al.*, 1982; Scott *et al.*, 1983; Maçãs, 1996) que mostraram que o peso seco à maturação está positivamente relacionado com a taxa de enchimento do grão.

#### **4.2.3 – A variabilidade genética do trigo na resposta às altas temperaturas de pós-ântese**

A existência de variações quantitativas na resposta às altas temperaturas cedo levantou a hipótese de, com base em diferenças genotípicas na produção e nas características das plantas, seleccionar germoplasma com tolerância ao *stress* térmico. A tolerância ao calor inclui a capacidade dos genótipos continuarem a crescer, a desenvolver e a manter rendimentos económicos, mesmo sob condições de temperaturas elevadas, isto é, as funções essenciais da planta são mantidas, apesar do calor (Waines, 1994). Moffatt *et al.* (1990), ao medir a fluorescência da clorofila, método que permite determinar a eficiência fotossintética, verificaram que o nível de tolerância a temperaturas altas, durante a fase reprodutiva, variava entre genótipos.

Vários estudos realizados (Shpiler & Blum, 1986; Wardlaw *et al.*, 1989) revelaram que cultivares de trigo oriundas de regiões tropicais eram mais tolerantes ao *stress* térmico que as variedades do Norte de África e da Europa, enquanto que as australianas e indianas apresentam um comportamento intermédio.

Parece evidente que a utilização de um largo leque de material geneticamente diverso e proveniente de locais geograficamente contrastantes é conveniente quando se pretende incorporar, num programa de melhoramento, a selecção para tolerância à temperatura.

A variabilidade genética será provavelmente complementada por investigações sobre as bases fisiológicas e bioquímicas de tolerância ao calor, que permitirão aos melhoradores e fisiologistas eleger trigos tolerantes para dois tipos de ambiente distintos: a) trigos melhorados para áreas tropicais, onde as temperaturas são altas ao longo de toda a estação de crescimento; b) trigos com tolerância nos estadios específicos do ciclo em que são submetidos ao *stress* térmico (para regiões sob condições de clima mediterrânico). A necessidade de diversificar o destino dos trigos melhorados nasceu no momento em que cientistas e investigadores compreenderam que era imperioso deixar de pensar no trigo como uma cultura só de climas temperados e expandirem-no para áreas do Mundo onde não é tradicional. Aproximadamente um bilião de pessoas vivem nos países tropicais em vias de desenvolvimento. Apesar do

trigo ser aí um cultivo pouco frequente, o seu consumo tem aumentado estrondosamente, sobretudo nas áreas urbanas. Inclusivamente, muitos governos têm-se questionado se não será mais vantajoso incentivar a investigação para a procura de genótipos com potencial adequado a estas condições, do que recorrer à importação de grão a partir de países estrangeiros.

Klatt (1984) afirma que é absolutamente necessário, para muitas áreas, germoplasma com boa adaptabilidade a temperaturas altas, com elevada tolerância ao calor durante os estádios de desenvolvimento vegetativo, reprodutivo e, sobretudo, de enchimento do grão.

## **5—ESTRATÉGIAS DE MELHORAMENTO PARA TOLERÂNCIA ÀS TEMPERATURAS ELEVADAS, EM REGIÕES DE CLIMA MEDITERRÂNICO**

### **5.1 – Melhoramento empírico *versus* analítico**

As variações climáticas que causam flutuações na produção das culturas não podem ser eliminadas ou controladas no presente estado da tecnologia; no entanto, apesar do clima estar fora do controlo do Homem, algo tem que ser feito, dentro das possibilidades humanas, para corrigir os seus efeitos negativos, sobretudo se atendermos às várias teorias que defendem que as alterações climáticas são cíclicas, isto é, as que ocorreram no passado podem ser esperadas no futuro. Na corrida entre população e alimentação, as adversidades do clima representam um factor perigoso (Stoskoff, 1985).

Apesar de ser conhecida a evidência dos efeitos da temperatura no desenvolvimento do grão, a concentração de esforços para obtenção de melhoramento genético nesta área é relativamente recente. Infelizmente a falta de informação sobre a duração e a intensidade do stress térmico, a acrescentar ao facto dos grãos, apesar de pequenos, parecerem normais, levou a que as perdas no rendimento não fossem muitas vezes atribuídas à acção da temperatura mas sim à secura, devido ao facto de, no campo, estes dois condicionalismos estarem muito associados. À secura foi sempre atribuído o papel de principal condicionante e poucos esforços têm sido feitos para determinar a importância de cada um destes *stresses* e a possibilidade da sua interacção na Natureza.

Nos últimos anos, o recurso a ambientes controlados e a ensaios de campo com diferentes datas de sementeira têm providenciado importante informação sobre a tolerância a temperaturas altas. Contudo o progresso tem sido lento, devido ao grande número de plantas que são necessárias para ter uma variação genética e, também, por causa da errática natureza do factor climático (temperatura) em estudo.

Apesar dos ensaios de campo não poderem ser substituídos em qualquer programa de melhoramento, a criação de marcadores moleculares que indiquem quando as plantas estão



sob *stress* e a identificação do controlo genético poderão ser de imenso valor na selecção para tolerância a altas temperaturas, nos cereais (Wardlaw & Wrigley, 1994).

Os mesmos autores são da opinião que a previsão dos efeitos do *stress* térmico será bastante vantajosa, para o que é necessário obter informação adicional sobre o modo como o rendimento e a qualidade do grão são influenciados pela duração e intensidade do *stress* e como se processa a variação na resposta entre cultivares. Com estes dados e a partir dum modelo estatístico, será possível prever a produção de grão e a sua qualidade, para um local específico de cultura. A viabilidade desta metodologia foi demonstrada por Correl *et al.* (1994).

Não podemos esquecer que é importante estabelecer um espectro de diversidade genética em relação à tolerância às temperaturas altas. O efeito da temperatura na variação genética do tamanho do grão é evidente no intervalo térmico que considerámos como moderadamente alto ( $25^{\circ}\text{C}$  –  $32^{\circ}\text{C}$ ) (Wardlaw *et al.*, 1989), e na síntese de proteína e qualidade do grão no caso de temperaturas muito altas ( $33^{\circ}\text{C}$  –  $40^{\circ}\text{C}$ ) (Stone & Nicolas, 1994). Estudos em tecidos vegetativos do trigo também sugerem a provável existência de genes que regulam proteínas de tolerância ao calor, em situações de “choque térmico” (Nguyen *et al.*, 1994). Apesar destas proteínas serem vulgarmente associadas com termo-tolerância, a sua regulação genética e o seu modo de acção são complexos e precisam de estudos futuros mais detalhados (Harrington *et al.*, 1994).

Parece que um meio de considerável valor para aumentar a eficiência do melhoramento para tolerância será o de desenvolver marcadores moleculares, afim de identificar proteínas e enzimas relacionadas com tolerância, ou com a modificação da qualidade do grão.

Richard (1982) classifica este tipo de melhoramento de mais analítico do que empírico. Recuando no tempo, verificamos que no passado os melhoradores foram modificando as culturas, nomeadamente as cerealíferas, com o objectivo de aumentar os rendimentos combinando, com sucesso, algumas características desejáveis (a altura da planta, a data de ântese) utilizando, fundamentalmente, uma metodologia empírica; nos anos mais recentes, com base no desenvolvimento de novas tecnologias e no reconhecimento da importância que outras características morfológicas e fisiológicas têm para o futuro aumento na produção de grão nos cereais, os melhoradores estabeleceram um nível de colaboração estrito com fisiologistas, biotecnologistas e citogeneticistas, conduzindo os estudos de melhoramento para um âmbito mais analítico; entre os muitos trabalhos realizados as pesquisas, com base fisiológica, que nos últimos anos alguns cientistas têm desenvolvido

sobre osmoregulação e condução nos vasos xilémicos são um bom exemplo desta interligação.

No caso concreto da tolerância à temperatura elevada, podem ser conseguidos avanços futuros, com base numa melhor compreensão dos factores que controlam o desenvolvimento e o rendimento dos cereais; os fisiologistas podem ajudar os melhoradores a desenvolver plantas mais adequadas a ambientes particulares.

## **5.2 – A importância da identificação do stress ambiental na escolha das estratégias de melhoramento**

A produção de grão resulta da influência das condições ambientais sazonais sobre o potencial genético de cada cultivar (Major *et al.*, 1992).

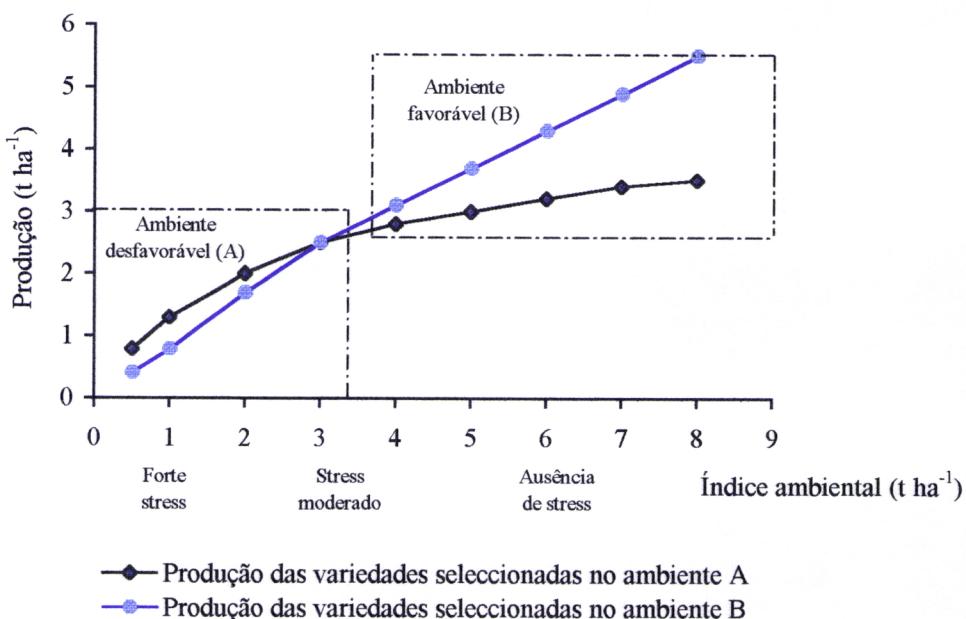
Num programa de melhoramento que integre o objectivo da produção e selecção de genótipos com adaptação a ambientes específicos, é de todo conveniente um bom conhecimento do ambiente local, no que respeita a *stresses* bióticos e abióticos, as suas intensidades e a frequência com que ocorrem nos diferentes estadios de desenvolvimento da cultura.

O melhoramento será mais efectivo se os genótipos produzidos tiverem em vista os condicionalismos específicos da região onde irão ser utilizados. Sacrificar uma ampla adaptação em favor da adaptação específica que melhor responda aos constrangimentos prevalecentes que limitam, quer a produção quer a regularidade desta ao longo dos anos, parece ser uma opção realista, apesar de toda a controvérsia que esta questão levanta.

Esta estratégia de melhoramento certamente que será eficaz para regiões sob influência de clima mediterrânico onde o *stress* térmico, mesmo na ausência de outros factores limitantes, tem o seu efeito negativo centrado, sobretudo, na fase do enchimento do grão, limitando a total expressão do potencial produtivo das cultivares.

Para ilustrarmos o que acabamos de referir, podemos recorrer a um trabalho de Srivastava (1987), que mostra a importância de se seleccionar para a produção num ambiente específico (Fig. 5). Segundo este autor e nas condições do seu estudo, se a produção potencial do ambiente para que estamos a trabalhar se aproxima de 3t/ha ou mais, a selecção será efectiva se praticada em ambientes óptimos. No entanto, se os *stresses* ambientais limitam as produções até 3 t/ha ou menos, então poderá ser mais eficiente a selecção de plantas em condições limitantes da produção, seleccionando com base na resistência/tolerância aos *stresses* prevalecentes e dando menos importância à maximização dos rendimentos para ambientes favoráveis. O “sacrifício” de cultivares com ampla adaptação, quando semeadas em ambientes caracterizados por *stress/es*, pode expressar-se numa menor produção/ha. Pelo

contrário, a criação de genótipos para condições com exigências específicas pode levar à obtenção de linhas melhor adaptadas.



(Adaptado de Srivastava, 1987)

Fig. 5 - Produção de grão de duas variedades de trigo em condições favoráveis (Ambiente B) e desfavoráveis (Ambiente A).

Como a finalidade dos programas de melhoramento consiste na identificação do germoplasma mais adequado, cuja fenologia melhor se ajuste aos períodos favoráveis ultrapassando alguns factores limitantes, é possível alcançar ganhos na produtividade e estabilidade das produções (Maçãs, 1996).

## 6 – ENQUADRAMENTO DO ESTUDO REALIZADO. SUA INTEGRAÇÃO NO PROGRAMA DE MELHORAMENTO DO DC/ENMP

Em Portugal, nos últimos anos, a agricultura de regadio foi-se gradualmente impondo. Apesar do ancestral domínio das técnicas de rega, em particular na região litoral Norte, nos vales do Tejo, Mondego e Sado, recentemente vastas áreas do Sul têm vindo a ser adaptadas ao regadio, muitas vezes em zonas onde a experiência de rega era diminuta.

Actualmente, estima-se que a área agrícola irrigável no Alentejo atinja cerca de 108 000 ha dos quais, apesar de não se dispor de estimativas oficiais, se pensa que 10 000ha são destinados essencialmente a cereais, prados e forragens (Pinto, 1998).

Com o recurso ao uso da água os agricultores alentejanos, que semeiam os cereais de Outono/Inverno numa região em que o défice entre a precipitação atmosférica e a evapotranspiração é extremamente acentuada sobretudo quando as plantas entram na fase

reprodutiva, tentam eliminar os efeitos negativos que as carências hídricas provocam nas produções potenciais das culturas. Contudo, tem-se constatado que os rendimentos dos cereais regados, nomeadamente no trigo, não são muitas vezes os que se esperavam, o que nos leva a pressupor que o problema das variações acentuadas da temperatura em fases críticas do desenvolvimento das plantas, é uma condicionante a considerar.

Consciente de que a eliminação do *stress* hídrico, com a introdução do regadio, pode permitir melhorar a competitividade das culturas em termos económicos, o Departamento de Cereais da Estação Nacional de Melhoramento de Plantas de Elvas (DC/ENMP) procura diversidade genética que lhe permite seleccionar variedades que possam expressar estabilidade de produção, sob condições climáticas onde a ocorrência de um *stress* abiótico, senão mesmo a combinação de vários, podem acontecer, independentemente do sistema de agricultura adoptado. Se, para sequeiro, as cultivares têm que ser portadoras de características que facultem a plasticidade de comportamento para fazer face à irregularidade do ambiente, em regadio importa considerar, por um lado elevadas produções de biomassa e adequada repartição de assimilados para o grão, tirando partido das condições favoráveis do ponto de vista hídrico e, por outro lado, um ciclo vegetativo não muito alargado que permita fugir ao *stress* térmico que ocorre no final.

É neste contexto que se insere o presente trabalho. Procurámos contribuir para a identificação de genótipos com tolerância/resistência ao *stress* térmico durante o enchimento do grão, porque estamos convictos que as altas temperaturas do pós-ântese são limitativas da produção de grão, com especial incidência no seu baixo peso, mesmo em boas condições hídricas. Ao mesmo tempo, pretendemos recolher informação sobre a plasticidade de adaptação das diferentes espécies como a cevada, o trigo mole – quer o hábito de crescimento de primavera, quer o alternativo – e o trigo rijo, quando semeados em condições distintas.

Se, para zonas favoráveis ou com fracos constrangimentos ambientais (de solo, clima, técnicas culturais), a escolha do rendimento potencial (ou a aptidão genética para o rendimento) como objectivo fundamental de critério de selecção, se encontra perfeitamente justificada, para regiões com fortes e erráticas limitações a produtividade não pode ser a opção eleita, uma vez que os níveis de rendimento próximos do rendimento potencial terão fracas probabilidades de serem atingidos. Nesta última situação, a selecção pela produção e seus componentes é pouco eficaz, pois a variação genética e a heritabilidade deste carácter são pouco elevadas (Monneveaux, 1991). Este fenómeno justifica o facto de as cultivares que são melhoradas com sucesso em situações favoráveis e definidas como amplamente adaptadas, não expressem superior potencial produtivo quando introduzidas em ambientes sub-óptimos. Em condições variáveis e imprevisíveis como o são as mediterrânicas, o

trabalho do melhorador é difícil; algumas correntes de pensamento determinantes no moderno melhoramento (Ceccarelli, 1994) preconizam, para as condições marginais, um critério de selecção baseado na regularidade de produção, como forma de diminuir a frequência das perdas das culturas; a par do melhoramento convencional, defendem a introdução de métodos mais analíticos, de técnicas de biologia molecular e uma utilização racional dos recursos genéticos, nomeadamente “land races”.

A filosofia dominante no programa de melhoramento do Departamento de Cereais, a par da criação e selecção de novo germoplasma com os objectivos de aumentar o potencial produtivo de *per si* e a qualidade tecnológica, tem privilegiado simultaneamente o melhoramento de genótipos para tolerância/resistência aos constrangimentos bióticos e abióticos procurando seleccionar, de entre os milhares de linhas em observação, material vegetal com estabilidade de produção ao longo dos anos, como forma de minimizar as variações interanuais do rendimento dos cereais. Este procedimento tem permitido eleger genótipos com capacidade para expressar elevado potencial produtivo em situações culturais favoráveis, nomeadamente no regadio; por outro lado e recorrendo a conhecimentos desenvolvidos na área da fisiologia e ecofisiologia das culturas, tem conduzido à selecção de germoplasma para condições específicas, portador de caracteres morfológicos que lhes permita estabilidade de produção, numa perspectiva de fazer face às oscilações ambientais.

A extrema racionalidade, abertura à inovação e rapidez de adaptação dos agricultores assim o exigem.

## **7 – MATERIAL E MÉTODOS**

### **7.1 – Genótipos em estudo**

Com o intuito de identificar caracteres agronómicos e/ou morfológicos associados com a tolerância a temperaturas elevadas e, mais, se estas características são vulgares no cereal ou se a tolerância, estando na cultivar num dado estadio de desenvolvimento, implica tolerância num outro, tivemos que procurar variabilidade genética.

A variação genética, ao proporcionar a diversidade necessária a um permanente aperfeiçoamento das características da planta, é o elemento vital para os melhoradores.

Clarke (1987) sugere que neste tipo de trabalhos se devem usar, no mínimo, 12 genótipos para que, com segurança, seja identificada variabilidade e atribuída a variação das produções ao efeito do condicionalismo em observação sobre a(s) característica(s) em estudo.

Um grande número de cultivares aumenta a probabilidade de encontrar interacções genótipo x temperatura (Bagga & Rawson, 1977; Slafer & Rawson, 1994). Quando a

investigação se centra ao nível do melhorador, é pois de grande importância constatar variação e recolher informação que possam ser utilizadas na orientação do programa de melhoramento. Contrariamente, no campo fisiológico a obrigatoriedade é o uso de poucos genótipos, já que o fim básico é o de fornecer dados e estímulo à planificação de trabalhos aplicados.

Neste estudo foram usados 25 genótipos, entre os quais figuram 12 de trigo mole (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*), nove de trigo rijo (*Triticum turgidum* conv. *durum*), quatro de cevada, sendo três dísticas (*Hordeum vulgare* conv. *distichon*) e uma hexástica (*Hordeum vulgare* conv. *hexastichon*). Tivemos o cuidado de fazer incidir a escolha deste material sobre germoplasma que variasse na sua constituição genética e na sua origem geográfica. Assim, o nosso estudo incidiu sobre: 1) trigos hexaploides (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*) por terem a maior área cultivada, a nível mundial, devido à sua adaptabilidade a diferentes regiões agroclimáticas; grande parte desta capacidade adaptativa advém-lhes da complexa interacção entre genes de vernalização e de fotoperíodo; 2) trigos tetraploides (*Triticum turgidum* conv. *durum*) por apresentarem desenvolvimento satisfatório sob condições de secura e manifestarem boa qualidade, quando produzidos em zonas com baixa pluviosidade e clima semi-árido; 3) cevada por ser talvez, em relação às duas espécies anteriores, a mais tolerante a *stresses* ambientais: efectivamente, ela é detentora de características morfológicas (precocidade de floração, relação taxa/duração de enchimento do grão) que parecem contribuir para que, em condições desfavoráveis, com um nº grão/m<sup>2</sup> similar ou ligeiramente inferior ao do trigo, tenha melhor peso do grão e, consequentemente, melhor rendimento (Acevedo, 1991).

A lista completa está incluída no Quadro IV. Como se pode verificar, existe grande diversidade de comportamentos e de atributos, nomeadamente no ciclo de desenvolvimento, presença de genes Rht e tamanho do grão.

## 7.2 – Localização dos ensaios

Os ensaios foram instalados, no ano agrícola 1997/98, no campo experimental que se localiza junto à sede da Estação Nacional de Melhoramento de Plantas, em Elvas, e cujas coordenadas geográficas são:

- Latitude: 38° 54' N
- Longitude: 7° 09' W
- Altitude: 272 m

O tipo de solo é Mediterrânico Pardo de quartzodioritos (Pmg) (Cardoso, 1965).

Quadro IV - Genealogia, origem e principais características dos 25 genótipos (12 de trigo mole, nove de trigo rijo e quatro de cevada) utilizados nos ensaios de 1997/98.

Genótipo	Genealogia	Origem	Características Principais
<b><i>Triticum aestivum ssp. vulgare</i></b>			
Anza	LR-N10B/An <sup>3</sup>	CIMMYT	Ciclo primavera, grão pequeno, elevada massa do hectolitro e elevado nº de grãos/ m <sup>2</sup> . Aristado.
Mondego	Justin/Siete Cerros	CIMMYT/ENMP	Ciclo primavera elevada produtividade. Aristado.
Centaur	Imério/Strampelli	Itália	Ciclo alternativo, com necessidade moderada de vernalização, grão pequeno, palha curta, Rht 8 e Rht 1S. Aristado.
Soissons	Irena x HN 35	Florimond Desprez-França	Ciclo alternativo, palha curta, espiga fértil. Aristada.
Eufrates	TX73/V203*3/Ami	CIMMYT/ENMP	Ciclo alternativo, com pequena necessidade de vernalização, grão pequeno e elevada massa do hectolitro. Aristado.
Goclen	Goya x Talent	INRA - França	Ciclo alternativo, palha alta. Mútico.
Cno79#2/Prl"S"	Cno79#2/Prl"S"	CIMMYT/ENMP	Ciclo primavera, precoce, grão grande e boa resistência à <i>Septoria sp.</i> Aristado.
Sever	Caia x Sunbird"S"	ENMP	Ciclo primavera, sensível ao fotoperíodo, folha ereta, grão grande. Aristado.
TE 9111	PF 70354/Yaco"S"	CIMMYT/ENMP	Ciclo primavera, grão grande, elevada resistência à <i>Septória tritici</i> , folhas eretas que enrolam com o stress. Aristado.
TE 9114	(Tejo x Talent) x Almansor	ENMP	Ciclo primavera, grão grande e claro. Aristado.
TE 9113	Almansor x Mildress-Torim	ENMP	Ciclo primavera, grão grande. Aristado.
Golia		Itália	Ciclo primavera. Aristado.
<b><i>Triticum turgidum conv. Durum</i></b>			
Celta	Plc"S"-Ruff"S"xGta"S"-Rte	CIMMYT/ENMP	Ciclo primavera, grão vítreo, massa hectolitro alta, peso de 1000 grãos regular.
Castiço	USA III Co-Gr"S"[GII]"S"/(Bye <sup>2</sup> -Tc-2BW)xFg"S"]	CIMMYT/ENMP	Ciclo primavera, grão vítreo, por vezes com tendência a amarelecer.
TE 9007	Chen"s"/Altar 84	CIMMYT	Ciclo primavera.
TE 9204	Gdo Vz 512/Cit//Ruff/Fg/3/ Pin/Grc//Trob	CIMMYT	Ciclo primavera.
TE 9006	Ren"S"/Dack"s"/Teal"S"	CIMMYT	Ciclo primavera.
Acalou		França	Ciclo primavera.
TE 9306	(Hélvio x Mondur) x (Timpanas x Chen"S")	ENMP	Ciclo primavera.
TE 9307	W 2057 x Tezontli"S"	ENMP	Ciclo primavera.
TE 9110	Oste"S"/Cta"S"/Yav"S"	CIMMYT	Ciclo primavera.
<b><i>Hordeum vulgare conv. distichon e hexastichon</i></b>			
Alexis	St. 1622 x Trumpf	Alemanha	Ciclo primavera, distica, com elevada qualidade para malte. Alta capacidade de adaptação.
Gimpel	(Proctor x Carsberg II) x (Heine 4808 x Stamm-VLP)	Alemanha	Ciclo primavera, distica, boa qualidade para malte.
Trianon	0011 x Corniche	França	Ciclo primavera, distica.
Sereia	(Arivat x Norueguesa) Amy	ENMP	Ciclo primavera, muito precoce, boa qualidade forrageira. Hexástica.

### 7.3 – Delineamento experimental

Este trabalho encontra-se inserido no esquema de investigação e melhoramento do Departamento de Cereais da Estação Nacional de Melhoramento de Plantas.

Foi organizado com a finalidade de avaliar o efeito da temperatura nos diferentes estádios do ciclo de vida das plantas, a forma como, afectando o seu metabolismo interfere na taxa de desenvolvimento dos componentes da produção e, consequentemente, no rendimento de grão e, também, para procurar entender quais os atributos morfofisiológicos envolvidos na resposta da planta ao condicionalismo térmico, numa tentativa de identificar variabilidade. Assim sendo, estabeleceram-se, no campo, três ensaios, tentando criar condições de desenvolvimento contrastantes.

**Situação A:** corresponde ao ensaio que se pretendeu que fosse semeado na data considerada normal e prevalecente na região (2<sup>a</sup> quinzena de Novembro); no entanto, a queda pluviométrica que se verificou nessa altura só permitiu que a sementeira fosse realizada a 5 de Dezembro de 1997. Nesta situação, procurámos criar condições de boa fertilidade, irrigação de modo a assegurar às plantas um estado hídrico favorável, e ausência de infestantes e doenças, com um adequado suplemento de nutrientes, água e controlo fitossanitário.

**Situação B e C:** ensaios semeados mais tarde (16 de Fevereiro de 1998), com o intuito de permitir que o crescimento das plantas ocorresse sob condições de temperatura elevada, sobretudo na fase final do ciclo (período de enchimento do grão). Na situação B, mantivemos a disponibilidade da água no solo, recorrendo a irrigação suplementar, a fim de mostrar que o desenvolvimento pode ser limitado pela temperatura. Na situação C, não usámos regas.

A realização simultânea do mesmo ensaio nas duas situações teve como base avaliar quais os genótipos que, ao apresentarem diferenças, pudessem ser assumidos como melhor adaptados ao ambiente limitante, particularmente quando o seu comportamento estivesse associado a uma expressão positiva do seu potencial produtivo, na situação menos favorável.

Em cada um dos ensaios, os genótipos foram dispostos no terreno em três blocos casualizados. Cada bloco era constituído por 25 talhões, um para cada genótipo, com seis

regos e uma área útil de 12m<sup>2</sup> (1.2m de largura x 10m de comprimento). As ruas entre talhões tinham 0.5m e entre cada bloco de 2m (Fig. 6). Nos extremos dos blocos semeou-se uma bordadura, com o objectivo de assegurar condições de desenvolvimento uniformes para todos os genótipos em estudo, evitando assim o chamado “efeito de bordadura”.

A sementeira foi realizada com um semeador de ensaios de seis linhas do tipo “Øyord”.

#### **7.4 – Técnicas culturais adoptadas**

No Quadro V está registada a densidade de sementeira para cada um dos ensaios correspondentes a cada situação criada (A, B, C) e de acordo com a espécie semeada. De referir que aquela densidade foi ajustada tendo em conta a percentagem de germinação e o peso de 1000 grãos de cada um dos genótipos.

Quadro V - Densidade de sementeira, por ensaio e por espécie.

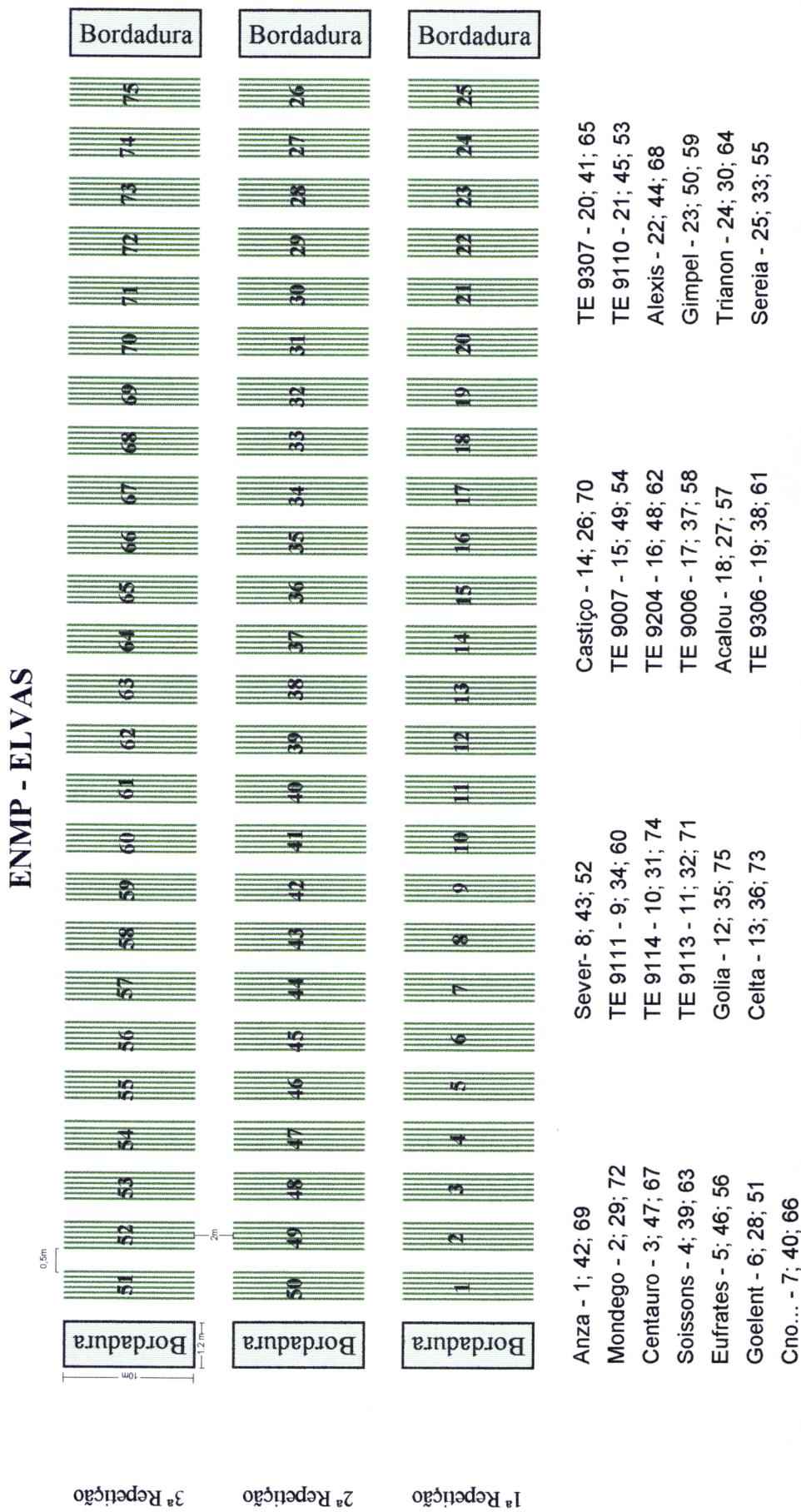
<b>Espécie</b>	<b>Densidade de sementeira (grãos/m<sup>2</sup>)</b>		
	<b>Situação A</b>	<b>Situação B</b>	<b>Situação C</b>
Trigo mole	400	500	500
Trigo rijo	400	500	500
Cevada	250	350	350

A adubação de fundo foi realizada com distribuidor centrífugo, antes da sementeira, e foi feita de acordo com a análise de solos, previamente efectuada na folha onde o ensaio foi instalado.

As adubações de cobertura foram também efectuadas com a ajuda do mesmo distribuidor; na situação A, optamos pela distribuição fraccionada do adubo, aplicando-o quando a cultura se encontrava na fase de afilhamento, no encanamento e, finalmente, no fim do emborrachamento; na situação B, as aplicações foram ao afilhamento e ao emborrachamento; na situação C fizemos uma só cobertura.

Para a monda química utilizámos um pulverizador “Rau” munido de barras, com o objectivo de eliminar as infestantes que se instalaram no terreno após a sementeira e que passaram a competir, por nutrientes e água, com as plantas.

Foi necessário proceder a tratamentos fitossanitárias para impedir a progressão de micoses que se desenvolveram, inicialmente na cevada e, posteriormente, no trigo mole.



O recurso ao fungicida controlou perfeitamente o aparecimento dos fungos, não chegando a verificar-se danos na produção de grão, uma vez que a doença se restringiu às folhas mais baixas da planta e numa altura em que esta ainda não tinha atingido a sua altura definitiva. Por esse facto, a infecção não foi quantificada.

O surgimento de afídeos, nos genótipos semeados mais tarde, conduziu à aplicação dum insecticida.

O sistema de rega usado foi o de gota a gota, de forma a manter humidade no solo e evitar o *stress* hídrico nas plantas.

A colheita foi efectuada com uma ceifeira debulhadora de ensaios, 15 a 20 dias após a maturação fisiológica.

No Quadro VI estão descritas as técnicas culturais adoptadas, os adubos, os produtos fitossanitários e respectivas quantidades usadas, nas três situação em ensaio.

Quadro VI - Técnicas culturais adoptadas.

	Situação A	Situação B	Situação C
Data de sementeira	5 de Dezembro	16 de Fevereiro	16 de Fevereiro
Adubação de fundo	2 de Dezembro 14U N - 28U P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - 28U K <sub>2</sub> O (Mg + Bo)	16 de Fevereiro 14U N - 28U P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - 28U K <sub>2</sub> O (Mg + Bo)	16 de Fevereiro 14U N - 28U P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - 28U K <sub>2</sub> O (Mg + Bo)
Adubação de cobertura	1 <sup>a</sup> - 8 de Janeiro 80U N 2 <sup>a</sup> - 25 de Fevereiro 40U N 3 <sup>a</sup> - 23 de Março 20U N	23 de Março 80U N	6 de Abril 80U N
Monda de pós-emergência	20 de Fevereiro 20g/ha de Sprinter ①	17 de Fevereiro 3l/ha de Gramoxone 2000 ② 23 de Março 3kg/ha de Arfax 50 WG ③	17 de Fevereiro 3l/ha de Gramoxone 2000
Fungicida	13 de Fevereiro 0.5 l/ha de Tilt 250C (só nas cevadas) ④ 26 de Fevereiro 0.5 l/ha de Tilt 250C (em todo o ensaio)  20 de Março 0.5 l/ha de Tilt 250C o (em todo o ensaio)	20 de Março 0.5 l/ha de Tilt 250C (só nas cevadas)	20 de Março 0.5 l/ha de Tilt 250C (só nas cevadas)
Insecticida	-----	28 de Abril 150ml/hl de Digor ⑤	28 de Abril 150ml/hl de Digor

Quadro VI (cont.) - Técnicas culturais adoptadas.

	Situação A	Situação B	Situação C
Data de sementeira	5 de Dezembro	16 de Fevereiro	16 de Fevereiro
Plano de rega	Início: 16 de Março Fim: 15 de Junho  Duração: variou de 2h a 4h diárias sempre que necessário para manter o estado hídrico das plantas	Início: 16 de Março Fim: 15 de Junho  Duração: variou de 2h a 4h diárias sempre que a disponibilidade de água no solo era diminuta .	-----

① **Sprinter (Rhône-Poulenc Agro)**

Substância activa: 75% (p/p) de tribenurão metilo

Herbicida selectivo de pós-emergência, indicado para o combate às infestantes de folha larga (sempre-noiva; erva-moleirinha; corriola).

② **Gramoxone 2000**

Substância activa: 200g/l ou 18.48% (p/p) de paraquato (sob a forma de dicloreto de paraquato).

Herbicida de contacto e subsidiariamente de translocação, indicado no controlo de infestantes mono e dicotiledóneas.

③ **Arfax 50 WG (Ciba – Geigy)**

Substância activa: 49.7% clortolurão

0.3% triassulfurão

Herbicida residual e de contacto, indicado no combate à erva febra, saramago, papoila e cabelo de cão.

④ **Tilt 250 C**

Substância activa: 250g/l de propiconazol

Fungicida sistémico polivalente com largo espectro de ação.

Em trigo controla: *Septoria tritici* (septoriose da folha); *Puccinia striiformis* (ferrugem amarela); *Puccinia recondita* (ferrugem castanha); *Erysiphe graminis* (ódio).

Em cevada controla: *Erysiphe graminis* (ódio); *Rynchosporium secalis* (rincosporiose); *Helminthosporium teres* (helmintosporiose); *Puccinia hordei* (ferrugem castanha).

⑤ **Digor**

Substância activa: 400g/l ou 36.7% de dimetoato

Insecticida sistémico indicado, entre outras pragas, para afideos.

## 7.5 - Dados climatológicos referentes ao ano agrícola de 1997/98

Utilizámos os dados registados no posto meteorológico, da Estação Nacional de Melhoramento de Plantas, situado próximo do local dos ensaios, para elaborarmos os perfis das temperaturas máximas e mínimas diárias dos meses de Março a Julho de 1998;

procurámos traçar a evolução das temperaturas ao longo dos meses em que, nas regiões sob influência mediterrânica, os cereais estão na fase reprodutiva e de enchimento do grão (Fig. 7). Usámos os valores de 1995 como referência por ter sido o ano, no conjunto dos dez anos eleitos (1989-1998), em que as temperaturas máximas diárias foram mais elevadas. Através da figura, podemos constatar que 1998 não constituiu uma excepção ao apresentar, a partir de Março, oscilações térmicas com “picos” que constituem limitantes ao normal desenvolvimento das plantas.

Para ilustrarmos as condições desfavoráveis em que decorreu o período de enchimento do grão no ano agrícola de 1997/98, marcámos as datas em que se verificou a primeira e a última ântese e maturação fisiológica, em cada situação em ensaio. A nomenclatura usada para as referenciar na figura foi: 1A, 1B e 1C para representar as primeiras ânteses e UMA, UMB e UMC para as últimas maturações, nas situações A, B e C, respectivamente.

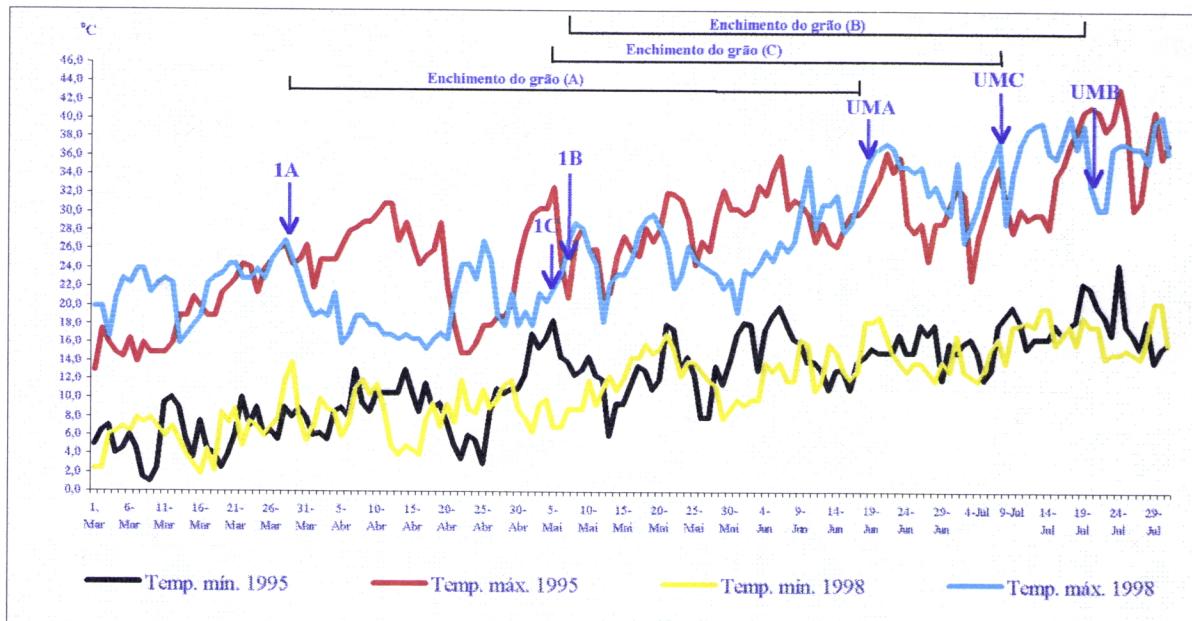


Fig. 7 – Evolução das temperaturas máxima e mínima diárias, nos meses de Março a Julho de 1995 e 1998. Período de enchimento do grão nas três situações contrastantes (A, B, e C).

Ao analisarmos a figura, verificamos que as variedades desenvolveram o período de enchimento do grão em condições de temperaturas máximas elevadas, cujos valores foram, nalguns dias, o dobro do que é considerado o óptimo ( $15^{\circ}\text{C} - 18^{\circ}\text{C}$ ), como sejam os registados em 28 de Março e 25 de Abril ( $27^{\circ}\text{C}$ ), em 18 de Maio ( $29.5^{\circ}\text{C}$ ), em 19 de Junho ( $36.5^{\circ}\text{C}$ ) ou, mesmo, em 12 Julho ( $39.5^{\circ}\text{C}$ ). As variedades semeadas mais cedo (5 de Dezembro de 1997, situação A) tiveram um período mais alargado, enquanto que para as cultivares semeadas em 16 de Fevereiro de 1998, o intervalo de tempo entre a ântese e a maturação foi maior na situação B (devido à rega) do que na C onde, para além do stress hídrico provocado pela ausência de precipitação nos meses de Junho e Julho (Fig. 8), o

hídrico provocado pela ausência de precipitação nos meses de Junho e Julho (Fig. 8), o germoplasma atingiu a fase final do ciclo sob temperaturas máximas elevadas (na ordem dos 37°C – 39.5°C).

Para reforçar as difíceis condições térmicas sob as quais decorreu o período de enchimento do grão, elaborámos o Quadro VII onde registámos, para as temperaturas máxima e mínima, os valores que indiciam limitações ao crescimento dos cereais.

Quadro VII - Perfis das temperaturas máxima e mínima durante o período de enchimento do grão nas três situações contrastantes (A, B e C).

		Situação A	Situação B	Situação C
Período do Enchimento do grão		28/03/98 - 18/06/98	06/05/98 - 22/07/98	04/05/98 - 03/07/98
<b>Temp. Máxima (°C)</b>	média	23.3	30.1	28.0
	máxima	35.0	40.5	37.5
	mínima	15.5	18.5	18.5
	modal	23.5	23.5	23.5
<b>Nº dias Temp. Máx. sup. 20 °C</b>		57 dias	76 dias	59 dias
<b>Temp. Mínima (°C)</b>	média	10.7	14.0	12.9
	máxima	18.5	20.0	19.0
	mínima	3.0	7.0	7.0
	modal	12.0	14.0	14.0

Assim, e no que diz respeito à situação A, a média das temperaturas máximas diárias foi 23.3°C, para um valor máximo de 35°C e um mínimo de 15.5°C; o número de dias em que a temperatura máxima foi superior a 20°C foi 57. Para a situação B, a temperatura máxima teve um máximo de 40.5°C e um mínimo de 18.5°C, o valor médio foi de 30.1°C e registaram-se 76 dias com máximas superiores a 20°C. No período correspondente à situação C, a temperatura máxima média foi 28°C variando entre um valor superior de 37.5°C e um inferior de 18.5°C. A moda, nas três situações, foi de 23.5°C.

Em relação à temperatura mínima, o seu menor valor, 3°C, foi assinalado durante o período de enchimento do grão na situação A e, de acordo com a Fig. 7, ocorreu na 2ª quinzena de Abril. A média das mínimas foi mais baixa nesta situação (10.7°C) do que em B (14.0°C) ou em C (12.9°C).

Apesar da precipitação ter sido bastante maior nos primeiros meses deste ano agrícola, em relação ao que aconteceu nos últimos 30 anos (Quadro VIII e Fig. 8), foi insuficiente e

praticamente nula em Junho e Julho. O ano caracterizou-se por um Inverno extremamente chuvoso, especialmente em Novembro (262 mm) e Dezembro (121 mm), que acabou por condicionar a data da primeira sementeira (situação A). Mas a humidade do solo acumulada nestes meses veio a ser seriamente comprometida pelas subidas bruscas da temperatura máxima de Março.

Quadro VIII - Comparação entre a precipitação mensal (mm) no ano agrícola de 1997/98 e a média dos últimos 30 anos, assim como o número de dias de chuva, em Elvas.

Meses	Precipitação (mm)	Precipitação 30 anos (mm)	N.º de dias
<b>Novembro</b>	262.4	71.4	22
<b>Dezembro</b>	121.5	85.6	14
<b>Janeiro</b>	40.3	73.7	10
<b>Fevereiro</b>	91.1	62.5	8
<b>Março</b>	10.0	46.1	3
<b>Abril</b>	36.8	46.2	11
<b>Maio</b>	95.0	41.8	13
<b>Junho</b>	2.2	24.1	2
<b>Julho</b>	0.0	4.8	0

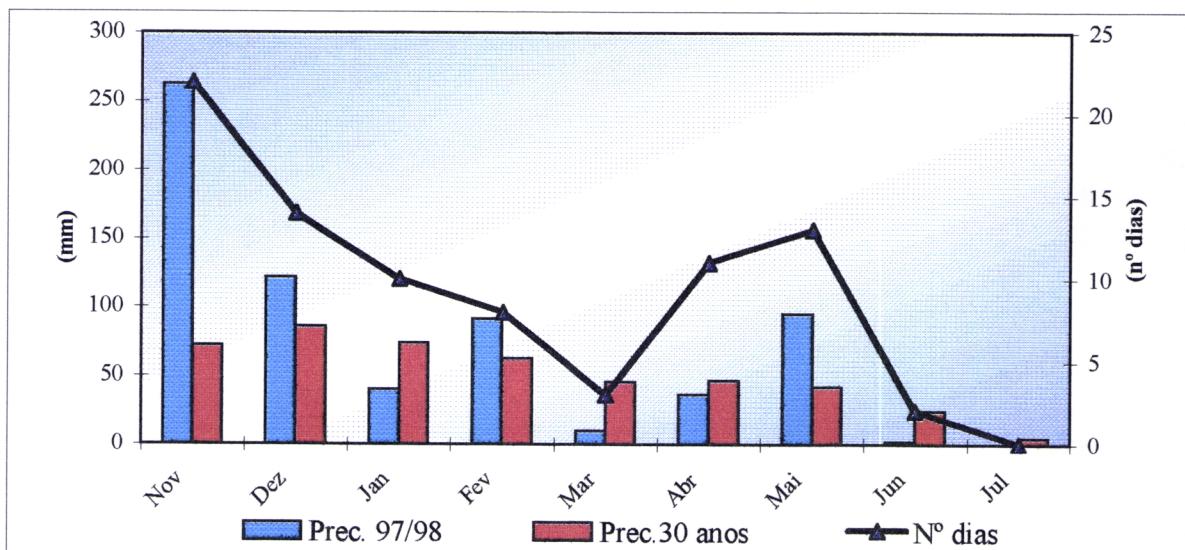


Fig. 8 – Precipitação mensal e número total de dias do ano agrícola de 1997/98 e precipitação mensal média dos últimos 30 anos em Elvas

A variação termopluviométrica que se constata, por observação desta figura, permite identificar o ambiente climático difícil em que se desenvolve o melhoramento de cereais, na região Sul de Portugal, manifestamente influenciada por condições mediterrânicas, onde o período para o crescimento das plantas em sequeiro é limitado por falta de água e por elevadas temperaturas, nalguns anos só no início, mas sempre no fim do ciclo. A

evapotranspiração excede em larga proporção a precipitação. Acresce ainda a grande variabilidade observada na data de ocorrência das primeiras chuvas.

## **8 – PARÂMETROS ANALISADOS E METODOLOGIA UTILIZADA**

No âmbito do objectivo deste trabalho analisámos vários parâmetros que agrupámos em observados e determinados. Nos primeiros estão incluídos os obtidos por observação visual, enquanto que os segundos correspondem aos que foram directa e quantitativamente medidos, quer no campo, quer no laboratório, assim como os calculados a partir dessas medições.

### **8.1 – Parâmetros observados e métodos usados**

De referir que os valores apresentados correspondem à média dos obtidos nas observações efectuadas.

Para cada ensaio, em cada repetição e para cada talhão:

- a emergência foi assinalada quando a primeira folha estava bem visível;
- a data de espigamento quando se verificou que, pelo menos, 50% das plantas apresentavam a espiga fora da bainha;
- a data de ântese foi marcada quando as anteras estavam visíveis nas espiguetas;
- a altura das plantas foi medida com o auxílio duma régua graduada em centímetros, que foi colocada junto às plantas, na vertical, fazendo-se a leitura na parte superior da espiga, excluindo as aristas;
- a maturação fisiológica foi assinalada quando 50% das plantas apresentaram a cariopse dura, não se deixando vincar pela unha.

Em cada um dos ensaios instalados, só na primeira repetição e em cada um dos talhões, foram marcadas aleatoriamente, mas bem espaçadas entre si, 10 plantas. No colmo principal de cada uma delas e ao longo do seu ciclo cultural, recolhemos os dados respeitantes:

- ao aparecimento das sucessivas folhas e filhos.

Por se tratar de observações à vista desarmada, que não permitem verificar com minúcia certos pormenores vegetativos, optámos por não registar o coleóptilo nem o filho coleoptilar.

Klepper *et al.* (1982), combinando o método usado por Jewiss (1972) e Haun (1973), estabeleceram uma escala, baseada numa metodologia de campo, capaz de medir pequenas diferenças no desenvolvimento diário. Segundo esse sistema, as folhas que surgem em posição diametralmente oposta ao longo do colmo principal são numeradas de acordo com a sua ordem de aparecimento, através da letra L seguida de um dígito simples (L1 é a primeira emergida). Os filhos nascidos nas axilas das folhas são designados pela letra T, acrescida do dígito correspondente ao da respectiva folha (T1 é o primeiro filho na axila da folha L1) (Fig. 9).

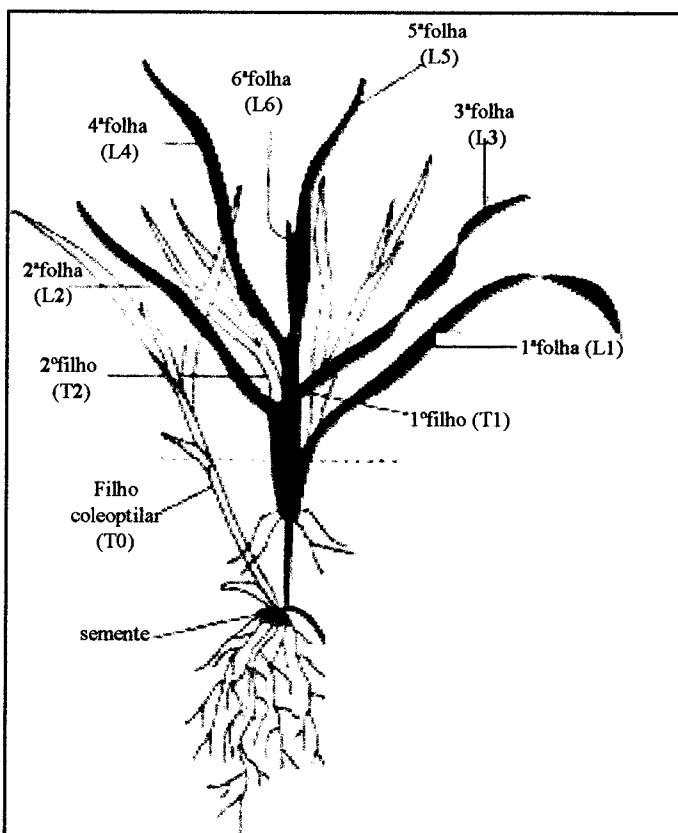


Fig. 9 – Planta de trigo mostrando seis folhas e três filhos no colmo principal. (Adaptado de Klepper *et al.*, 1998).

- Ao surgimento do 1º nó, que nos permitiu saber quando se iniciou o encanamento.

De referir que, em condições de campo, onde os factores ambientais não são controláveis, as alterações no desenvolvimento das plantas como resposta a essas modificações do clima não são linearmente periódicas; assim, as observações foram feitas a intervalos regulares, de três em três dias. Estas determinações são uma ajuda preciosa em qualquer estudo que pretenda descrever o crescimento duma cultura como um processo dinâmico (Davidson & Campbell, 1983).

Estes parâmetros, que correspondem a fases da morfologia dos cereais, foram medidos em Dias Grau de Crescimento (DGC), isto é, unidades térmicas facilmente calculadas a partir de valores rotineiros da temperatura do ar (Baker *et al.*, 1986). Como o nome indica, correspondem ao número de graus que se acumulam durante determinado período e que são úteis para as plantas. É necessário estabelecer uma temperatura base (Tb) ou limiar da vegetação activa ou zero de actividade vital, abaixo da qual esta actividade praticamente se suspende (Feio, 1991). Não existe uma constante: este mesmo autor refere os valores de 3°C a 4.5°C para o trigo, e de 6°C para a cevada; Davidson & Campbell, (1983), apontam 4.6°C para ensaios em estufa e, em condições de campo, 2.4°C; Wall (1974), concluiu que a temperatura base varia para cada estadio de desenvolvimento da planta, indo de 2°C à germinação até 9°C durante o enchimento do grão; Darroch & Baker (1990), consideram 5°C; em alguns estudos aparece 0°C (Cao & Moss, 1994). Em Portugal, Mata Reis *et al.* (s/ data) apontam 6°C para valor de Tb.

A temperatura média (Tm) do dia, foi determinada fazendo a média das temperaturas máxima (Tmáx.) e mínima (Tmín.) desse dia. Foi a este valor Tm que subtraímos Tb.

Somámos os valores de todos os dias do período que pretendemos considerar.

Todas as temperaturas médias inferiores à temperatura base foram eliminadas, isto é, considerámos o valor zero para esse dia (Davidson & Campbell, 1983; Feio, 1991):

$$\text{DGC} = \sum (\text{Tm} - \text{Tb}), \text{Tb} = 6^\circ\text{C}$$

se  $\text{Tm} < \text{Tb}$  então  $\text{Tm} = 0$

A acumulação lenta dos Dias Grau de Crescimento origina um bom afilhamento, plantas com folhas amplas e bem distribuídas e, numa fase posterior, espigas grandes. Se ocorre a situação inversa, as folhas ficam mais pequenas (há redução da área foliar), o que se reflectirá na formação das espiguetas (Maçãs, 1996).

## 8.2 - Parâmetros determinados e métodos adoptados

Tanto ao longo do ciclo cultural das plantas como após a colheita, determinámos valores referentes à produção, aos componentes de produção e os relativos a parâmetros agronómicos altamente relacionados com o rendimento final do grão, no intuito de compreendermos o comportamento ecofisiológico e a resposta dos genótipos às diferentes situações em estudo.

### 1) Biomassa à ântese

Corte, ao nível do solo, em  $0.6\text{m}^2$  (em cada talhão), na respectiva data de ântese.

Registámos o peso da matéria verde correspondente a este corte para posterior cálculo da matéria seca; seguidamente secámos uma amostra de 400g retirada do total, em estufa a  $100^\circ\text{C}$ , durante 6h, e anotámos o respectivo peso da matéria seca.

A biomassa à ântese foi determinada da seguinte forma:

$$\text{Biomassa à ântese} = \frac{\text{Matéria Seca (kg)} \times 10000\text{ m}^2}{(\text{kg/ha}) \quad 0.6\text{ m}^2}$$

### 2) Biomassa à maturação

Corte, ao nível do solo, em  $1.2\text{m}^2$  (em cada talhão), após a maturação; pesámos o molho correspondente e calculámos:

$$\text{Biomassa à maturação} = \frac{\text{Peso do molho (kg)} \times 10000\text{ m}^2}{(\text{kg/ha}) \quad 1.2\text{ m}^2}$$

### 3) N° espigas/ $\text{m}^2$

Este parâmetro foi calculado através da contagem e pesagem de 100 colmos retirados da amostra de  $1.2\text{m}^2$  usada para o cálculo da biomassa à maturação.

$$\text{Nº espigas}/\text{m}^2 = \frac{\text{Biomassa à maturação (g/m}^2) \times 100 \text{ colmos}}{\text{Peso 100 colmos (g)}}$$

### 4) Produção de grão

Resultou da pesagem do grão obtido após a debulha da restante área do talhão ( $10.2\text{ m}^2$ ), de acordo com a fórmula:

$$\text{Produção de grão} = \frac{\text{Peso do grão do talhão (kg)} \times 10000\text{ m}^2}{(\text{kg/ha}) \quad 10.2\text{ m}^2}$$

## 5) Peso de 1000 grãos

Para a determinação deste parâmetro usámos um contador de grãos “Numigral”. Pesámos a amostra dos 1000 grãos com uma balança de precisão e expressámos os valores em g.

## 6) Nº grãos/m<sup>2</sup>

Tendo em conta a produção de grão e o peso de 1000 grãos, o valor foi calculado através da fórmula:

$$\text{Nº grãos/m}^2 = \frac{\text{Peso do grão do talhão (g)} \times 1000 \text{ grãos}}{\text{Peso 1000 grãos (g)} \times 10.2 \text{ m}^2}$$

## 7) Índice de colheita

Indicativo da percentagem da produção de grão na biomassa total, à maturação, foi determinado pela fórmula:

$$\text{Índice colheita (\%)} = \frac{\text{Produção de grão (kg/ha)}}{\text{Biomassa à maturação (kg/ha)}}$$

## 8) Massa do hectolitro

Parâmetro equivalente ao peso específico do grão, foi determinado através do peso de um volume de grão, recorrendo a um citómetro electrónico do tipo “Kern”, e expresso em kg/hl.

### 8.3 - Tratamento estatístico dos resultados

O tratamento estatístico dos resultados foi realizado usando o programa de estatística MSTAT-C desenvolvido pela Universidade de Michigan.

Foi efectuada a análise de variância (ANOVA) e a separação das médias (Teste de Duncan) para todos os parâmetros medidos, considerando separadamente cada espécie vegetal, em cada uma das situações contrastantes em estudo.

## 9 – ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 9.1 - Dias Grau de Crescimento (DGC) acumulados em algumas etapas morfofisiológicas do desenvolvimento

#### 9.1.1 - Trigo mole, nas situações A, B e C

De acordo com o Quadro IX, o germoplasma de trigo mole, de hábito de crescimento diferente, emitiu o mesmo número de folhas no colmo principal em A ( $L_8$ ), e não apresentou grandes diferenças em B e C, onde a 7<sup>a</sup> folha ( $L_7$ ) foi comum à maioria dos genótipos.

Numa perspectiva global verificamos que, para os distintos estadios observados, os valores correspondentes ao material com tipo fisiológico alternativo foram, de uma maneira geral, mais elevados que os relativos ao de primavera, o que comprova um alongamento do seu ciclo.

Para a emissão da última folha, Mondego, Cno79#2/Prl”S”, TE 9111, Soissons e Goelent apresentaram valores de DGC decrescentes da situação A para a C, o que parece denotar que as condições de temperatura e a falta de água, sobretudo em C, influenciaram a rapidez com que o material emitiu folhas.

No entanto, esta linearidade não foi observada nos restantes genótipos: Golia, Centauro e Eufrates tiveram, em B, maior necessidade térmica para o aparecimento da 7<sup>a</sup> e última folha ( $L_7$ ), provando a necessidade de vernalização por parte destes genótipos, contrariamente ao que aconteceu com Sever e TE 9114 que apresentaram, nesta condição de ensaio, os valores mais baixos (380 e 367, respectivamente). A variedade Golia, com um comportamento de trigo de primavera, indicou alguma sensibilidade à vernalização, que pode ser explicada pela adaptação dos genes responsáveis por este fenómeno a condições ambientais específicas.

Quanto ao número de filhos do colmo principal, podemos observar que a situação A foi a mais favorável ao seu desenvolvimento, com as cultivares Anza, Soissons e Eufrates a ocuparem os lugares cimeiros (entre quatro e cinco filhos); no ensaio B o germoplasma de primavera afilhou mal, enquanto que o alternativo não apresentou diferenças entre esta situação e a C, menos favorável. Os Dias Grau de Crescimento acumulados até ao aparecimento do 1º filho ( $T_1$ ) foram elevados para o genótipo Cno79#2/Prl”S”, quer em A quer em C (263 e 309, respectivamente); Golia foi a variedade que, nas três condições contrastantes, mais cedo iniciou o afilhamento. De referir que mais de metade do material conseguiu produzir, na situação C, dois filhos ( $T_1$  e  $T_2$ ), destacando-se a linha TE 9111 pelo mais baixo valor acumulado: 185 DGC.

Análise do crescimento acinzentado e do enriodamento das sementes de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo) em algumas etapas morfológicas do desenvolvimento, nas três situações em estudo (A, B e C).																															
Genótipos	Folhas do colmo principal															Maturação (DGC)	Enriodamento do Grão (DGC)														
	Filhos do colmo principal																														
	Número	última folha (DGC)			Número			1º filho (DGC)			último filho (DGC)			no colmo principal (DGC)																	
primavera	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	Espigamento (DGC)		Antese (DGC)		Maturação (DGC)											
Anza	8	7	7	480	385	405	4	2	2	210	272	200	394	346	282	445	417	427	651	623	609	684	623	676	1315	1303	1276	631	680	600	
Mondego	8	7	7	435	385	369	2	1	1	224	188	206	364	-	-	404	376	398	621	573	568	675	573	650	1343	1284	1216	668	711	566	
Cho...	8	7	6	435	362	359	2	1	1	263	218	309	325	-	-	409	395	400	552	552	556	621	552	627	1228	1145	1097	607	593	470	
Sever	8	7	7	454	380	395	2	1	1	210	180	135	283	-	-	404	385	409	635	586	586	684	586	654	1277	1284	1248	593	698	594	
TE 9111	8	7	7	454	402	389	3	1	2	227	180	139	369	-	-	185	409	450	478	635	599	604	684	599	716	1266	1284	1234	582	685	518
TE 9114	8	6	7	409	367	402	2	1	2	223	288	180	306	-	-	355	363	409	402	599	561	542	648	561	623	1307	1319	1284	659	753	661
TE 9113	8	7	7	416	381	429	2	1	2	198	196	288	268	-	-	402	381	367	429	638	628	599	685	628	711	1259	1332	1303	574	704	592
Golia	8	7	6	431	488	417	2	1	2	184	120	142	281	-	-	190	385	514	523	594	692	666	648	692	744	1206	1349	1266	558	657	522
alternativo																															
Centaur	8	7	7	537	548	398	3	3	2	211	138	110	282	398	180	516	663	718	740	-	-	773	-	-	1443	-	-	670	-	-	
Soissons	8	7	5	620	573	222	5	2	1	213	110	177	357	199	-	637	-	-	888	-	-	951	-	-	1509	-	-	558	-	-	
Eufrates	8	7	7	537	558	533	5	2	2	209	132	124	364	186	190	516	883	696	704	1163	1043	773	1226	1166	1359	1764	1417	586	538	251	
Goelent	8	7	7	607	584	573	3	2	2	208	132	135	327	204	229	537	640	711	773	873	857	847	932	923	1457	1590	1490	610	658	567	

Nos genótipos alternativos, o afilhamento iniciou-se quase em simultâneo em A; em B, Soissons emitiu o 1º filho ( $T_1$ ) mais cedo (110 DGC), mas em C foi o que necessitou de acumular o valor mais alto (177 DGC) e não formou mais nenhum.

O encanamento foi registado quando apareceu o 1º nó no colmo principal. Analisando por situação: em A, TE 9114 acumulou 363 DGC contra 445 DGC do Anza, que foi o mais tardio; em B, Golia necessitou 514 DGC e TE 9113 foi o mais precoce, acumulando 367 DGC; em C, o genótipo Golia correspondeu ao valor mais alto de DGC (523) e o mais baixo foi Mondego, com 398 DGC. No conjunto dos trigos moles alternativos, as maiores diferenças registadas reportam-se a: Soissons, que em A precisou de 637 DGC e não atingiu o encanamento nas situações B e C; Eufrates, que em B atingiu 883 DGC acumulados para formar o 1º nó no colmo principal e Centauro, que em C apresentou 718 DGC, contra 696 DGC do Eufrates.

Em relação ao espigamento e no germoplasma de primavera, voltamos a observar uma acumulação decrescente de Dias Grau de Crescimento de A para C, com exceção do genótipo Cno 79#2/Prl”S”, que praticamente teve a mesma exigência de temperatura na calendarização deste estadio, da linha TE 9111, com menos DGC em B (599) do que em C (604) e da cultivar Golia que, em relação a todos os genótipos, foi a mais tardia (692 DGC em B e 666 DGC em C), mas foi o mais precoce em A (594 DGC). Relativamente aos alternativos, o espigamento só foi atingido após elevada acumulação de valores de temperatura; se em A todas as cultivares espigaram, sendo a mais lenta Soissons (888 DGC) e a mais rápida Eufrates (704 DGC), em B e C a primeira e Centauro não produziram espigas. Nestas duas situações, Goelent foi mais precoce que Eufrates.

Quanto à ântese, foi Cno 79#2/Prl”S” que acumulou menos Dias Grau de Crescimento nas três situações A, B e C (621, 552 e 627, respectivamente). De salientar que, de um modo geral, o tipo fisiológico de primavera, no ensaio B, atingiu a ântese com menos necessidades térmicas. No tipo alternativo e na situação A, a variedade Goelent necessitou de acumular mais 74 DGC do que Eufrates, ao contrário do que aconteceu em B e em C, em que foi consideravelmente mais precoce. A explicação para esta diferença de comportamento poderá residir no facto de as sementeiras mais tardias implicarem um maior número diário de horas de luz, o que necessariamente reduz o número de dias para o material atingir um determinado estadio fisiológico.

No que respeita à maturação fisiológica, os genótipos Anza, Mondego e Cno79#2/Prl”S” diminuíram a necessidade em acumular DGC para atingirem o último estadio do seu desenvolvimento, quando submetidos a situações de sementeira mais tardia. As variedades com hábito alternativo apresentaram, em B, os valores mais altos, que traduziram

as suas necessidades de vernalização e/ou de fotoperíodo: a disponibilidade de água nesta situação cultural permitiu que o material prolongasse o seu ciclo e acumulasse mais DGC.

Considerando o período do enchimento do grão como o intervalo de tempo que decorre entre a ântese e a maturação fisiológica, no condicionalismo mais favorável (A), Mondego, TE 9114 e Cno79#2/Pr1”S” foram os genótipos que apresentaram valores mais elevados de DGC (668, 659 e 607, respectivamente); pelo contrário, Golia completou a formação do grão ao fim de 558 DGC. De um modo geral, em C, o material apresentou menores requisitos em Dias Grau de Crescimento acumulados. Nos trigos moles alternativos, Eufrates completou o enchimento do grão com menos DGC acumulados que Goelent, sobretudo na situação C, pensamos que devido à duração deste período ter sido afectada por temperaturas mais altas que induziram uma senescência rápida.

### **9.1.2 - Trigo rijo, nas situações A, B e C**

A análise do Quadro X permite verificar que o número de folhas emitido por todos os trigos rijos, no condicionalismo A, foi o mesmo: 8 ( $L_8$ ). Os Dias Grau de Crescimento acumulados por cada genótipo foram, no entanto, diferentes: TE 9204 foi o que precisou de maior valor (505 DGC) e Castiço de menor (376 DGC). Esta variedade, além disso, manteve o valor  $L_8$  nas outras situações contrastantes. Em C, a linha TE 9307 foi menos exigente, acumulando 301 DGC, mas em contrapartida, só emitiu seis folhas. Acalou precisou em C, sob temperatura alta e falta de água, de 367 DGC para formar a 7<sup>a</sup> folha, enquanto que em B só acumulou 358 DGC. Celta foi o único que, em ensaios distintos (B e C), chegou ao mesmo número final de folhas no colmo principal com o mesmo valor de DGC: 358.

De entre os genótipos analisados, cinco tiveram, em A, três filhos produtivos no colmo principal (T1, T2 e T3), correspondendo-lhes os mais elevados Dias Grau de Crescimento; quando submetidos a condições distintas, nenhum deles emitiu o mesmo número de filhos. Celta, Castiço e TE 9006 iniciaram o afilhamento com 187 DGC; TE 9307 foi sempre o genótipo mais tardio no que respeita ao início do afilhamento. Na situação C, onde não tiveram rega, só as linhas TE 9306 e TE 9307 acumularam valores superiores aos obtidos em A e B. Foi grande a variação no quantitativo de unidades térmicas requeridas por este germoplasma para a emissão do último filho; para essa variação contribuíram não só a diferença dos condicionalismos ambientais, mas também o número final de filhos desenvolvidos por cada genótipo.

**Quadro X - Dias Grau de Crescimento acumulados pelos genótipos de trigo rijo em algumas etapas morfofisiológicas do desenvolvimento, nas três situações em estudo (A, B e C).**

Genótipos	Folhas do colmo principal												Filhos do colmo principal												Maturação												Enchimento do Grão		
	Número			última folha (DGC)			Número			1º filho (DGC)			último filh (DGC)			1º nó no colmo principal (DGC)			Espigamento (DGC)			Anátese (DGC)			Maturação (DGC)			(DGC)											
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C									
Celta	8	7	7	404	358	358	2	2	1	187	115	120	229	220	-	394	358	358	610	533	506	648	614	558	1274	1179	1057	626	565	499									
Castiço	8	8	8	376	393	367	2	1	2	187	209	111	218	-	177	385	353	342	603	533	498	643	614	548	1289	1084	1090	646	470	542									
TE 9007	8	7	7	427	346	358	2	1	1	182	220	190	252	-	-	399	362	362	613	533	524	650	614	577	1297	1220	1115	647	606	538									
TE 9204	8	7	7	505	372	316	3	2	2	204	239	190	320	292	272	409	372	362	639	548	533	678	628	586	1358	1281	1166	680	653	580									
TE 9006	8	7	7	473	382	353	3	2	2	187	115	115	473	190	256	404	382	362	654	552	524	714	623	577	1366	1310	1157	652	687	580									
Acalou	8	7	7	436	358	367	3	2	1	192	119	138	306	199	-	427	376	381	719	603	558	752	702	640	1436	1220	1206	684	518	666									
TE 9306	8	7	7	460	376	351	3	2	1	205	119	269	336	307	-	406	382	372	660	564	538	726	645	619	1345	1327	1226	619	682	607									
TE 9307	8	7	6	474	382	301	2	1	1	211	233	287	247	-	-	416	372	376	646	543	514	685	623	564	1411	1136	1257	826	513	693									
TE 9110	8	7	8	470	376	377	3	1	1	199	181	177	350	-	-	426	387	387	685	577	538	726	702	619	1394	1310	1185	668	608	566									

Quando as condições ambientais são significativamente adversas, os filhos que normalmente se desenvolvem durante uma fase morfológica específica acabam por não se formar. Por esta razão, a percentagem de plantas contendo um determinado número de filhos pode ser usada como uma medida da presença ou da ausência de *stress* ambiental durante um determinado período de tempo do desenvolvimento (Peterson *et al.*, 1982; Rickman *et al.*, 1985, Klepper *et al.*, 1998).

Relativamente ao encanamento, foi na situação A que os trigos ríjos manifestaram maiores necessidades em DGC para o aparecimento do 1º nó no colmo principal, variando os valores entre 427 DGC (Acalou) e 385 DGC (Castiço). Para as condições B e C, os genótipos não diferiram muito na exigência em unidades térmicas, apresentando valores muito próximos ou mesmo iguais, como foi o caso de TE 9110 (387 DGC), de TE 9007 (362 DGC) e de Celta (358 DGC), o que nos permite antever uma constante no comportamento, nestas duas situações.

Para o espigamento, em A os valores foram mais altos, havendo como que um prolongamento da fase vegetativa, que em Acalou teve a maior duração (719 DGC) e em Castiço a menor (603 DGC). A observação dos dados relativos ao material em B e em C, permite constatar que, à medida que as condições se tornaram menos favoráveis, o germoplasma encurtou a duração da fase e necessitou de menos Dias Grau de Crescimento acumulados para espigar. Em B, Celta, Castiço e TE 9007 emitiram espigas no mesmo dia (533 DGC) e Acalou continuou a ser a mais tardia (603 DGC). Em C, Castiço precisou só de 498 DGC e Acalou foi mais exigente (558 DGC). Houve, por assim dizer, um comportamento linear destes dois genótipos de trigo rijo, mesmo quando semeados sob condicionalismos distintos.

Em relação à ântese, na situação A, Castiço foi a cultivar que teve ântese mais cedo, precisando de 643 DGC; a variedade Acalou e as linhas TE 9110, TE 9306 e TE 9006 apresentaram valores elevados. Em B, manteve-se intacto o grupo formado por Celta, Castiço, TE 9007, todos com 614 DGC para atingirem a ântese; Acalou, TE 9110 (ambos com 702 DGC) e TE 9306 (645 DGC) foram os mais tardios. Na situação C, os genótipos mais precoces e os mais tardios foram os mesmos que em A e B.

No que diz respeito à maturação e para todos os trigos ríjos em apreço, os valores dos Dias Grau de Crescimento acumulados foram decrescendo de A para C, facto que está de acordo com a teoria que defende que o período de formação do grão tem menor duração quando as condições de temperatura e disponibilidade de água no solo se tornam menos favoráveis à planta. Se nos debruçarmos sobre cada situação em estudo, verificamos que: em

A, os genótipos que atingiram mais rapidamente a maturação do grão, acumulando menos Dias Grau de Crescimento, foram Celta (1274), Castiço (1289) e TE 9007 (1297) e os que tiveram uma maturação mais prolongada foram Acalou (1436), TE 9110 (1394) e TE 9006 (1366); em B, Acalou foi dos primeiros a atingir a maturação fisiológica (1220 DGC), conjuntamente com TE 9007 e muito próximo de Castiço (1084 DGC) e de Celta (1179 DGC); os mais tardios foram TE 9110 e TE 9006, com 1310 DGC acumulados; finalmente em C, Celta, Castiço e TE 9007 mais precoces na maturação, enquanto que TE 9306 e TE 9307 foram os mais lentos (1226 e 1257 DGC, respectivamente).

Analizando o período de enchimento do grão, temos em A os genótipos TE 9307, Acalou e TE 9204 com valores altos para este intervalo de tempo (826 DGC, 684 DGC e 680 DGC, respectivamente); inversamente, a menor acumulação de Dias Grau de Crescimento corresponde ao material que mais cedo atingiu a ântese e a maturação (Celta, Castiço e TE 9007). Na situação B, os valores menores de Dias Grau de Crescimento foram os acumulados por variedades como Acalou e TE 9307, que demonstrando terem grandes exigências na ântese, precisaram contudo, de valores relativamente baixos para atingirem a maturação. A maior lentidão na formação final de grão correspondeu às linhas TE 9006, TE 9306 (687 DGC e 682 DGC, respectivamente). Da análise do comportamento do germoplasma em C, temos a comentar que a menor duração que correspondeu a Celta, Castiço e TE 9007 (499 DGC, 542 DGC e 538 DGC, respectivamente) se deveu, provavelmente, à fraca acumulação na ântese e na maturação; a linha TE 9307 prolongou o período até aos 693 DGC como resultado dum a ântese precoce e dum a maturação mais prolongada, e Acalou até aos 666 DGC devido a um desenvolvimento geral mais lento.

### **9.1.3 –Cevada, nas situações A, B e C**

O Quadro XI permite-nos uma apreciação global das necessidades da cevada em acumular Dias Grau de Crescimento para atingir algumas das etapas morfofisiológicas do seu desenvolvimento. Neste contexto, verificamos que os quantitativos para atingir a maturação fisiológica foram menos elevados neste tipo de germoplasma do que os observados nos trigos (mole e duro), em qualquer das situações contrastantes em estudo, o que evidencia rapidez no enchimento do grão, com possibilidade de escape às temperaturas elevadas de final de ciclo.

A emissão de 8 folhas ( $L_8$ ) pelas variedades foi comum, nas três condições. Apenas Sereia apresentou 6 folhas ( $L_6$ ), em C. Para esta etapa, Alexis e Trianon acumularam mais DGC do que Gimpel e Sereia, em A e C; em B, Trianon acumulou apenas 377 DGC.

**Quadro XI - Dias Grau de Crescimento acumulados pelos genótipos de cevada em algumas etapas morfofisiológicas do desenvolvimento, nas três situações em estudo (A, B e C).**

Genótipos	Folhas do colmo principal						Filhos do colmo principal						1º nó no colmo principal						Espigamento						Antese						Maturação						Enchimento do Grão					
	Número			última folha (DGC)			Número			1º filho (DGC)			último filho (DGC)			A B C			A B C			A B C			A B C			A B C			A B C			A B C			A B C					
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C						
Alexis	8	8	8	552	395	450	4	2	2	225	101	101	369	128	142	503	474	395	760	632	599	788	744	666	1191	1145	1124	403	401	458												
Gimpel	8	8	8	507	437	406	4	2	2	219	158	106	334	214	156	445	392	389	685	570	556	714	651	627	1191	1075	1065	477	424	438												
Trianon	8	7	7	552	377	413	4	2	2	225	116	97	290	196	166	472	426	454	760	619	616	788	756	716	1330	1226	1149	542	470	433												
Sereia	8	8	6	508	409	265	3	2	2	231	128	110	340	162	208	460	367	325	546	517	474	690	561	542	1144	1043	985	454	482	453												

O maior número de filhos do colmo principal verificou-se na situação A, não existindo grande variação entre os genótipos; aqui os valores opostos foram os de Gimpel que foi o que iniciou o afilhamento mais cedo (219 DGC) e o de Sereia, que foi o que afilhou mais tarde (231 DGC). De salientar que as temperaturas mais altas verificadas nos ensaios de sementeira mais tardia aceleraram a taxa de desenvolvimento, de modo que em B e C os valores foram menores.

Em relação ao início do encanamento, ao espigamento, à ântese e à maturação, as variedades Alexis e Trianon mostraram, de um modo geral e nas três situações, valores mais elevados em Dias Grau de Crescimento do que os restantes genótipos. Para as mesmas etapas morfofisiológicas, a cultivar Sereia foi sempre a mais precoce.

Quanto à duração do período de enchimento do grão, e de acordo com as condições de ensaio, observamos que em A e B, foi mais curto para Alexis; em C, esta variedade passou a ter que acumular o maior valor (458 DGC) contra os 433 DGC de Trianon. De referir a posição de Sereia que, para as sementeiras mais tardias, apresentou maiores exigências na formação final do grão.

## **9.2 - A produção de grão, os componentes da produção e outros parâmetros de interesse agronómico, nos genótipos de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo)**

Como já referimos, a produção de grão dos cereais depende fundamentalmente de três componentes: do nº espigas/m<sup>2</sup>, do nº grãos/m<sup>2</sup> e do peso do grão. Tem-se no entanto constatado, em trabalhos realizados nos últimos anos, que podem ser conseguidos aumentos de produtividade com aumentos de biomassa, uma vez que esta característica parece estar altamente relacionada com os valores da produção. No entanto, há outro parâmetro do rendimento do grão - índice de colheita - que é considerado cada vez mais importante na selecção de variedades.

Sendo assim, para cada espécie e em cada uma das situações estudadas, examinámos os resultados obtidos pelos diferentes genótipos nestes componentes e parâmetros produtivos, a fim de avaliarmos de que modo eles variaram nas diferentes condições culturais e de que forma influenciaram a respectiva produção final de grão.

### 9.2.1 - Na situação cultural A

Ao analisarmos o Quadro XII, verificamos que os genótipos de trigo mole de ciclo de primavera na situação A apresentaram, na produção de grão e seus componentes, valores com diferenças estatisticamente significativas, enquanto que os de ciclo alternativo tiveram, em termos estatísticos, resultados não significativamente distintos, à excepção do peso de 1000 grãos.

No tipo fisiológico de primavera, em relação à produção de grão, temos a destacar cinco genótipos com valores superiores à média do grupo e Cno79#2/Pr1"S" como a variedade com o resultado mais baixo (3530 kg/ha); nos cinco destacados, quando a produtividade final de grão assentou no número de grãos por unidade de área (Anza, Mondego e Golia) o peso do grão foi sacrificado, inversamente, este componente contribuiu para a produção nos genótipos com menor nº grãos/m<sup>2</sup> (TE 9111 e TE 9114).

No tipo fisiológico alternativo, a produção de grão teve nas variedades Eufrates e Goelent os valores extremos e estatisticamente distintos ( $P \leq 0.01$ ): a primeira com 5430 kg/ha foi a única com resultado acima do valor médio, enquanto que a segunda, com 4475 kg/ha, teve a menor produção. Se nos debruçarmos sobre os componentes, verificamos que Eufrates foi a cultivar que continuou nos lugares cimeiros apresentando elevados nº espigas/m<sup>2</sup> (901), nº grãos/m<sup>2</sup> (17030) e satisfatório peso de 1000 grãos (37.72g). A variedade Soissons teve nos dois primeiros componentes valores acima da média, mas um peso de 1000 grãos relativamente baixo (30.77g) que certamente contribuiu para uma produtividade final de grão baixa.

No Quadro XIII, figuram os restantes parâmetros relacionados com o rendimento final de grão e verificamos que os genótipos apresentaram valores com diferenças estatisticamente significativas entre si, à excepção da biomassa à ântese no tipo fisiológico de primavera e do índice de colheita no alternativo. Numa perspectiva global, o material com este último hábito de crescimento apresentou os resultados mais elevados.

De acordo com o quadro e para o material de ciclo de primavera, podemos constatar que na biomassa à ântese não existiram, em termos estatísticos, diferenças significativas entre os valores obtidos pelos vários genótipos. No entanto, a linha TE 9113 destacou-se claramente das restantes, com 9461 kg/ha; os outros resultados acima do valor médio foram apresentados por TE 9114, Mondego, TE 9111 e Sever.

Na biomassa à maturação, os dados do germoplasma apresentaram diferenças significativas ao nível de 1%; os valores dos genótipos TE 9114, Anza, Mondego e Sever, não foram estatisticamente distintas entre si ( $P \leq 0.01$ ), mas já o foram em relação ao resultado de TE 9113, que foi o maior.

Se observarmos a altura, verificamos que o material com valores acima da média foi precisamente aquele que teve maior biomassa à ântese e à maturação.

Para o índice de colheita, as diferenças nos valores dos genótipos foram significativas para 1%: Golia teve o mais elevado do grupo e estatisticamente distinto (teste de Duncan) de TE 9111 que, conjuntamente com Anza, apresentaram os outros dois resultados superiores à média.

Por último, a massa do hectolitro nesta situação cultural teve valores que foram próximos dos considerados característicos da espécie (75-80 kg/hl) e com diferenças estatísticas altamente significativas. Os genótipos Anza, TE 9114 e TE 9111, apresentaram os resultados mais elevados.

No conjunto do material com hábito de crescimento alternativo, no índice de colheita, foram pequenas as variações observadas, de modo que, a separação das médias através do teste de Duncan não se efectuou e a diferença mínima significativa não foi calculada. A variedade Eufrates teve a maior altura e tanto o resultado deste parâmetro como o da biomassa à ântese não mostraram diferenças estatísticas significativas em relação ao de Goelent. Relativamente à biomassa à maturação verificámos que, a primeira destas cultivares continuou a ocupar lugar de destaque, seguida de Soissons que teve também valor superior à média, apesar de não ser estatisticamente distinto ( $P \leq 0.01$ ) do apresentado por Goelent e por Centauro.

Na massa do hectolitro, os genótipos tiveram resultados com diferenças significativas ao nível de 1% e, de acordo com o teste de Duncan, Eufrates com 80.76 kg/hl foi estatisticamente distinta das restantes variedades. Não podemos deixar de emitir um comentário relativamente a este parâmetro que tem demonstrado boa correlação com a adaptação dos materiais, uma vez que verificamos aqui a importância da selecção local para conseguir genótipos bem adaptados: a cultivar Eufrates foi sujeita a uma forte pressão de selecção nas nossas condições, revelando assim superioridade em relação às outras variedades seleccionadas em regiões bem distintas, da Itália e França.

Quadro XII - Média, teste de Duncan e análise de variância da produção de grão e dos componentes da produção nos genótipos de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo), na situação A.

### Tipo fisiológico de primavera

Genótipos	(kg/ha)	Produção		nº espigas/m <sup>2</sup> Teste Duncan (P<0,01)	nº grãos/m <sup>2</sup> Teste Duncan (P<0,01)	(g)	Peso de 1000 grãos Teste Duncan (P<0,01)
		A+	B				
TE 9111	5199	A+		706	A B C D+	13326	A+ B+ C
TE 9114	5171	A	B	658	A B C D	12122	B C
Arza	4756	A	B	748	A B C D	16606	42,55
Mondego	4749	A	B	632	C D	17038	38,12
Golia	4697	A	B	644	B C D	14670	32,27
TE 9113	3938	A	B	629	D	9030	33,67
Sever	3786	B	C	762	A	9376	D
Cro79#2/Pr"5"	3530	C		741	A B C	9018	A
Média	4478			690		13013	B
c.v. (%)	14,34			8,29		15,57	C
d.m.s. ( $\alpha=0,05$ )	1124	*		100		3721	B
Significância				*		**	
							***

### Tipo fisiológico alternativo

Genótipos	(kg/ha)	Produção		nº espigas/m <sup>2</sup> Teste Duncan (P<0,01)	nº grãos/m <sup>2</sup> Teste Duncan (P<0,01)	(g)	Peso de 1000 grãos Teste Duncan (P<0,01)
		A+	B				
Eufrates	5430	A+		901	A+	17030	A+
Centauro	4805	A	B	724	A B	14554	37,72
Solissons	4792	A	B	825	A B	16620	A+
Goelent	4475	B		674	B	15089	32,75
Média	4876			781		15823	33,20
c.v. (%)	7,3			12,48		9,95	6,16
d.m.s. ( $\alpha=0,05$ )	711	n.s.		195		3144	4,08
Significância				n.s.		n.s.	*

\* , \*\* , \*\*\* e n.s. - Significativo a 5%, 1%, 0,1% e não significativo (10%)

+ Os valores seguidos de letras idênticas não são estatisticamente diferentes, segundo o teste de Duncan.

Quadro XIII - Média, teste de Duncan e análise de variância de alguns parâmetros de interesse agronómico nos genótipos de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo), na situação A

#### Tipo fisiológico de primavera

Genótipos	(cm)	Altura		Biomassa à ântese		Biomassa à maturação		Índice de Colheita		Massa do hectolitro	
		Teste Duncan (P<0.01)	(kg/ha)	Teste Duncan (P<0.01)	(kg/ha)	Teste Duncan (P<0.01)	(%)	Teste Duncan (P<0.01)	(kg/ha)	Teste Duncan (P<0.01)	(kg/ha)
TE 9111	86	B C+	8255	A B C+	15528	B C+	34	B C+	79.03	A B C+	
TE 9114	89	B C	8914	A B	17208	B	30	C	80.15	A B	
Anza	86	B C	7915	A B C	17042	B	37	A B C	80.73	A	
Mondego	91	B	8791	A B C	16486	B	33	B C D	78.66	B C D	
Golia	63	D	698	C	12486	D	40	A B C D	78.12	C D E	
TE 9113	100	A	9461	A	19417	A	32	B C D	76.98	A D	
Sever	85	B C	8135	A B C	16986	B	29	C D	76.78	E F	
Cn07#2/Pr"Sw"	83	C	6690	B C	13569	C D	26	D	75.80	B	
Média	85		8045		16090		33		78.28		
c.v. (%)	4.68		16.70		7.02				1.26		
d.m.s. ( $\alpha=0.05$ )	7		2353		1979		0.06		1.72		
Significância	***		n.s.		**		***		***		

#### Tipo fisiológico alternativo

Genótipos	(cm)	Altura		Biomassa à ântese		Biomassa à maturação		Índice de Colheita		Massa do hectolitro	
		Teste Duncan (P<0.01)	(kg/ha)	Teste Duncan (P<0.01)	(kg/ha)	Teste Duncan (P<0.01)	(%)	Teste Duncan (P<0.01)	(kg/ha)	Teste Duncan (P<0.01)	(kg/ha)
Eufrates	95	A+	10245	A B+	19625	A+	32	-	80.76	A+	
Centauro	83	B	8466	B	14528	B	33	-	78.10	B	
Soissons	75	B	9281	A B	16736	B	31	-	77.96	B	
Goelent	92	A	11046	A	15819	B	30	-	74.30	C	
Média	86		9760		16677		32		77.78		
c.v. (%)	5.12		9.28		8.1		5.84		1.28		
d.m.s. ( $\alpha=0.05$ )	9		1810	*	2698	*	-		1.98		
Significância	***		n.s.		*		n.s.		**		

\* ; \*\* e n.s. - Significativo a 5%, 1%, 0.1% e não significativo (10%)

+ Os valores seguidos de letras idênticas não são estatisticamente diferentes, segundo o teste de Duncan.

### 9.2.2 - Na situação cultural B

No condicionalismo cultural B, em que o germoplasma foi semeado mais tarde, as variedades de tipo fisiológico alternativo Soissons e Centauro, não alongaram os colmos permanecendo praticamente no estadio de roseta. Devido a este facto, deixámos de as considerar no nosso estudo, por falta de valores recolhidos a partir do afilhamento.

Antes de nos debruçarmos detalhadamente sobre o Quadro XIV, uma observação global permite-nos evidenciar o facto das médias registadas pelo germoplasma de trigo mole de ciclos de primavera e alternativo, para a produção final de grão e seus componentes, serem inferiores às verificadas na situação favorável A.

Passando à análise detalhada do quadro e começando no germoplasma de hábito de primavera, verificamos que as diferenças entre os valores da produção de grão dos genótipos não foram, em termos estatísticos, significativas; as linhas TE 9111 e Cno79#2/Prl"S" foram as mais produtivas contrariamente a TE 9113, que teve o menor valor (2942 kg/ha).

Em relação ao nº espigas/m<sup>2</sup>, o material apresentou resultados que não foram significativamente diferentes entre si, no âmbito estatístico; as cultivares Sever, Anza, Cno79#2/Prl"S" e Golia mostraram números superiores ao valor médio para este componente, continuando o genótipo TE 9113 a ocupar o último lugar, com 489 espigas/m<sup>2</sup>.

No nº grãos/m<sup>2</sup>, Golia foi a variedade que teve o maior valor (12177 grãos/m<sup>2</sup>) e estatisticamente distinto do correspondente a TE 9113 e a Sever, que tiveram os dados mais baixos. Acima do valor médio estiveram ainda as variedades Cno79#2/Prl"S", Anza e Mondego.

Relativamente ao peso de 1000 grãos, os trigos moles de ciclo de primavera tiveram valores com diferenças estatísticas altamente significativas. Nos genótipos com peso do grão superior ao valor médio do conjunto (Sever, TE 9114, TE 9111 e Cno79#2/Prl"S"), parece ter sido este o componente que mais contribuiu para o rendimento final do grão.

Nas variedades de hábito de crescimento alternativo, não temos a separação de médias nem a diferença mínima significativa, devido ao facto de serem apenas dois genótipos. Mas podemos verificar, para o nº espigas/m<sup>2</sup> e para o peso de 1000 grãos, que a diferença estatística entre os valores não foi significativamente distinta. Contudo, nesta situação cultural, a cultivar Goelent apesar de apresentar um peso de 1000 grãos (24.86 g) mais baixo do que o valor da média (26.59 g) e do que o relativo a Eufrates (28.32 g), teve um nº espigas/m<sup>2</sup> (508) e um nº grãos/m<sup>2</sup> (9398) suficiente para uma produção igual a 2552 kg/ha.

Quadro XIV - Média, teste de Duncan e análise de variância da produção de grão e dos componentes da produção nos genótipos de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo), na situação B.

#### Tipo fisiológico de primavera

Genótipos	(kg/ha)	Produção		nº espigas/m <sup>2</sup> Teste Duncan (P≤ 0.01)	nº grãos/m <sup>2</sup> Teste Duncan (P≤ 0.01)	Peso de 1000 grãos (g)	Peso de 1000 grãos (g) Teste Duncan (P≤ 0.01)
		Teste Duncan (P≤ 0.01)	A+				
TE 9111	4272	A+		529	10567	A B C+	34.87
Cno79#2/Pri"S"	4044	A		602	10346	A B	34.81
TE 9114	3981	A B		548	10792	A B	38.83
Anza	36555	A B		606	11877	A B	30.77
Mondego	3454	A B		553	11790	A B	27.50
Sever	3317	A B		633	8242	C	D
Golia	3262	A B		588	12177	A	D
TE 9113	2942	B		489	9507	B C	40.94
Média	3616			569	10862		28.54
c.v. (%)	15.19			17.16	12.25		35.86
d.m.s. ( $\alpha=0,05$ )	926			171	2330		B C
Significância	n.s.			n.s.	*		***

#### Tipo fisiológico alternativo

Genótipos	(kg/ha)	Produção		nº espigas/m <sup>2</sup> Teste Duncan (P≤ 0.01)	(g)	nº grãos/m <sup>2</sup> Teste Duncan (P≤ 0.01)	Peso de 1000 grãos (g)	Peso de 1000 grãos (g) Teste Duncan (P≤ 0.01)
		Teste Duncan (P≤ 0.01)	A+					
Goelent	2552	-		508	9398	-	24.86	-
Efrates	993	-		333	3118	-	28.32	-
Média	1773			421	6258		26.59	
c.v. (%)	3.73			25.50	19.23		8.27	
d.m.s. ( $\alpha=0,05$ )	-			-	-		-	
Significância	**			n.s.	*		n.s.	

\* , \*\* e n.s. - Significativo a 5%, 1%, 0.1% e não significativo (10%)  
+ Os valores seguidos de letras idênticas não são estatisticamente diferentes, segundo o teste de Duncan.

Para tentarmos compreender o comportamento do germoplasma do trigo mole nesta situação B, temos que nos debruçar sobre as outras características relacionadas com o rendimento final da cultura. Da análise do Quadro XV, ressalta a satisfatória significância dos resultados dos genótipos em relação a todos os parâmetros, à excepção da biomassa à ântese onde os dados apresentaram diferenças que não foram estatisticamente significativas. Verificamos que: TE 9113 teve valores acima da média para a altura (80 cm), para a biomassa à ântese (6823 kg/ha) e para a biomassa à maturação (12667 kg/ha), mas teve um dos índices de colheita e uma massa do hectolitro mais baixos (27% e 76 kg/hl, respectivamente); TE 9114 manteve um lugar de destaque em todos os parâmetros; TE 9111 só na biomassa à maturação desceu abaixo da média dos trigos moles de ciclo de primavera (11153 kg/ha); a variedade Golia, que esteve sempre abaixo do valor médio, conseguiu ter um índice de colheita de 38% beneficiando, provavelmente, de um ciclo mais tardio, sobretudo em situação de regadio.

Em relação aos genótipos de ciclo alternativo, em termos estatísticos, não existiram valores com diferenças significativas em todos os parâmetros; Goelent conseguiu apresentar algum protagonismo, no entanto, o índice de colheita foi baixo (22%).

### **9.2.3 - Na situação cultural C**

Na situação cultural C, sob constrangimentos térmico e hídrico, o material vegetal não expressou o seu potencial genético, e por análise do Quadro XVI, podemos verificar que as respostas dos genótipos apresentaram valores mais baixos do que os observados nas situações A e B. No grupo do material de hábito de primavera, só no componente nº espigas/m<sup>2</sup> é que não existiram diferenças estatisticamente significativas entre os resultados obtidos; na produção de grão tivemos quatro genótipos com um comportamento superior ao valor da média, destacando-se em todos os componentes as linhas TE 9111 e Cno79#2/Prl"S"; TE 9114, se no resultado do nº espigas/m<sup>2</sup> não foi estatisticamente diferente do apresentado pelos restantes genótipos teve, no entanto, um nº grãos/m<sup>2</sup> elevado (8255) o que, conjuntamente com um bom peso de 1000 grãos (42.94 g), contribuiu para a produção de 2451 kg/ha.

Quadro XV - Média, teste de Duncan e análise de variância de alguns parâmetros de interesse agronómico nos genótipos de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo), na situação B.

#### Tipo fisiológico de primavera

Genótipos	(cm)	Altura Teste Duncan (P≤0.01)	Biomassa à ántese (kg/ha)		Biomassa à maturação (kg/ha)	Teste Duncan (P≤0.01)	Indice de Colheita (%)	Massa do hectolitro (kg/hl)	Teste Duncan (P≤0.01)	Massa do hectolitro (kg/hl)	Teste Duncan (P≤0.01)
			A	B							
TE 9111	81	A <sup>+</sup>	6670	A	11153	B+	33	A	B	80.27	A
Cno79#2/Pri" S"	78	A	5423	B	12306	A	34	A	B	80.24	B <sup>+</sup>
TE 9114	77	A	7680	C	12375	A	34	A	B	80.19	A
Anza	77	A	5775	A	11972	A	31	B	C	80.33	B
Mondego	77	A	5687	B	11111	B	29	B	C	76.72	D
Sever	80	A	6073	A	13292	A	26	D	D	78.94	E
Golia	49	B	4651	C	9014	C	38	A	D	78.06	C
TE 9113	80	A	6823	A	12667	A	27	C	D	76.00	D
Média	75		6098		11736		31			78.93	E
c.v. (%)	5.49		17.23		7.45		10.53			1.17	
d.m.s. ( $\alpha=0,05$ )	7		1840		1532		0.06			1.62	
Significância	***		n.s.		**					***	

#### Tipo fisiológico alternativo

Genótipos	(cm)	Altura Teste Duncan (P≤0.01)	Biomassa à ántese (kg/ha)		Biomassa à maturação (kg/ha)	Teste Duncan (P<0.01)	Indice de Colheita (%)	Massa do hectolitro (kg/hl)	Teste Duncan (P≤0.01)	Massa do hectolitro (kg/hl)	Teste Duncan (P≤0.01)
			A	B							
Goelent	86	-	5885	-	10514	-	22	-	-	75.41	-
Eufrates	80	-	8638	-	6597	-	14	-	-	78.79	-
Média	82		7262		8556		18			77.10	
c.v. (%)	2.61		9.41		16.24		28.94			1.47	
d.m.s. ( $\alpha=0,05$ )	-		n.s.		n.s.		n.s.			n.s.	
Significância	n.s.										

\* , \*\* e n.s. - Significativo a 5%, 1%, 0.1% e não significativo (10%)

+ Os valores seguidos de letras idênticas não são estatisticamente diferentes, segundo o teste de Duncan.

Quadro XVI - Média, teste de Duncan e análise de variância da produção de grão e dos componentes da produção nos genótipos de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo), na situação C.

#### Tipo fisiológico de primavera

Genótipos	(kg/ha)	Produção Teste Duncan (P ≤ 0,01)	nº espigas/m <sup>2</sup> Teste Duncan (P ≤ 0,01)	nº grãos/m <sup>2</sup> Teste Duncan (P ≤ 0,01)	Peso de 1000 grãos	
					(g)	Teste Duncan (P ≤ 0,01)
TE 9111	2802	A+	491	6982	A	38.67
TE 9114	2451	A	385	6966	A	42.94
Cno79#2/Pri'S*	2336	A	486	8255	A	39.00
Sever	2262	A	407	5681	B	42.38
TE 9113	2062	B	328	5877	B	39.43
Anza	1808	B	485	6845	A	34.99
Golia	1662	C	394	6010	B	29.37
Mondego	1581	D	379	7038	A	31.82
Média	2121		419	6707		37.33
c.v. (%)	16.37		19.72	11.32		3.67
d.m.s. ( $\alpha = 0,05$ )	608		145	1330		2.40
Significância	**		n.s.	*		***

#### Tipo fisiológico alternativo

Genótipos	(kg/ha)	Produção Teste Duncan (P ≤ 0,01)	nº espigas/m <sup>2</sup> Teste Duncan (P ≤ 0,01)	nº grãos/m <sup>2</sup> Teste Duncan (P ≤ 0,01)	Peso de 1000 grãos	
					(g)	Teste Duncan (P ≤ 0,01)
Eufrates	1627	-	442	5921	-	25.01
Goelent	690	-	273	2450	-	28.75
Média	1159		358	4186		26.88
c.v. (%)	26.27		24.19	23.14		3.37
d.m.s. ( $\alpha = 0,05$ )	-		-	-		*
Significância	n.s.		n.s.	*		

\* ; \*\* ; \*\*\* e n.s. - Significativo a 5%, 1%, 0,1% e não significativo (10%)

+ Os valores seguidos de letras idênticas não são estatisticamente diferentes, segundo o teste de Duncan.

Nas variedades com piores resultados, tivemos: Golia, que na situação de sementeira mais tardia e sem dotações de água que favoreçam o desenvolvimento das plantas, acabou por deixar transparecer um desajustamento do seu ciclo; Anza, que apesar de um satisfatório nº espigas/m<sup>2</sup> e de uma razoável fertilidade dessas espigas, teve um peso do grão que sacrificou bastante o valor do rendimento (1808 kg/ha); Mondego, que apesar de um bom resultado no nº grãos/m<sup>2</sup>, não conseguiu um bom enchimento do grão, que se traduziu num peso de 1000 grãos baixo (31.82 g), com reflexo na produção (1581 kg/ha).

No germoplasma de tipo fisiológico alternativo, os resultados obtidos denotaram o completo desenquadramento deste material em situações de cultura desfavorável; os componentes da produção traduziram a fraca adaptabilidade deste material a situações de *stress*. Efectivamente, de acordo com o Quadro XVII, enquanto os valores dos genótipos de ciclo de primavera, tiveram um baixo coeficiente de variação (à excepção da biomassa à ântese) e apresentaram diferenças estatisticamente significativas, o mesmo não podemos expressar com respeito às variedades de tipo fisiológico alternativo nas quais a não significância traduziu a fraca fiabilidade do seu comportamento.

Nesta situação cultural verifica-se que houve, em parte, compensação no peso do grão para fazer face à diminuição do nº grãos/m<sup>2</sup>. Esta circunstância revela que, quando através da prática cultural se melhora a *sink* (nº grãos/m<sup>2</sup>) passa a existir uma certa limitação da *source* para corresponder à produção de fotoassimilados a transportar para os grãos. Os resultados indicaram uma forte influência da temperatura na redução da *source* (capacidade para produzir e translocar assimilados para o grão). Este aspecto é particularmente importante nas situações de regadio, onde não existe, à partida, limitação por parte da *sink*.

Quadro XVII - Média, teste de Duncan e análise de variância de alguns parâmetros de interesse agronómico nos genótipos de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo), na situação C.

#### Tipo fisiológico de primavera

Genótipos	(cm)	Altura		Biomassa à ântese		Biomassa à maturação		Índice de Colheita		Massa do hectolitro (kg/ha)	Teste Duncan (P ≤ 0.01)
		Teste Duncan (P ≤ 0.01)	Biomassa (kg/ha)	Teste Duncan (P ≤ 0.01)	Biomassa (kg/ha)	Teste Duncan (P ≤ 0.01)	Biomassa (kg/ha)	Teste Duncan (P ≤ 0.01)	Teste Duncan (P ≤ 0.01)		
TE 9111	59	A	B	C+	4926	A+	7278	A B+	37	A	A+
TE 9114	57	B	C	C	3787	A	7458	A B	40	A	A
Cn079#2/Pri'S'	59	A	B	C	4326	A	7694	A	42	A	81.95
Sever	60	A	B	B	4359	A	7278	A B	33	C	82.77
TE 9113	63	A	B	B	4897	A	7083	A B	33	C	80.02
Anza	61	A	B	D	3725	A	6944	A B	35	B	78.40
Golia	37			C	2506	C	4583	B	39	B	82.54
Mondégo	53			C	3605	B C	6208	B	36	B	78.96
Média	56				4016		6816		37		78.38
c.v. (%)	5.26				16.04		9.59		3.43		80.64
d.m.s. ( $\alpha = 0.05$ )	5				1128	**	1145	**	0.06		1.28
Significância	***								***		1.80

#### Tipo fisiológico alternativo

Genótipos	(cm)	Altura		Biomassa à ântese		Biomassa à maturação		Índice de Colheita		Massa do hectolitro (kg/ha)	Teste Duncan (P ≤ 0.01)
		Teste Duncan (P ≤ 0.01)	Biomassa (kg/ha)	Teste Duncan (P ≤ 0.01)	Biomassa (kg/ha)	Teste Duncan (P ≤ 0.01)	Biomassa (kg/ha)	Teste Duncan (P ≤ 0.01)	Teste Duncan (P ≤ 0.01)		
Eufrates	60	-	3361	-	32222	-	22	-	-	79	-
Goent	69	-	3514	-	6236	-	24	-	-	75	-
Média	65		3438		4729		23			77	
c.v. (%)	7.13		31		16.18		-			3.12	
d.m.s. ( $\alpha = 0.05$ )	-		-		n.s.		n.s.			-	n.s.
Significância	n.s.										

\* , \*\* e n.s. - Significativo a 5%, 1%, 0.1% e não significativo (10%)

+ Os valores seguidos de letras idênticas não são estatisticamente diferentes, segundo o teste de Duncan.

#### 9.2.4 - Interpretação resumida do comportamento do germoplasma de trigo mole nas três situações contrastantes

No intuito de melhor compreendermos a resposta dos genótipos de trigo mole, elaborámos figuras onde assinalamos o seu comportamento face aos condicionalismos culturais em estudo.

Na Figura 10, em relação à produção de grão (kg/ha), verificamos que a cultivar Eufrates teve o maior valor da situação A, perdendo a posição de destaque em B e C; as linhas TE 9111 e TE 9114 diminuíram a capacidade produtiva com o aumento das limitantes culturais, contudo, continuaram a ocupar o lugar cimeiro: em C, manifestaram capacidade para ultrapassar a falta de água aumentando, mesmo assim, o peso do grão; em B, mantiveram um elevado nº grãos/m<sup>2</sup>.

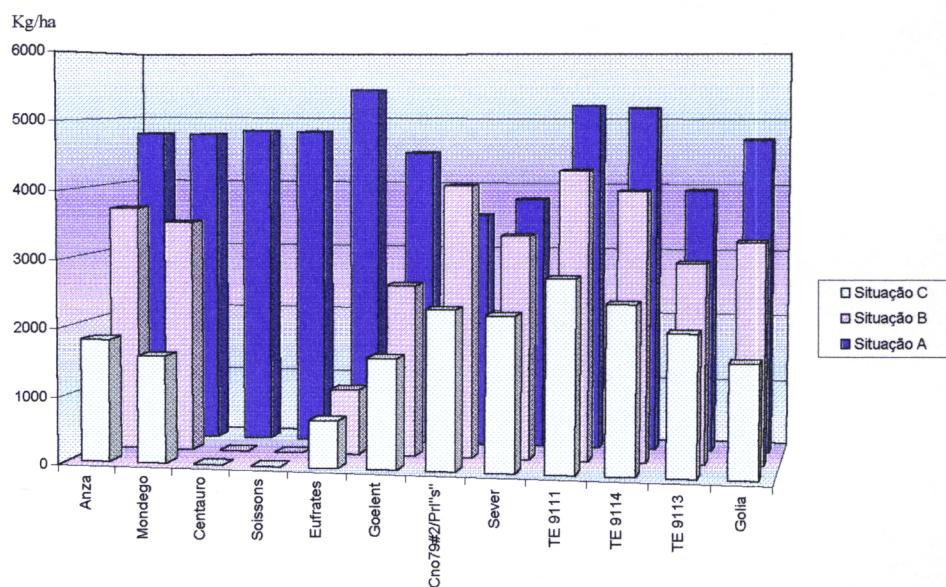


Fig. 10 - A produção de grão (kg/ha) por genótipo de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo) nas três situações contrastantes (A, B e C).

No nº espigas/m<sup>2</sup>, Figura 11, as cultivares de tipo fisiológico alternativo tiveram, na situação A, um valor idêntico a algumas de hábito de primavera, devido a um bom afilhamento e boa capacidade de sobrevivência dos filhos que, no entanto, diminuíram nas condições B e C. Houve um comportamento semelhante entre as linhas de hábito de primavera TE 9111, TE 9114 e TE 9113, com destaque para a segunda que na situação de sementeira mais tardia ainda conseguiu tirar proveito da rega. Golia e Cno79#2/Pr1"S", denotaram uma certa flexibilidade adaptativa.

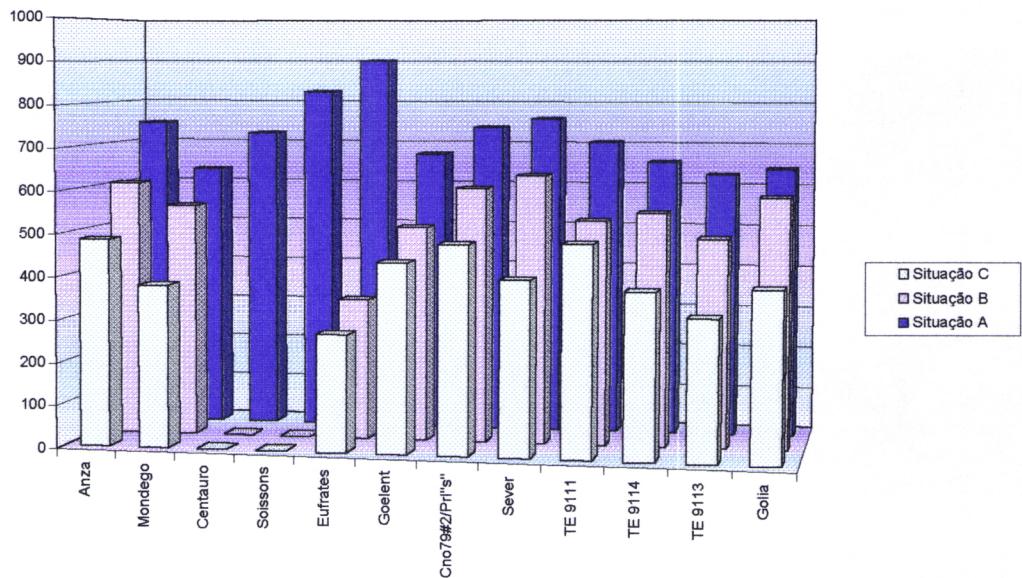


Fig. 11 - O nº espigas/m<sup>2</sup> por genótipo de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo) nas três situações contrastantes (A, B e C).

Na Figura 12, as variedades Anza e Mondego, sobejamente conhecidas e divulgadas na lavoura portuguesa, apresentaram na situação mais favorável uma boa fertilidade na espiga, contudo, tiveram uma quebra quando semeadas sob condicionalismos distintos. Aqui talvez seja útil apontarmos para o comportamento inverso dos genótipos recentemente desenvolvidos pelo Departamento de Cereais, TE 9111 e TE 9114.

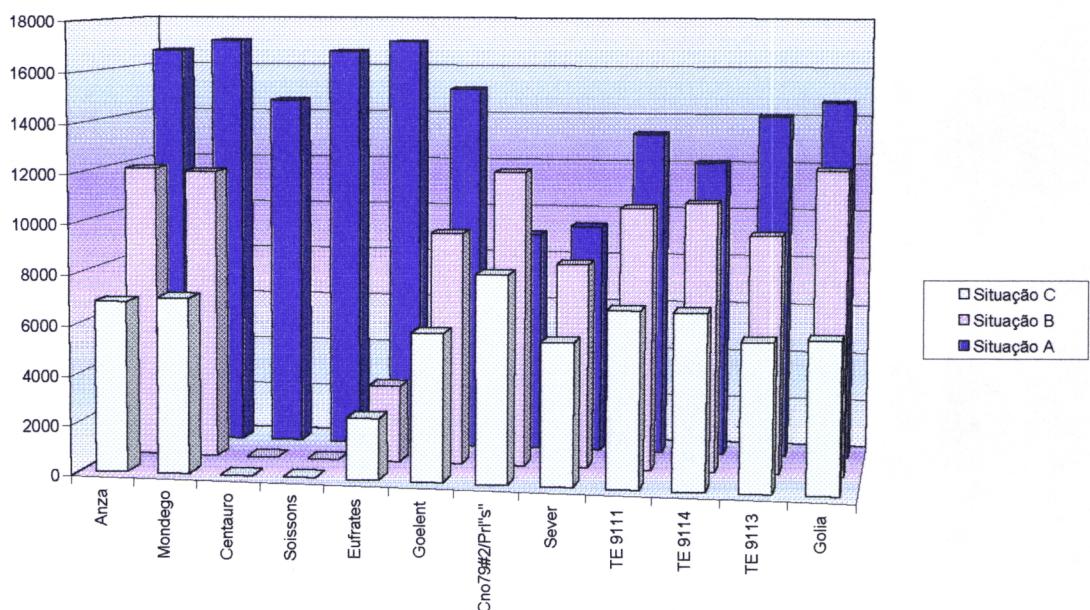


Fig. 12 – O nº grãos/m<sup>2</sup> por genótipo de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo) nas três situações contrastantes (A, B e C).

A biomassa à ântese (kg/ha), Figura 13, diminuiu na situação C, certamente devido à condicionante hídrica e térmica a que os materiais ficaram expostos, obrigando-os a um rápido desenvolvimento e à precoce senescência da parte aérea. Podemos ainda indagar que: a variedade Eufrates, na situação B, aproveitou bem as dotações de água; Cno79#2/Prl"S" e Golia, não tiveram grande capacidade para produzir biomassa em qualquer das situações e que Anza e Mondego estão ultrapassadas.

Estes comentários aplicam-se também à biomassa à maturação (kg/ha), Figura 14, onde a cultivar Eufrates foi seriamente prejudicada pela sementeira tardia, pelas temperaturas elevadas na fase final do ciclo e, sobretudo, pela falta de água.

O peso do grão (g), Figura 15, exceptuando nos genótipos de ciclo alternativo, foi menor na situação B (regadio) do que em C (sequeiro). Isto parece indicar que as elevadas temperaturas máximas durante o enchimento do grão provocaram um abaixamento do peso do grão, no entanto, não se verificou uma diminuição nos valores da produção, devido à compensação no nº grãos/m<sup>2</sup> que o material obteve na situação B relativamente a C.

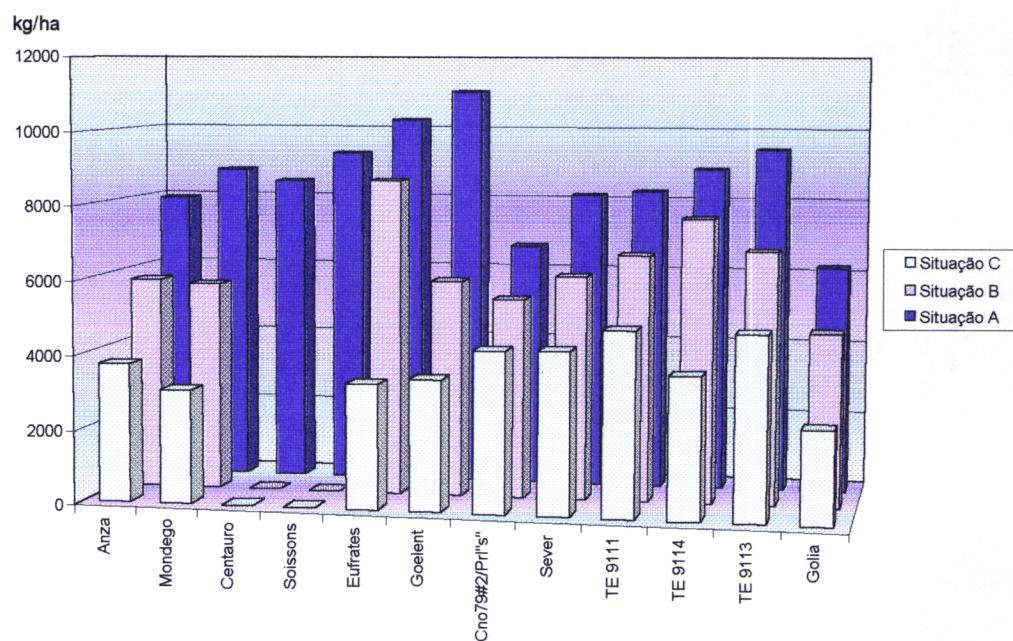


Fig.13 - A biomassa à ântese (kg/ha) por genótipo de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo) nas três situações contrastantes (A, B e C).

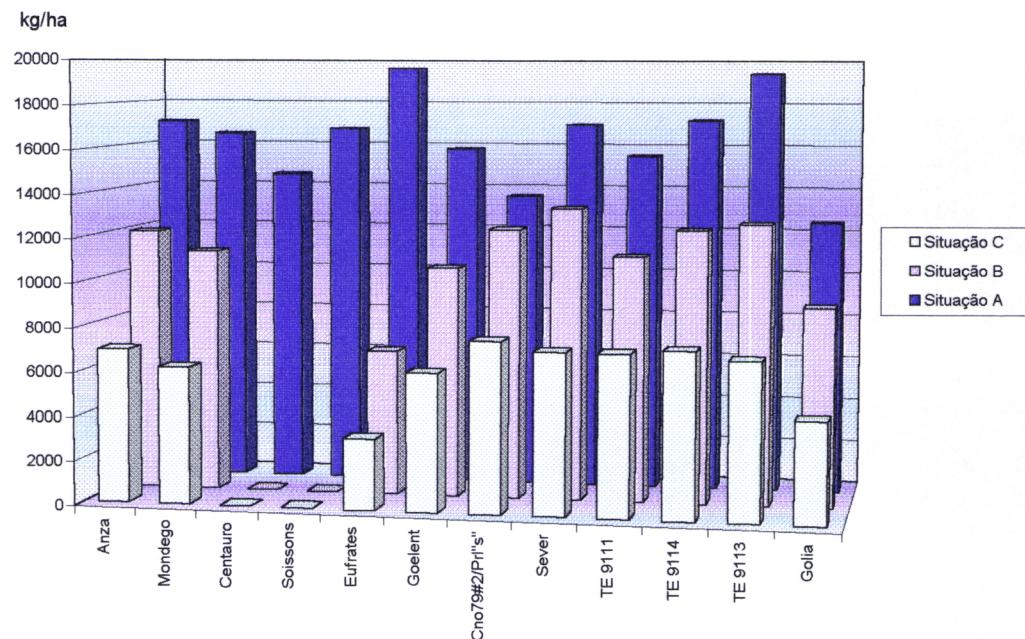


Fig.14 - A biomassa à maturação (kg/ha) por genótipo de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo) nas três situações contrastantes (A, B e C).

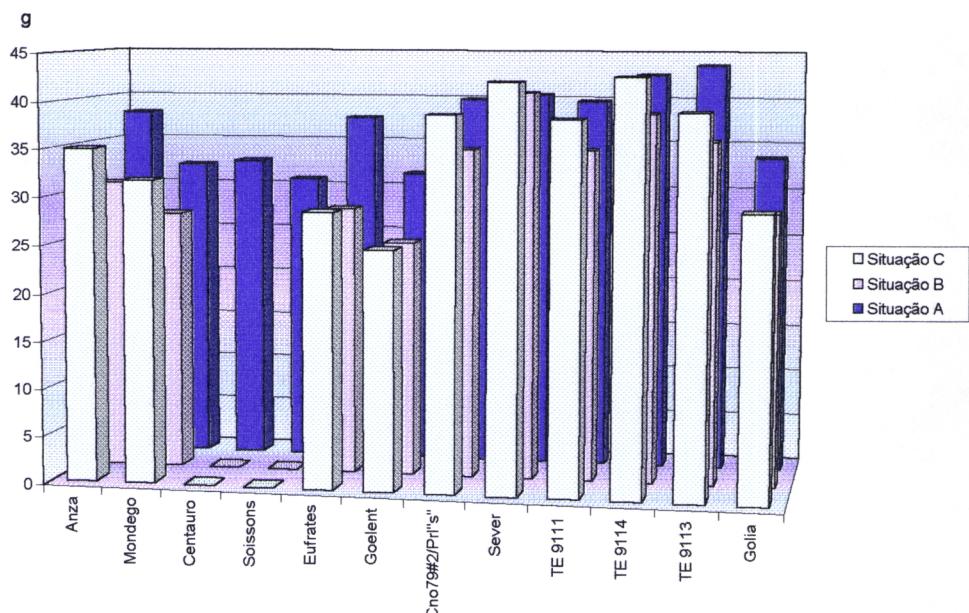


Fig.15 - O peso de 1000 grãos (g) por genótipo de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo) nas três situações contrastantes (A, B e C).

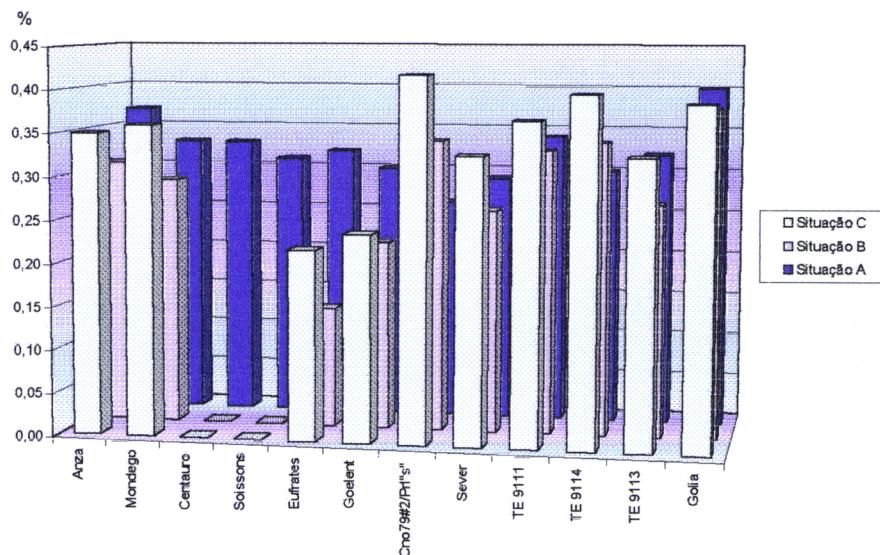


Fig. 16 - O índice de colheita (%) por genótipo de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo) nas três situações contrastantes (A, B e C).

O índice de colheita (%), Figura 16, foi quase sempre maior na situação C, à excepção de Anza, Eufrates, Goelent e Golia.

O comportamento dos genótipos em relação a este parâmetro parece revelar, nas condições mais favoráveis, a acumulação de matéria seca somente com interesse estrutural que não se reflecte na produção de grão. Este facto, indica-nos a importância de exercer pressão de selecção para o índice de colheita quando se pretende aumentar o potencial genético da produção, sobretudo para condições culturais favoráveis.

#### 9.2.4.1 - O germoplasma de trigo mole de ciclo de primavera *versus* alternativo

Para os dois hábitos de crescimento e tomando em consideração as médias de todas as características em análise, nas três situações distintas, podemos verificar, na Figura 17, que houve diminuição nos seus valores à medida que passamos de A para B e para C, como já tínhamos anteriormente assinalado, salvo no peso de 1000 grãos, no índice de colheita e na massa do hectolitro, Figura 18, para os quais a apreciação não é tão escalonada. Nesta última figura, relativamente ao primeiro daqueles componentes da produção, os menores valores foram na situação B e para os genótipos de ciclo de primavera, enquanto os de hábito alternativo tiveram comportamentos idênticos em B e C; na massa do hectolitro, não se manifestaram diferenças relevantes; com respeito ao índice de colheita, foi bem evidente a sua maior percentagem em C, para o tipo fisiológico de primavera.

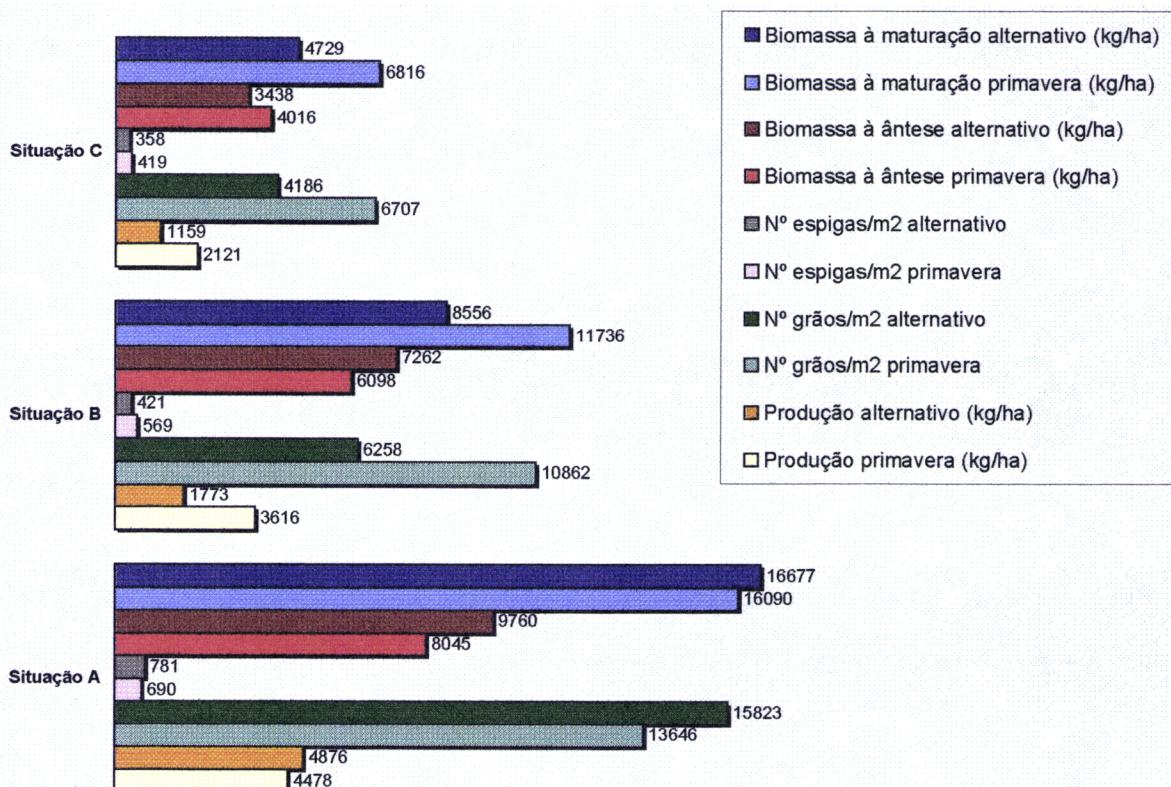


Fig.17 - Para cada situação contrastante (A, B e C), as médias da produção de grão (kg/ha), nº espigas/m<sup>2</sup>, nº grãos/m<sup>2</sup>, biomassa à ântese e à maturação (kg/ha), no germoplasma de ciclo de primavera e alternativo.

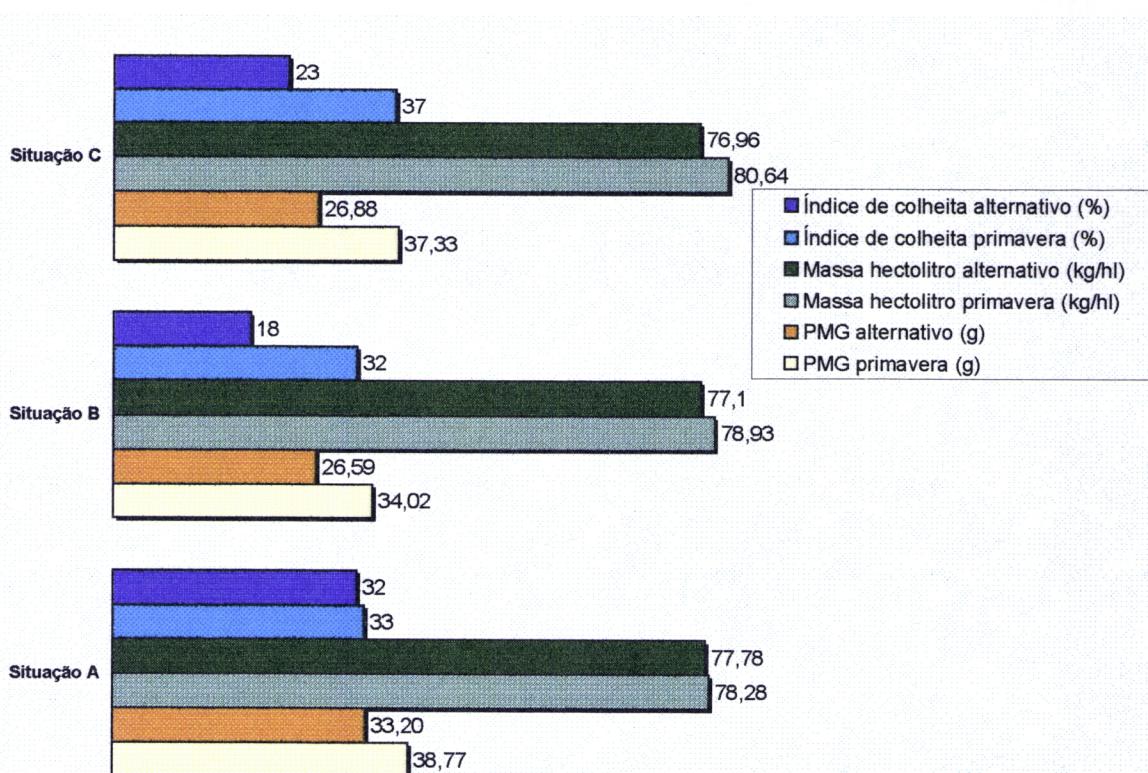


Fig.18 - Para cada situação contrastante (A, B e C), as médias do peso de 1000 grãos (g), massa do hectolitro (kg/hl) e índice de colheita (%), no germoplasma de ciclo de primavera e alternativo.

Para reforçar o que acabámos de comentar, podemos observar as Figuras 19 e 20, que de uma forma mais cómoda, permitem visualizar as alterações sofridas pela produção de grão, seus componentes e outros parâmetros agronomicamente relevantes, nas condições estudadas. Verificamos na Figura 19, que foi na situação A onde as variedades de hábito alternativo expressaram o potencial produtivo, tendo valores médios superiores aos de ciclo de primavera; este comentário inverteu-se quando passámos para B e C, onde os genótipos de tipo fisiológico de primavera foram superiores.

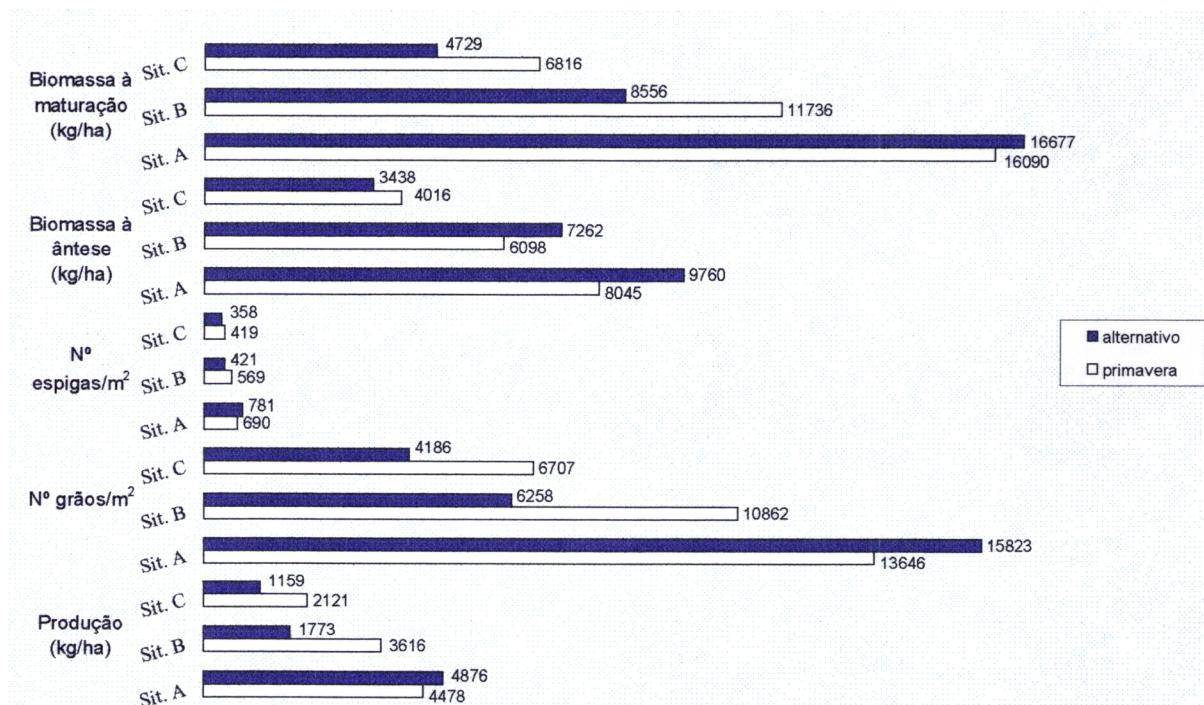


Fig.19 - Germoplasma de ciclo de primavera *versus* alternativo: médias da produção (kg/ha), nº grãos/m<sup>2</sup>, nº espigas/m<sup>2</sup>, biomassa à ântese (kg/ha) e biomassa à maturação (kg/ha) nas três situações contrastantes (A,B e C)

Na Figura 20, o germoplasma de ciclo de primavera assumiu, nas três situações culturais, a liderança no peso de 1000 grãos, na massa do hectolitro e no índice de colheita, mostrando ser menos penalizado, nestas características, pelo condicionalismo ambiental.

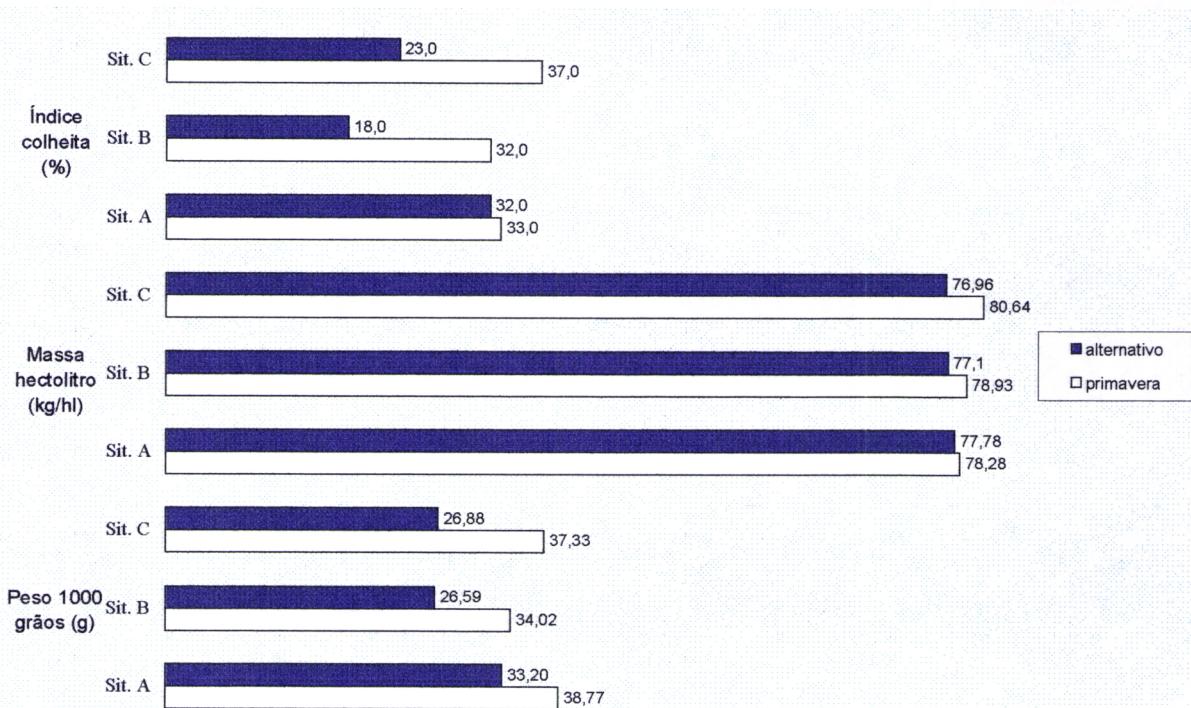


Fig. 20 - Germoplasma de ciclo de primavera *versus* alternativo: médias do peso de 1000 grãos (g), massa do hectolitro (kg/hl) e índice de colheita (%) nas três situações contrastantes (A, B e C)

### 9.2.5 - Correlação entre a produção de grão, componentes da produção e outros parâmetros agronómicos, nos 12 genótipos de trigo mole

Para o cálculo das correlações entre o rendimento de grão e todas as características biológicas com ele relacionadas, usámos os valores de cada um dos 12 genótipos de trigo mole em cada uma das três repetições e para cada situação cultural em estudo A, B e C, no sentido de analisar relações distintas em cada caso.

Embora conscientes que as correlações simples introduzem o perigo de considerar os atributos isolados, a realização deste teste pretendeu identificar as características que podem contribuir para minorar as quebras de produção que se verificaram em condições culturais menos favoráveis, sobretudo naquelas onde o efeito limitante da temperatura máxima se fez sentir em determinadas fases críticas do desenvolvimento das plantas, nomeadamente na fase de enchimento do grão. Concretamente, em relação ao nosso estudo, referimo-nos às situações B e C.

No entanto, a determinação dos coeficientes de correlação é sempre uma ferramenta indispensável nos trabalhos de melhoramento de plantas, não só por fornecerem indicação sobre a ligação dos atributos biológicos com a produção, mas também por orientarem os critérios de selecção ao darem indicação das consequências que pode vir a ter a metodologia usada ou a adoptar no futuro.

Nos Quadros XVIII, XIX e XX, apresentamos a matriz dos coeficientes de correlação ( $r$ ) entre a produção de grão, os componentes da produção e outros parâmetros agronómicos, medidos nas situações A, B e C, respectivamente, e para os 12 genótipos de trigo mole.

Quadro XVIII - Coeficientes de correlação ( $r$ ), entre a produção de grão, os componentes da produção e outros parâmetros agronómicos determinados em 12 genótipos de trigo mole, na situação A.

	Massa hectolitro	Biomassa ântese	Nº espigas/m <sup>2</sup>	Peso 1000 grãos	Nº grãos/m <sup>2</sup>	Biomassa maturação	Índice colheita	Produção	Altura
Massa hectolitro	1.000								
Biomassa ântese	0.077	1.000							
Nº espigas/m <sup>2</sup>	0.237	0.109	1.000						
Peso 1000 grãos	0.284	-0.007	-0.015	1.000					
Nº grãos/m <sup>2</sup>	0.268	0.271	0.253	-0.522	1.000				
Biomassa maturação	0.361	0.507	0.340	0.353	0.416	1.000			
Índice colheita	0.361	-0.156	-0.033	-0.206	0.620	-0.104	1.000		
Produção	0.568	0.331	0.111	-0.067	0.418	0.246	0.381	1.000	
Altura	0.078	0.565	-0.024	0.379	0.065	0.669	-0.291	0.058	1.000

Significância      0.001  $r \geq 0.518$   
                       (n=36)      0.01  $r \geq 0.418$   
                       0.05  $r \geq 0.324$

Analisando separadamente cada uma das situações e começando pelo Quadro XVIII, verificamos que a produção esteve positivamente correlacionada com a biomassa à ântese, com nº grãos/m<sup>2</sup> e com o índice de colheita. Não existiu correlação entre o peso do grão e a produção. Também se pode observar que o nº grãos/m<sup>2</sup> e o peso do grão estiveram negativa e altamente correlacionados ( $P \leq 0.001$ ). Outro parâmetro agronómico que é importante analisar é a biomassa à maturação, pois vários autores têm afirmado que poderá ser através da biomassa que se conseguirá atingir maiores produções (Hay & Walker, 1989); a partir dos valores do quadro verificamos que a biomassa à maturação para além de positivamente correlacionada com a biomassa à ântese e com a massa do hectolitro, também o esteve com o nº espigas/m<sup>2</sup>, com o nº grãos/m<sup>2</sup> e com o peso do grão.

Nesta situação cultural favorável A, um elevado nº grãos/m<sup>2</sup> pode ser relacionado com a existência dum grande número de grãos por espiga. Isto pode ser interpretado como uma melhor distribuição dos assimilados fotossintéticos para o desenvolvimento da espiga antes e durante a ântese para o que terá contribuído um elevado valor de biomassa, logo poder-se-à levantar a hipótese de que, o aumento deste parâmetro nas variedades poderá possibilitar o aumento da fertilidade das espigas e consequentemente a produção de grão.

Com respeito ao peso do grão, este é o componente da produção que depende da combinação da quantidade de assimilados durante o período de enchimento do grão e do número de grãos viáveis que há para encher. Nesta situação favorável A, não houve stress

hídrico, mas as temperaturas máximas foram elevadas no pós-ântese e como a capacidade fisiológica de compensação das plantas após a ântese é muito limitada, podemos atribuir ao factor térmico a principal causa do baixo peso do grão e, ao mesmo tempo, explicar a relação negativa entre este componente e o nº grãos/m<sup>2</sup>.

**Quadro XIX - Coeficientes de correlação ( r ), entre a produção de grão, os componentes da produção e outros parâmetros agronómicos determinados em 12 genótipos de trigo mole, na situação B.**

	Massa hectolitro	Biomassa ântese	Nº espigas/m <sup>2</sup>	Peso 1000 grãos	Nº grãos/m <sup>2</sup>	Biomassa maturação	Índice colheita	Produção	Altura
Massa hectolitro	1.000								
Biomassa ântese	-0.153	1.000							
Nº espigas/m <sup>2</sup>	-0.275	-0.159	1.000						
Peso 1000 grãos	-0.082	0.097	0.099	1.000					
Nº grãos/m <sup>2</sup>	0.092	-0.277	0.306	-0.304	1.000				
Biomassa maturação	0.273	-0.081	0.580	0.316	0.439	1.000			
Índice colheita	-0.242	-0.146	0.003	0.374	0.531	0.022	1.000		
Produção	-0.003	0.019	0.314	0.545	0.335	0.527	0.535	1.000	
Altura	-0.024	0.549	-0.102	0.128	-0.059	0.386	-0.275	0.232	1.000

Significância  
(n=36)                  0.001  $r \geq 0.518$   
                                0.01  $r \geq 0.418$   
                                0.05  $r \geq 0.324$

De acordo com os resultados mencionados no Quadro XIX, constatamos que, no condicionalismo cultural B em que semeamos mais tarde mas onde recorremos a regas sempre que necessário, a correlação entre a produção, o peso do grão e o índice de colheita foi positiva e altamente significativa ( $P \leq 0.001$ ), não obstante, a estreita relação com o nº grãos/m<sup>2</sup> que continuou a ser estatisticamente significativa ( $P \leq 0.05$ ).

Um outro parâmetro a assinalar é a altura dos genótipos, que esteve positiva e altamente correlacionada com o nº espigas/m<sup>2</sup> e com a biomassa à ântese apresentando-se também correlacionada ( $P \leq 0.05$ ) com a biomassa à maturação, mas não mostrou relação directa com a produção de grão. Isto para referirmos, que tendo os genótipos nesta condição cultural atingido menor altura que na situação A, a teoria defendida por Youssefian *et al.* (1992 a, b), que apontava os efeitos pleiotrópicos positivos na repartição de assimilados favorecendo a fertilidade da espiga nos materiais de palha mais baixa, devido à presença de um ou mais genes Rht, não se verificou nesta situação ambiental; o que ocorreu está mais de acordo com os trabalhos que Richards & Passioura (1992) levaram a cabo em condições mediterrânicas, e que lhes permitiram observar ser necessária a introdução dos genes Rht no germoplasma para as regiões de clima tipo mediterrânico a fim de manter uma altura óptima (70-100 cm) para uma produção mais favorável.

Ainda com base nos valores do quadro, e com o intuito de identificar possíveis respostas diferenciadas do grupo de genótipos em estudo, podemos dizer que aquele que consiga assegurar satisfatórios nº espigas/m<sup>2</sup>, nº grãos/m<sup>2</sup> e matéria seca total, a par de um bom peso do grão e índice de colheita, terá um promissor rendimento de grão, devido à correlação positiva entre estes parâmetros e a produção.

Quadro XX - Coeficientes de correlação ( r ), entre a produção de grão, os componentes da produção e outros parâmetros agronómicos determinados em 12 genótipos de trigo mole, na situação C.

	Massa hectolitro	Biomassa ântese	Nº espigas/m <sup>2</sup>	Peso 1000 grãos	Nº grãos/m <sup>2</sup>	Biomassa maturação	Índice colheita	Produção	Altura
Massa hectolitro	1.000								
Biomassa ântese	0.208	1.000							
Nº espigas/m <sup>2</sup>	0.308	0.255	1.000						
Peso 1000 grãos	0.614	0.567	0.154	1.000					
Nº grãos/m <sup>2</sup>	0.383	0.251	0.577	0.345	1.000				
Biomassa maturação	0.434	0.497	0.535	0.607	0.820	1.000			
Índice colheita	0.554	0.201	0.283	0.601	0.679	0.418	1.000		
Produção	0.425	0.480	0.379	0.695	0.584	0.657	0.637	1.000	
Altura	-0.102	0.503	0.103	0.111	0.087	0.408	-0.339	0.118	1.000

Significância  
(n=36)      0.001     $r \geq 0.518$   
                  0.01     $r \geq 0.418$   
                  0.05     $r \geq 0.324$

O Quadro XX diz respeito à situação C, onde procurámos assegurar um ambiente desfavorável semeando tarde e sem dotações de água. Numa tal condição cultural, os genótipos tiveram dificuldade em manifestar o potencial genético que transportam; o objectivo foi tentar encontrar material com capacidade para completar o ciclo de vida assegurando as componentes que são determinantes na produção.

Podemos verificar que a produção de grão esteve positiva e altamente correlacionada com o nº grãos/m<sup>2</sup>, com o peso de 1000 grãos, com a biomassa à maturação e com o índice de colheita; teve uma correlação significativa ( $P \leq 0.01$ ) com a biomassa à ântese, com o nº espigas/m<sup>2</sup> e com a massa do hectolitro.

A forte dependência da relação entre a produção e o peso de 1000 grãos, e as ligações destes com a biomassa à ântese, parecem indicar que para o sequeiro, é importante ter genótipos que consigam "escapar" ao efeito das altas temperaturas de pós-ântese, translocando para o grão os carbohidratos anteriormente produzidos pelo que, é também fundamental que assegurem uma boa matéria seca total.

O facto da correlação entre a altura dos genótipos com a biomassa à ântese e à maturação se ter revelado positiva e altamente significativa, e não ter existido relação entre o

primeiro parâmetro e a produção, só vem reforçar o comentário emitido na situação A, para a mesma característica agronómica.

Da análise conjunta dos resultados ressalta o interesse das variedades que conseguem sustentar a produção através do peso do grão. Este componente revelou-se importante nas situações B e C, indicando que o procedimento usado neste trabalho para estudar o efeito da temperatura na redução do peso do grão está correcto. Verifica-se aqui, a forte relação entre o peso do grão e a produção na situação B, sendo por isso de privilegiar a selecção de materiais que exibam menores reduções no peso do grão em condições de elevada temperatura.

### **9.3 - A produção de grão, os componentes da produção e outros parâmetros de interesse agronómico, nos genótipos de trigo rijo**

Também para o trigo rijo analisámos as variáveis, produção, componentes da produção e outros parâmetros com ela relacionados, por meio da análise de variância (ANOVA), considerando cada situação cultural separadamente, tal como já o tínhamos feito no trigo mole. Igualmente, obtivemos a diferença mínima significativa (d.m.s.) usando o quadrado médio do erro apropriado, o número de observações para o cálculo da média e os graus de liberdade respectivos. As diferenças entre genótipos estimaram-se com base na separação das médias através do teste de Duncan.

#### **9.3.1 - Na situação cultural A**

Ao interpretarmos o Quadro XXI, começamos por verificar que a produção mais elevada foi obtida com a linha TE 9110, que foi seguida por Celta, TE 9006 e TE 9307. Destas quatro, a primeira foi sempre constante ao apresentar os mais altos valores nas componentes da produção e nos parâmetros com ela relacionados, à excepção da biomassa à ântese (Quadro XXII). Não podemos deixar de sublinhar o comportamento também linear do terceiro genótipo, TE 9006, sempre acima dos valores médios das respectivas características biológicas. A variedade Celta apesar dos 4807 kg/ha não teve um grande protagonismo no que diz respeito aos restantes valores, denotando uma dependência apenas do nº de grãos/m<sup>2</sup> (12334) que não conseguiram encher plenamente, traduzindo-se num peso de 1000 grãos abaixo da média (43.98g); a biomassa à ântese e à maturação resultaram, provavelmente, do baixo afilhamento desta variedade e da fraca sobrevivência dos filhos o que contribuiu, também, para as 613 espigas/m<sup>2</sup>, número inferior à média do grupo, sem esquecer a baixa estatura (81 cm). A cultivar Castiço, altamente divulgada na lavoura, face às mais recentes linhas trabalhadas no Departamento de Cereais mostrou-se já um pouco obsoleta. Acalou foi uma variedade francesa que sofreu com as temperaturas altas no período reprodutivo mas,

Quadro XXI- Média, teste de Duncan e análise de variância da produção de grão e dos componentes da produção nos genótipos de trigo rijo na situação A.

Genótipos	(kg/ha)	Produção Teste Duncan (P< 0,01)		nº espigas/m <sup>2</sup> Teste Duncan (P< 0,01)		nº grãos/m <sup>2</sup> Teste Duncan (P< 0,01)		Peso de 1000 grãos (g) Teste Duncan (P< 0,01)	
		A+	B+	A	B+	A	B+	A	B+
TE 9110	5217	A+		708	A B+	13186	A+	47.99	A B+
Celta	4807	A	B	613	A B	12334	A	43.98	B C D
TE 9006	4805	A	B	734	A B	12666	A	46.15	A B C
TE 9307	4731	A	B	622	A B	11385	A	47.67	A B
TE 9306	4661	A	B	589	B	13246	A	45.80	A B C
TE 9007	4256	B		832	A	12761	A	38.36	D
Acalou	4178	B		556	B	9567	A	51.43	A
Castiço	4143	B		586	B	9065	A	47.29	A B C
TE 9204	4098	B		616	A B	10060	A	41.47	C D
Média	4544			651		11586		45.54	
c.v. (%)	8.59			6.84		22.12		6.84	
d.m.s. ( $\alpha = 0,05$ )	676	*		212		4436		5.39	
Significância				n.s.		n.s.		***	

Quadro XXII- Média, teste de Duncan e análise de variância de alguns parâmetros de interesse agronómico nos genótipos de trigo rijo na situação A.

Genótipos	(cm)	Altura Teste Duncan (P< 0,01)		Biomassa à ântese (kg/ha)		Biomassa à maturação (kg/ha)		Índice de Colheita (%)		Massa do hectolitro (kg/hl)		Teste Duncan (P< 0,01)	
		A+	B C	A	B+	A	B+	A	B+	A	B+	A	B+
TE 9110	92	A+		8149	A B+	18403	A+	35	A+	79.88		D+	
Celta	81			6997	A B	14950	A	36	A	80.10		C D	
TE 9006	95	A		9884	A	16514	A	35	A	81.63		A B	
TE 9307	87	A	B	8966	A	15583	A	34	A	79.23		D	
TE 9306	92	A		9427	A	17153	A	36	A	80.22		C D	
TE 9007	81	B	C	8077	A B	17069	A	29	A	81.21		B C	
Acalou	78			8018	A B	14305	A	35	A	81.02		B C	
Castiço	88	A B		8561	A B	15292	A	27	A	82.49		A	
TE 9204	91	A		9032	A	14089	A	29	A	81.14		B C	
Média	87			8568		15929		33		80.77			
c.v. (%)	4.40			11.39		17.89				0.73			
d.m.s. ( $\alpha = 0,05$ )	7	**		1689		4919				1.02			
Significância				n.s.		n.s.				***			

\* , \*\* , \*\*\* e n.s. - Significativo a 5%, 1%, 0,1% e não significativo (10%)

+ Os valores seguidos de letras idênticas não são estatisticamente diferentes, segundo o teste de Duncan.

aproveitando a disponibilidade de água no solo, teve um enchimento do grão bem razoável (51.43g) e um índice de colheita de 35%; mas a produção foi de 4178 kg/ha.

### **9.3.2 - Na situação cultural B**

Passamos a analisar o comportamento dos trigos ríjos quando semeados mais tarde, mas sob regadio, Quadros XXIII e XXIV; o primeiro comentário que podemos emitir é que os valores neles inscritos foram menores que os dos quadros da situação A, contudo, precisamos observar com mais detalhe a resposta diferencial de cada genótipo na nova situação cultural.

E assim, começando pela produção, podemos dizer que das linhas que mais produziram em A, só TE 9110 e TE 9006 continuaram aqui com valores acima da média, porque Celta e TE 9307 baixaram bastante (3296 kg/ha e 3072 kg/ha, respectivamente). É curioso assinalar a presença de material que em A não conseguiu atingir destaque, mas que agora apresentaram produções que lhes permitiu figurar entre os cinco primeiros genótipos (TE 9306, TE 9204 e Acalou).

Quanto ao nº espigas/m<sup>2</sup>, as três linhas mais produtivas foram penalizadas, mas TE 9204 e Acalou tiveram um número superior ao valor médio; Castiço e Celta com 587 espigas/m<sup>2</sup> e 539 espigas/m<sup>2</sup> respectivamente, reflectiram um bom afilhamento e boa sobrevivência dos filhos e tiveram, igualmente, uma satisfatória fertilidade das espigas, com um número de grãos por unidade de área que se situou acima da média. Neste componente, as linhas TE 9006, TE 9110 e TE 9306 apresentaram os melhores resultados.

A variedade Acalou não figurando com um número de grãos notório denotou, no entanto, uma tolerância às temperaturas máximas de final de ciclo, com um peso de 1000 grãos da ordem dos 42.53 g; as linhas TE 9110 e TE 9306 colmataram o menor nº espigas/m<sup>2</sup> com bons resultados nestes dois componentes posteriores, para uma boa produtividade de grão.

Mas o rendimento final de grão não resulta só dos componentes, necessita também de uma boa capacidade de crescimento da cultura e de uma boa acumulação de peso seco e posterior transferência dos fotoassimilados para a formação e enchimento do grão, ou seja, tem que assentar em bons valores de biomassa (à ântese e à maturação) e de índice de colheita. Em relação a estes parâmetros, continuam as quatro linhas mais produtivas a merecer destaque, como que a deixar transparecer uma maior plasticidade de adaptação ao condicionalismo menos favorável.

Não será demais mencionar as linhas TE 9307 e TE 9007 que mostraram ser bastante susceptíveis, durante todo o seu ciclo, às temperaturas, não conseguindo as plantas tirar proveito da disponibilidade hídrica para expressar o seu potencial genético para o rendimento.

Quadro XXIII - Média, teste de Duncan e análise de variância da produção de grão e dos componentes da produção nos genótipos de trigo rijo na situação B.

Genótipos	(kg/ha)	Produção Teste Duncan (P ≤ 0,01)		nº espigas/m <sup>2</sup> Teste Duncan (P ≤ 0,01)		nº grãos/m <sup>2</sup> Teste Duncan (P ≤ 0,01)		Peso de 1000 grãos (g) Teste Duncan (P ≤ 0,01)	
		A+	B+	A	B	A	B	A	B
TE 9006	4542	A+		469	A B+	10834	A+	38.44	C D E+
TE 9110	4262	A	B	478	A	9474	A	44.59	A
TE 9306	4075	A	B	438	A	9479	A	42.47	A B
TE 9204	3730	B	C	491	A	8960	A	39.05	C D
Acalou	3728	B	C	587	A	8514	A	42.53	A B
Castiço	3579	B	C	539	A	9233	A	40.96	B C
Celta	3296	C		559	A	10621	A	36.31	D E
TE 9307	3072	C		414	B	6998	B	39.88	B C
TE 9007	3055	C		429	B	8718	A	35.75	E
Média	3704			489		9203		40.00	
c.v. (%)	10.52			16.01		14.24		4.18	
d.m.s. ( $\alpha = 0,05$ )	675	**		136		2269		2.89	
Significância				n.s.					*

Quadro XXIV - Média, teste de Duncan e análise de variância de alguns parâmetros de interesse agronómico nos genótipos de trigo rijo na situação B.

Genótipos	(cm)	Altura Teste Duncan (P ≤ 0,01)		Biomassa à ántese Teste Duncan (kg/ha)		Biomassa à maturação Teste Duncan (kg/ha)		Índice de Colheita Teste Duncan (P ≤ 0,01)		Massa do hectolitro (kg/ha)		Massa do hectolitro Teste Duncan (P ≤ 0,01)	
		A	B+	A	B+	A	B+	A	B	A	B	A	B
TE 9006	81	A	B+	7106	A+	11750	A	36	A+	80.74	A B+		
TE 9110	79	A	B	6955	A	11972	A	35	A	79.11	B C		
TE 9306	82	A	C	6830	A	11917	A			80.91	A B		
TE 9204	79	A	B	7769	A	11111	A	31	A	79.59	B C		
Acalou	63	B	C	6301	A	11680	A	31	A	78.82	B C		
Castiço	73	B	D	5366	B	12208	A	31	A	82.45	A		
Celta	71	D	E	5301	C	11611	A			78.48	B C		
TE 9307	72	C	D	6744	A	9583	B	33	B	78.04	C		
TE 9007	68	E	F	4430	D	9658	A	31	A	79.98	B C		
Média	74			6311		11310		32		79.79			
c.v. (%)	5.61			12.59		11.01		9.32		1.62			
d.m.s. ( $\alpha = 0,05$ )	7	**		1375	**	2155		0.05		2.24			*
Significância						n.s.							

\* , \*\* e n.s. - Significativo a 5%, 1%, 0,1% e não significativo (10%)

+ Os valores seguidos de letras idênticas não são estatisticamente diferentes, segundo o teste de Duncan.

### 9.3.3 - Na situação cultural C

As respostas dos diversos genótipos de trigo rijo neste condicionalismo em que se reforçam os factores, térmico e hídrico, limitantes ao normal crescimento das plantas, não foram significativamente distintas ( $P \leq 0.01$ ) na maioria das características biológicas estudadas, Quadros XXV e XXVI. O nº grãos/m<sup>2</sup> e o peso de 1000 grãos foram os componentes da produção onde os resultados dos genótipos foram estatisticamente significativos.

Analizando separadamente cada genótipo, verificamos que em termos de produção foram três os genótipos que tiveram um valor acima da média dos trigos rijos: TE 9006, TE 9110 e Celta. Precisamente os mesmos que na primeira situação A, estiveram numa posição cimeira. Este comportamento repetiu-se nos componentes nº espigas/m<sup>2</sup>, nº grãos/m<sup>2</sup> e no peso de 1000 grãos. Só TE 9110 pareceu indicar não ter sofrido com os condicionalismos culturais na fase de enchimento do grão, mostrando uma grande flexibilidade de adaptação aos factores desfavoráveis que ocorreram ao longo de todo o seu ciclo de vida, pois conseguiu assegurar uma boa biomassa à ântese e à maturação e um índice de colheita de 39%.

Os genótipos Acalou e TE 9306 apresentaram matéria seca total, um índice de colheita e um peso de 1000 grãos mais altos que o respectivo valor médio, no entanto, o rendimento de grão foi fraco, por estar dependente do nº espigas/m<sup>2</sup> e do nº grãos/m<sup>2</sup> que sofreram quebras, o que denota a susceptibilidade destas linhas à falta de água agravada pelos "picos" de temperatura máxima que foi elevada a partir de Março.

Perfeitamente desajustados estiveram os genótipos TE 9204 e TE 9007, facto que se deduz dos resultados em todas as características biológicas determinadas.

Quadro XXV- Média, teste de Duncan e análise de variância da produção de grão e dos componentes da produção nos genótipos de trigo rijo na situação C.

Genótipos	(kg/ha)	Produção		nº espigas/m <sup>2</sup> Teste Duncan (P≤ 0,01)	nº grãos/m <sup>2</sup> Teste Duncan (P≤ 0,01)	Peso de 1000 grãos (g) Teste Duncan (P≤ 0,01)
		A+	B+			
TE 9006	2762	A+		440	A+	36,60
TE 9110	2705	A		431	A B	47,97
Celta	2335	A	B	418	A B	38,12
Acalou	2279	A	B	372	A B	48,08
TE 9306	2275	A	B	458	A	46,13
Castiço	2251	A	B	390	A B	47,28
TE 9307	2145	A	B	482	A	43,06
TE 9204	1966	B		373	A B	A B C
TE 9007	1908	B		294	B	A B C
Média	2292			406		39,64
c.v. (%)	15,81			18,96		B C
d.m.s. ( $\alpha = 0,05$ )	627			133		
Significância	n.s.			n.s.		
					**	

Quadro XXVI- Média, teste de Duncan e análise de variância de alguns parâmetros de interesse agronómico nos genótipos de trigo rijo na situação C.

Genótipos	(cm)	Altura		Biomassa à ántese (kg/ha) Teste Duncan (P≤ 0,01)	Biomassa à maturação (kg/ha) Teste Duncan (P≤ 0,01)	Índice de Colheita (%) Teste Duncan (P≤ 0,01)	Massa do hectoítro (kg/ha) Teste Duncan (P≤ 0,01)
		A	B+				
TE 9006	61	A	B+	3603	A+	43	A+
TE 9110	65	A		4404	A	39	A
Celta	59	A	B	3495	A	42	A
Acalou	56	B		3875	A	40	A
TE 9306	58	A	B	4179	A	38	A
Castiço	62	A	B	3442	A	38	A
TE 9307	56	A	B	3337	A	38	A
TE 9204	63	A	B	3526	A	38	A
TE 9007	58	A	B	3454	A	38	A
Média	60			3702		39	82,45
c.v. (%)	7,98			14,85		11,76	81,52
d.m.s. ( $\alpha = 0,05$ )	8			951		0,08	0,99
Significância	n.s.			n.s.		n.s.	1,40*

\* , \*\* , \*\*\* e n.s. - Significativo a 5%, 1%, 0,1% e não significativo (10%)

+ Os valores seguidos de letras idênticas não são estatisticamente diferentes, segundo o teste de Duncan.

#### **9.3.4 - Interpretação resumida do comportamento do germoplasma de trigo rijo nas três situações contrastantes**

Com o objectivo de visualizarmos a resposta diferenciada dos nove genótipos de trigo rijo nas três situações contrastantes, em relação à produção do grão, componentes de produção e parâmetros agronómicos, elaboramos as Figuras 21 à 27.

Com a ajuda da primeira dessas figuras podemos constatar, Figura 21, que nas situações A e B as linhas TE 9006, TE 9306 e TE 9110, foram as que mais produziram no grupo e as que perante condicionalismos climáticos mais severos, indicaram menos quebras produtivas.

Os genótipos Acalou e TE 9204 não apresentaram valores muito elevados em A, mas quando foram semeados mais tarde, a descida na produção de grão não foi muito marcada, figurando entre os cinco primeiros lugares.

Na situação desfavorável C, o rendimento de grão foi evidentemente o menor, mas não houve grande variação entre os genótipos, ou seja, as linhas TE 9006 e TE 9110 continuaram em destaque enquanto as restantes pouco se diferenciaram nos baixos valores que apresentaram.

A componente de produção nº espigas/m<sup>2</sup>, Figura 22, mostrou uma grande variabilidade de resposta por parte dos trigos rijos, sobretudo na condição mais favorável A, com TE 9006, TE 9110 e TE 9007 a terem os resultados mais elevados. As variedades Celta e Castiço, apesar de não terem um grande valor, conseguiram em B e C manter uma boa capacidade de formação de espigas. A cultivar Acalou ao apresentar resposta ao fotoperíodo, beneficiou das dotações de água em B, afilhou bem e mostrou uma boa sobrevivência dos filhos ou que se traduziu num favorável número de espigas por unidade de superfície.

A linha que mostrou um desajuste no seu ciclo, face às situações culturais contrastantes, foi TE 9007.

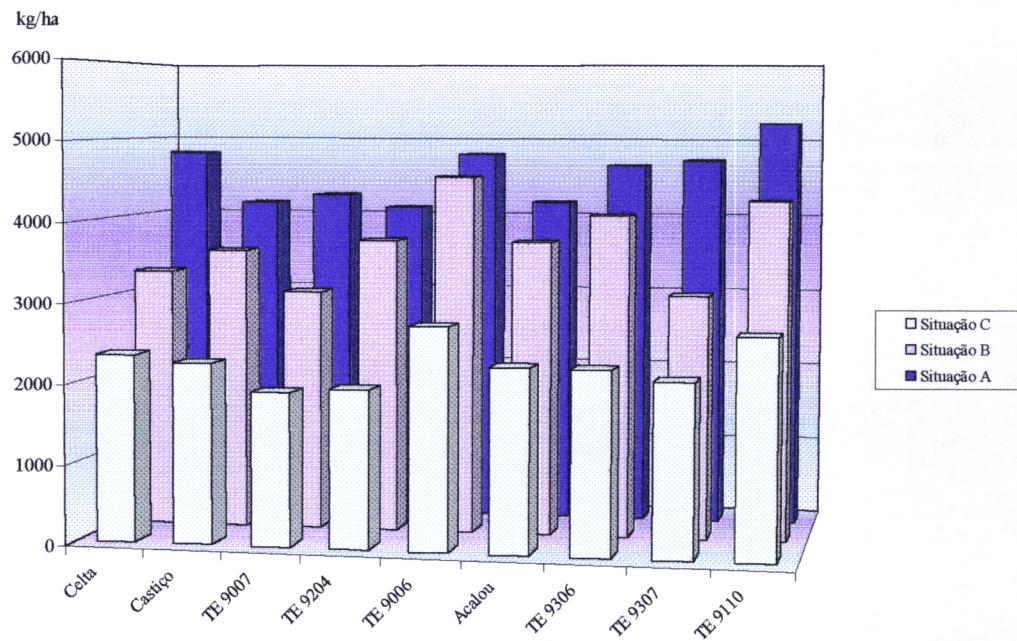


Fig. 21 - A produção de grão (kg/ha) por genótipo de trigo rijo nas três situações contrastantes (A, B e C).

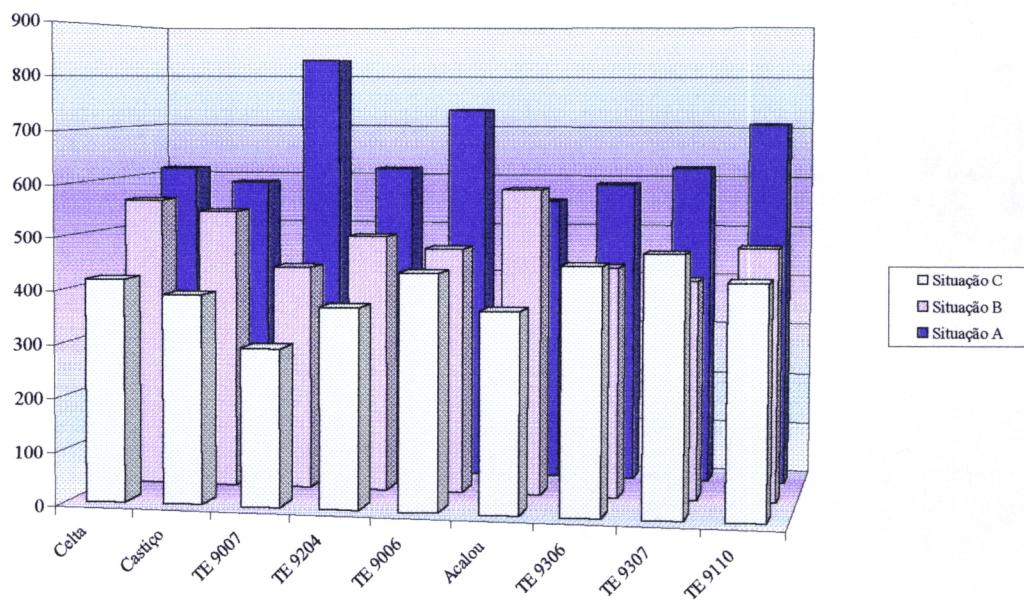


Fig. 22 - O nº espigas/m<sup>2</sup> por genótipo de trigo rijo nas três situações contrastantes (A, B e C).

Se observarmos a Figura 23, o primeiro comentário vai precisamente para TE 9007 que tendo um bom resultado em A, desceu para valores mais baixos em B e C; os genótipos Acalou, TE 9204 e Castiço não tendo grande protagonismo na primeira data de sementeira com disponibilidade de água, mantiveram uma boa fertilidade da espiga em B, quando foram semeados mais tarde. A cultivar Celta teve para este componente da produção (nº grãos/m<sup>2</sup>) um comportamento idêntico a TE 9006 nas três situações distintas, com valores que anteriormente vimos serem superiores à média dos valores dos restantes trigos duros. O

número de grãos viáveis por unidade de área nas linhas TE 9306 e TE 9110 decresceu bastante quando passamos para B, mostrando que este material sofreu com as temperaturas máximas que ocorreram na fase crítica de formação do grão. O mesmo sucedeu em C.

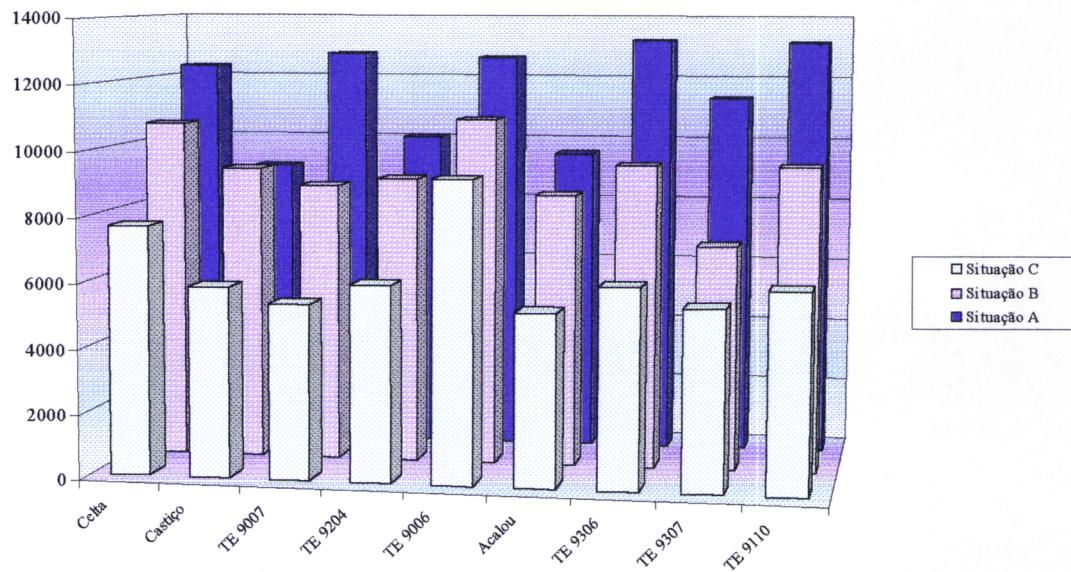


Fig. 23 - O nº grãos/m<sup>2</sup> por genótipo de trigo rijo nas três situações contrastantes (A, B e C).

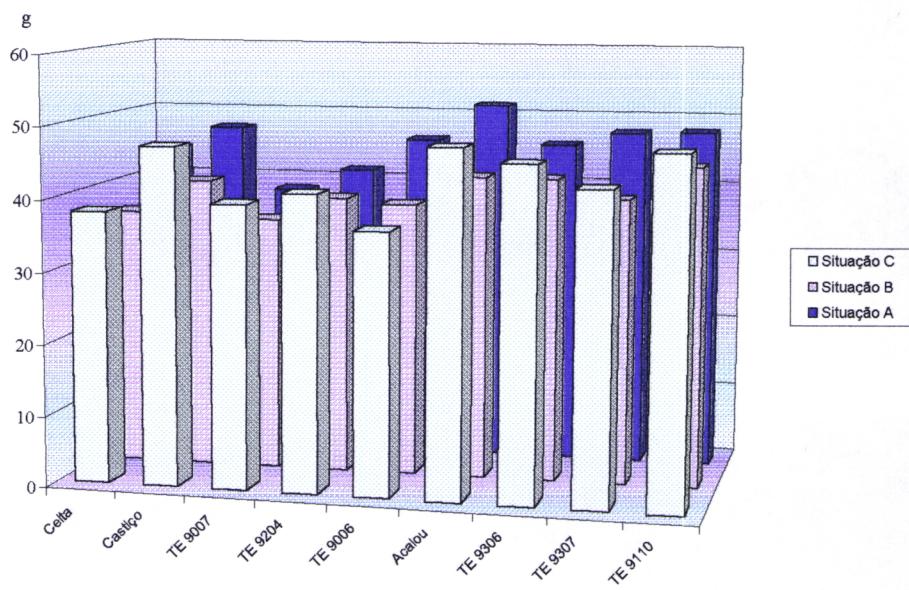


Fig. 24 - O peso de 1000 grãos (g) por genótipo de trigo rijo nas três situações contrastantes (A, B e C).

Relativamente ao peso de 1000 grãos (g), Figura 24, é indiscutível que os valores mais elevados foram na situação A, com Acalou e Castiço a beneficiar do prolongamento do enchimento do grão e tirando partido da água no solo; a linha TE 9007 foi a que pior resultado apresentou e as seis restantes pouca diferença tiveram. Este componente desceu de valor quando o material ficou sujeito ao factor limitante térmico, e não diminuiu tanto com a

limitação hídrica, porque ao analisarmos os resultados em B e C verificamos que as diferenças nos valores entre estas duas situações foram pequenas, ou seja, houve tendência para um alongamento do ciclo das plantas no regadio, expondo-as à adversidade das temperaturas mais elevadas de Maio-Junho. De realçar a linha TE 9110, que mostrou grande estabilidade no peso de 1000 grãos, como forma de sustentar a produção sempre acima da média dos restantes genótipos. Trata-se de um genótipo com estabilidade mas, ao mesmo tempo, capaz de responder à melhoria das condições culturais.

A biomassa à ântese (kg/ha) teve valores elevados em A, Figura 25, e para os genótipos TE 9204, TE 9006, TE 9306 e TE 9307. Mas foi a linha TE 9204 que desceu menos o seu valor de biomassa, quando submetida ao condicionalismo B, o mesmo sucedendo com TE 9110. As cultivares Celta e Castiço e o genótipo TE 9007, reflectiram uma menor capacidade de crescimento e uma fraca acumulação de peso seco. Em C, o germoplasma quase que não apresentou variação entre si, figurando os trigos ríjos com valores muito baixos de biomassa produzida na altura da floração.

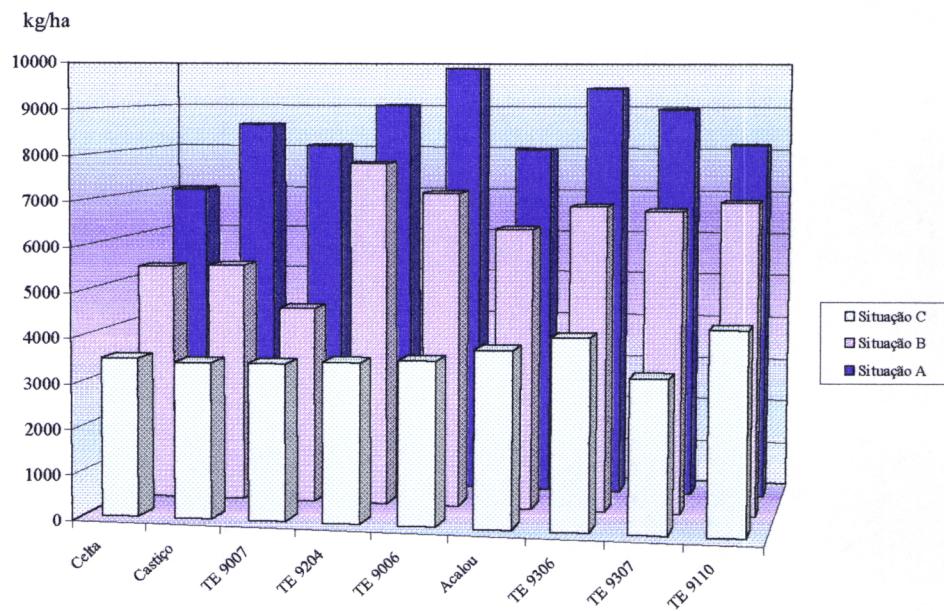


Fig. 25 - A biomassa à ântese (kg/ha) por genótipo de trigo rijo nas três situações contrastantes (A, B e C).

Na Figura 26, está ilustrado o potencial genético do material para a produção de matéria seca total, verificando-se uma maior capacidade dos genótipos na situação A, sobretudo para TE 9306 e TE 9110. Esse potencial expressou-se menos intensamente quando passamos para condicionalismos limitantes, B e C, contudo, foi possível detectarmos genótipos que conseguiram uma biomassa à maturação acima da média do grupo, provavelmente como resultado de uma menor susceptibilidade às altas temperaturas que se fizeram sentir a partir dos finais de Março continuando a manter uma boa área e produção fotossintética.

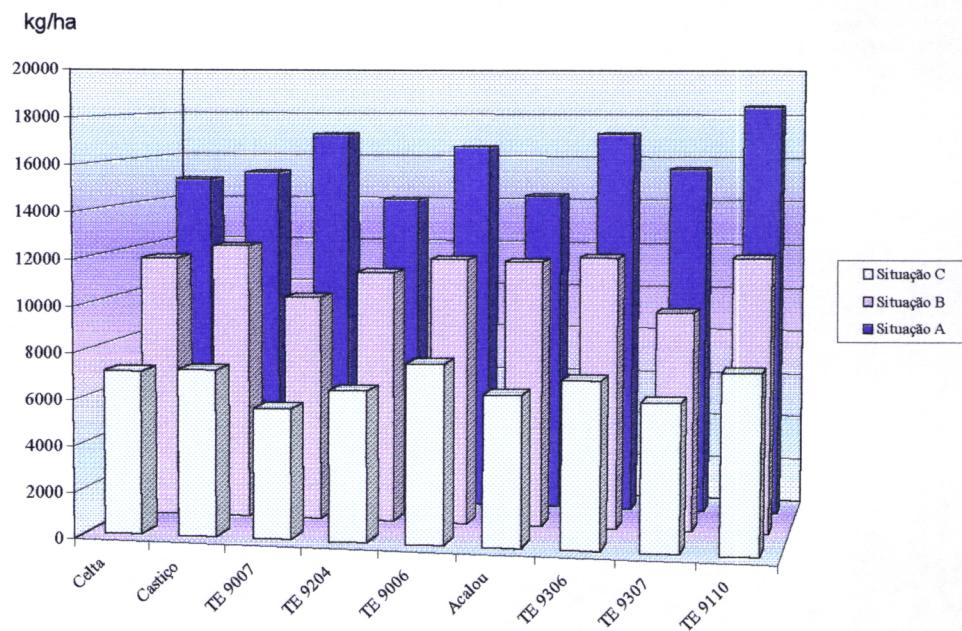


Fig. 26 - A biomassa à maturação (kg/ha) por genótipo de trigo rijo nas três situações contrastantes (A, B e C).

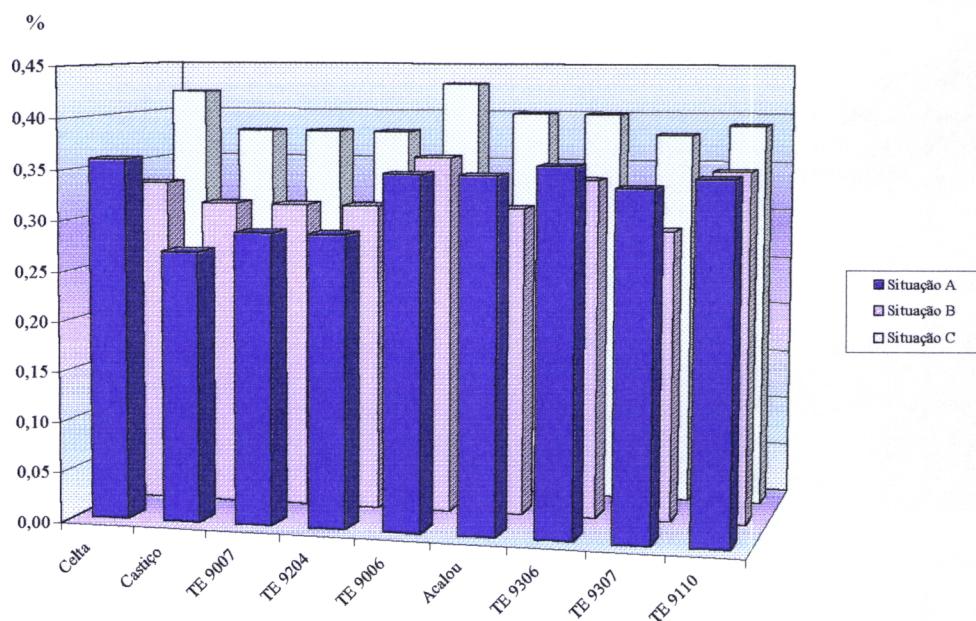


Fig. 27 - O índice de colheita (%) por genótipo de trigo rijo nas três situações contrastantes (A, B e C).

Quanto ao índice de colheita (%), Figura 27, os resultados apresentados pelas linhas TE 9006, TE 9306 e TE 9110 pareceram indicar um potencial mais favorável para translocar e distribuir fotoassimilados para os órgãos reprodutivos mesmo em situações condicionantes (B e C).

Ocorre aqui formular também o comentário emitido em relação ao trigo mole, pois em certas condições parece existir excesso de matéria seca estrutural que não contribui para produção de grão. Este facto, deverá por isso merecer especial atenção no processo de melhoramento.

### 9.3.5 - Correlação entre a produção de grão, componentes da produção e outros parâmetros agronómicos, nos nove genótipos de trigo rijo

Na determinação das correlações entre a produção de grão e todas as características biológicas com ela intensamente ligadas, utilizámos os valores de cada um dos nove genótipos de trigo rijo em cada uma das três repetições e separadamente para cada situação cultural em estudo (A, B e C).

**Quadro XXVII - Coeficientes de correlação ( r ) entre a produção de grão, os componentes da produção e outros parâmetros agronómicos determinados em nove genótipos de trigo rijo, na situação A.**

	Massa hectolitro	Altura	Biomassa ântese	Nº Espigas/m <sup>2</sup>	Peso 1000 grãos	Nº grãos/m <sup>2</sup>	Biomassa maturação	Índice colheita	Produção
Massa hectolitro	1.000								
Altura	0.088	1.000							
Biomassa ântese	0.233	0.501	1.000						
Nº espigas/m <sup>2</sup>	0.087	0.047	0.005	1.000					
Peso 1000 grãos	0.032	0.152	0.108	-0.086	1.000				
Nº grãos/m <sup>2</sup>	-0.263	0.050	0.170	0.138	-0.504	1.000			
Biomassa maturação	-0.006	0.237	0.196	0.620	0.127	0.374	1.000		
Índice colheita	-0.336	-0.056	0.070	-0.242	-0.071	0.652	-0.202	1.000	
Produção	-0.109	0.338	0.288	0.259	0.382	0.226	0.420	0.225	1.000

Significância  
(n=27)      0.001  $r \geq 0.597$   
                  0.01  $r \geq 0.486$   
                  0.05  $r \geq 0.380$

Com base nos coeficientes de correlação ( r ) mencionados no Quadro XXVII, podemos constatar que na situação favorável A, a produção de grão nos trigos rijos esteve significativa e positivamente correlacionada com o peso de 1000 grãos e com a biomassa à maturação; também verificamos que este último parâmetro esteve positiva e altamente correlacionado com o nº espigas/m<sup>2</sup> e significativamente com o nº grãos/m<sup>2</sup>, o que parece denotar que um aumento na biomassa pode conduzir a um bom número de espigas férteis; contudo, a produção só sairá beneficiada se o peso do grão for elevado e o que se pode analisar é que a correlação entre este componente e o nº grãos/m<sup>2</sup> foi negativamente significativa. De salientar, que a correlação do índice de colheita com o nº grãos/m<sup>2</sup> foi altamente significativa.

Numa condição cultural que se pretendeu ser favorável ao normal desenvolvimento das plantas, no germoplasma de trigo rijo, a produção de grão não assentou tanto no nº espigas/m<sup>2</sup> e nº grãos/m<sup>2</sup> mas num bom peso do grão, o que nos permite verificar quanto importantes são os genótipos que consigam "escapar" das temperaturas altas no fim do ciclo, apresentando um balanço equilibrado entre a taxa e a duração de enchimento do grão.

Quadro XXVIII - Coeficientes de correlação ( $r$ ) entre a produção de grão, os componentes da produção e outros parâmetros agronómicos determinados em nove genótipos de trigo rijo, na situação B.

	Massa hectolitro	Biomassa ântese	Nº espigas/m <sup>2</sup>	Peso 1000 grãos	Nº grãos/m <sup>2</sup>	Biomassa maturação	Índice colheita	Produção	Altura
Massa hectolitro	1.000								
Biomassa ântese	-0.093	1.000							
Nº espigas/m <sup>2</sup>	-0.018	0.103	1.000						
Peso 1000 grãos	0.043	0.561	0.219	1.000					
Nº grãos/m <sup>2</sup>	0.069	0.160	0.429	-0.041	1.000				
Biomassa maturação	0.028	0.458	0.666	0.411	0.689	1.000			
Índice colheita	0.142	0.183	0.032	0.366	0.588	0.171	1.000		
Produção	0.196	0.669	0.116	0.532	0.470	0.584	0.475	1.000	
Altura	0.198	0.537	-0.175	0.167	0.276	0.353	0.121	0.528	1.000

Significância      0.001  $r \geq 0.597$   
                       (n=27)      0.01  $r \geq 0.486$   
                                        0.05  $r \geq 0.380$

Da análise do Quadro XXVIII e para uma situação em que semeámos mais tarde para assegurarmos que, sobretudo na fase final, os trigos rijos seriam submetidos a elevadas temperaturas máximas, ainda que, as condições hídricas não fossem limitantes, verificamos que não existiram correlações negativas entre as características biológicas examinadas; aqui a produção de grão encontra-se positiva e altamente correlacionada com a biomassa à ântese e à maturação e significativamente correlacionada com o nº grãos/m<sup>2</sup>, peso de 1000 grãos e índice de colheita. Não existiu correlação negativa entre os componentes peso de 1000 grãos e nº grãos/m<sup>2</sup>.

Neste condicionalismo cultural, a selecção deve assentar em genótipos com um desenvolvimento que lhes permita completarem o ciclo assegurando: uma boa biomassa à ântese, devido à importância que este parâmetro tem no nº grãos/m<sup>2</sup>; uma boa biomassa à maturação, que nos traduz a eficiência na produção de assimilados fotossintéticos para a formação e desenvolvimento do grão; um elevado nº grãos/m<sup>2</sup>, como resultado dum grande nº grãos/espiga; um bom peso do grão, resultante de uma boa acumulação de fotoassimilados durante o período de enchimento e um índice de colheita, que dependendo do balanço entre a matéria seca produzida antes e depois da ântese, é uma prova importante de reconhecer o aumento do potencial de rendimento do grão.

A correlação da altura com a biomassa à ântese e com a produção é positiva e estatisticamente significativa ( $P \leq 0.01$ ).

Quadro XXIX - Coeficientes de correlação ( r ) entre a produção de grão, os componentes de produção e outros parâmetros agronómicos determinados em nove genótipos de trigo rijo, na situação C.

	Massa hectolitro	Biomassa ântese	Nº Espigas/m <sup>2</sup>	Peso 1000 grãos	Nº grãos/m <sup>2</sup>	Biomassa maturação	Índice colheita	Produção	Altura
Massa hectolitro	1.000								
Biomassa ântese	0.023	1.000							
Nº espigas/m <sup>2</sup>	0.194	-0.031	1.000						
Peso 1000 grãos	0.278	0.362	0.045	1.000					
Nº grãos/m <sup>2</sup>	0.103	-0.135	0.304	-0.513	1.000				
Biomassa maturação	0.092	0.166	0.401	0.205	0.607	1.000			
Índice colheita	0.319	-0.074	0.061	-0.057	0.569	0.139	1.000		
Produção	0.456	0.176	0.259	0.100	0.523	0.516	0.424	1.000	
Altura	0.198	0.537	-0.175	0.167	0.276	0.353	0.121	0.528	1.000

Significância      0.001  $r \geq 0.597$   
                       (n=27)      0.01  $r \geq 0.486$   
                       0.05  $r \geq 0.380$

Pela observação do Quadro XXIX, constatamos que a correlação da produção de grão com o nº grãos/m<sup>2</sup>, com a biomassa à maturação e com o índice de colheita foi estatisticamente significativa ( $P \leq 0.01$ ). Nesta situação de sequeiro, a produção esteve mais dependente do nº grão/m<sup>2</sup> do que do peso do grão, até porque estes dois últimos componentes estiveram negativamente correlacionados.

O facto do índice de colheita não estar correlacionado com o peso do grão, parece ser testemunha do facto dos genótipos ou variedades de trigo rijo não conseguirem remobilizar eficientemente fotoassimilados para o grão durante o seu enchimento, devido ao stress hídrico e térmico nessa fase do ciclo cultural das plantas. As altas temperaturas de pós-ântese, para além de acelerarem o processo de senescência da planta, afectam negativamente a capacidade fotossintética; as taxas de respiração e transpiração aumentam e a quantidade de água evaporada frequentemente excede a capacidade hídrica do solo necessária para manter uma turgência dos tecidos vegetais, conduzindo a baixos níveis de assimilados e de acumulação de matéria seca.

Na situação B, a produção foi muito limitada pela formação e transporte de assimilados para o grão, devido à temperatura elevada que ocorreu. Em C, pode dizer-se que houve limitações quer ao nível da sink quer ao nível da source.

## **9.4 - A produção de grão, os componentes da produção e outros parâmetros de interesse agronómico, nos genótipos de cevada**

Muitos autores são unânimes em afirmar, que entre os cereais, a cevada é, provavelmente, o mais resistente a condicionalismos ambientais.

A cultura foi domesticada no Crescente Fértil do Sudoeste da Ásia entre 7.000 a 6.000 A.C. (Ceccarelli, 1984), e desde então tem sido submetida a forte pressão de selecção, quer natural quer realizada pelo Homem, existindo hoje em dia grande diversidade de cultivares adaptadas a ambientes menos favoráveis.

No nosso estudo introduzimos quatro variedades, três dísticas e uma hexástica, e procurámos variabilidade na resposta dos genótipos às diferentes situações analisadas tentando identificar quais as características biológicas que permitem tal comportamento.

### **9.4.1 - Na situação cultural A**

Pela análise do Quadro XXX verificamos que para a produção de grão, para o n.º espigas/m<sup>2</sup> e para o peso de 1000 grãos, não existiram diferenças significativas entre os valores obtidos para as várias cultivares, somente no n.º grãos/m<sup>2</sup> houve diferenças significativas ao nível de 5%.

Para os restantes parâmetros, Quadro XXXI, a resposta dos genótipos em relação à biomassa à ântese e à maturação não foi significativamente diferente.

Num comentário mais detalhado, podemos constatar que a cevada Trianon expressou um elevado potencial produtivo com base em valores que estão acima da média em todos os componentes da produção e nos parâmetros agronómicos (à excepção da altura). A variedade Gimpel, não sendo estatisticamente distinta da anterior (teste de Duncan) no n.º espigas/m<sup>2</sup> e no n.º grãos/m<sup>2</sup>, apresentou um peso de 1000 grãos baixo, o que permite antever problemas no período de amadurecimento do grão e que se repercutiram no valor da produção. A cultivar portuguesa Sereia, do tipo hexástico, teve os resultados mais fracos de entre as quatro cevadas, só apresentando uma maior altura, facto que se reflectiu na maior susceptibilidade à acama.

Quadro XXX- Média, teste de Duncan e análise de variância da produção de grão e dos componentes da produção nos genótipos de cevada na situação A.

Genótipos	(kg/ha)	Produção		nº espigas/m <sup>2</sup>		nº grãos/m <sup>2</sup>		Peso 1000 grãos (g)	
		Teste Duncan (P ≤ 0,01)	(P ≤ 0,01)	A+	A	A+	A	A+	(P ≤ 0,01)
Trianon	5412	A+	980	A+	A	14688	A+	41.42	A+
Gimpel	4346	A B	998	A	13805	A	35.93	B	
Alexis	3993	B	803	A B	11157	A B	37.40	A B	
Sereia	3797	B	659	B	8872	B	38.86	A B	
Média	4387		860			12131		38.40	
c.v. (%)	15.26		17.04			15.71		6.36	
d.m.s. ( $\alpha = 0,05$ )	1338		293			3807		4.88	
Significância	n.s.				*			n.s.	

Quadro XXXI- Média, teste de Duncan e análise de variância de alguns parâmetros de interesse agronómico nos genótipos de cevada na situação A.

Genótipos	(cm)	Altura		Biomassa à ântese		Índice de Colheita (%)		Massa do hectolitro (kg/hl)	
		Teste Duncan (P ≤ 0,01)	(P ≤ 0,01)	Teste Duncan (P ≤ 0,01)	(P ≤ 0,01)	Teste Duncan (P ≤ 0,01)	(P ≤ 0,01)	Teste Duncan (P ≤ 0,01)	(P ≤ 0,01)
Trianon	81	B+	9910	A+	14806	A+	41	A+	63.27
Gimpel	97	A	7677	A B	14597	A	34	B	65.95
Alexis	76	B	7482	A B	13417	A	31	B C	61.96
Sereia	92	A	6558	B	13181	A	26	C	50.94
Média	87		7907		14000		33		60.53
c.v. (%)	5.73		17.87		10.77		11.15		1.88
d.m.s. ( $\alpha = 0,05$ )	10		2823		3013		0.06		2.28
Significância	**		n.s.		n.s.		*		***

\* , \*\* e n.s. - Significativo a 5%, 1%, 0,1% e não significativo (10%)

+ Os valores seguidos de letras idênticas não são estatisticamente diferentes, segundo o teste de Duncan.

#### 9.4.2 - Na situação cultural B

Ao observarmos os Quadros XXXII e XXXIII constatamos que os valores médios das características biológicas em análise, não diferiram grandemente dos que figuram nos quadros anteriores referentes à situação cultural A. Só a altura média dos genótipos foi agora menor, como resultado de uma taxa de desenvolvimento mais acelerada nesta nova condição de sementeira mais tardia.

As diferenças estatisticamente significativas que foram detectadas entre variedades nos valores das componentes da produção, ocorreram apenas ao nível do peso de 1000 grãos.

A cultivar Sereia teve uma produção de grão elevada, que assentou num bom n.º grãos/m<sup>2</sup>.

Por sua vez, Trianon apresentou um valor de produção de grão sensivelmente abaixo da média do grupo, mas parece mostrar uma certa flexibilidade de adaptação ou seja, com um bom crescimento vegetativo conseguiu um n.º espigas/m<sup>2</sup> favorável, e tirando partido do estado hídrico do solo (devido à irrigação) no período justamente antes da ântese, assegurou a fertilidade das espigas. A ausência de *stress* hídrico depois da floração, apesar das temperaturas altas, permitiu-lhe a manutenção da área foliar fotossinteticamente activa e o atraso da senescênciade dos órgãos, controlando assim a distribuição de assimilados disponíveis pelo número de grãos viáveis. O índice de colheita de 36% retratou bem esta circunstância.

Quadro XXXII- Média, teste de Duncan e análise de variância da produção de grão e dos componentes da produção nos genótipos de cevada na situação B.

Genótipos	(Kg/ha)	Produção		nº espigas/m <sup>2</sup>	nº grãos/m <sup>2</sup>	Peso de 1000 grãos (g)	Teste Duncan (P ≤ 0,01)			
		Teste Duncan (P ≤ 0,01)	Teste Duncan (P ≤ 0,01)							
Sereia	4401	A+	578	A+	11519	A+	38.56	B+		
Alexis	4304	A	618	A	10410	A	40.98	A		
Trianon	4167	A	741	A	10872	A	41.35	A		
Gimpel	3940	A	631	A	10516	A	34.08	C		
Média	4203		642		10847		38.74			
c.v. (%)	13.12		13.71		13.40		2.11			
d.m.s. ( $\alpha = 0,05$ )	1101		176		2905		1.64			
Significância	n.s.		n.s.		n.s.		***			

Quadro XXXIII- Média, teste de Duncan e análise de variância de alguns parâmetros de interesse agronómico nos genótipos de cevada na situação B.

Genótipos	(cm)	Altura		Biomassa à ântese (Kg/ha)	Teste Duncan (P ≤ 0,01)	Biomassa à maturação (Kg/ha)	Teste Duncan (P ≤ 0,01)	Índice de Colheita (%)	Teste Duncan (P ≤ 0,01)	Massa do hectolitro (kg/hl)	Teste Duncan (P ≤ 0,01)
		Teste Duncan (P ≤ 0,01)	Teste Duncan (P ≤ 0,01)								
Sereia	78	A	B+	6937	A+	12306	A+	36	A+	50.58	B+
Alexis	74	B	B	7455	A	13306	A	33	A	62.52	A
Trianon	75	B	B	7325	A	12375	A	36	A	61.45	A
Gimpel	84	A		9193	A	11903	A	31	A	63.14	A
Média	78			7728		12473		34		59.42	
c.v. (%)	4.15			21.16		6.44		11.82		2.74	
d.m.s. ( $\alpha = 0,05$ )	6			3267		1604		0.09		3.25	
Significância	*			n.s.		n.s.		n.s.		***	

\* , \*\* , \*\*\* e n.s. - Significativo a 5%, 1%, 0,1% e não significativo (10%)

+ Os valores seguidos de letras idênticas não são estatisticamente diferentes, segundo o teste de Duncan.

#### 9.4.3 - Na situação cultural C

No condicionalismo cultural em que a par das temperaturas altas, esteve também a falta de disponibilidade de água, Quadros XXXIV e XXXV, os genótipos só apresentaram diferenças significativas entre si (teste de Duncan) nos valores do componente n.º espigas/m<sup>2</sup> ( $P \leq 0.01$ ) e no parâmetro biomassa à ântese ( $P \leq 0.5$ ).

A variedade Trianon, apresentou uma biomassa à ântese acima do valor médio, resultante de um bom crescimento vegetativo inicial e de uma elevada área foliar, mas esse crescimento traduziu-se numa fraca produção de grão, uma vez que a maior necessidade hídrica da cultura não foi assegurada, dado que as temperaturas elevadas, para além de aumentarem a secura, agravaram o *stress* das plantas no período reprodutivo, traduzindo-se num fraco n.º grãos/m<sup>2</sup> e num baixo peso de 1000 grãos.

A cultivar Gimpel, pelo contrário, com um peso de 1000 grãos abaixo do valor médio, resultado de uma taxa de enchimento do grão que parece não ter aumentado o suficiente para compensar a diminuição da duração do período, teve no n.º espigas/m<sup>2</sup> e no n.º grãos/m<sup>2</sup> os componentes principais para, em condições de sequeiro, assegurar uma boa produção de grão.

A variedade Sereia mostrou um comportamento semelhante a Gimpel, à excepção dos valores correspondentes ao n.º espigas/m<sup>2</sup> e à biomassa à ântese, resultado este que está de acordo com o facto das cevadas hexásticas terem uma menor capacidade de afilhamento que as dísticas e, consequentemente, um menor crescimento vegetativo. No entanto, teve um n.º grãos/m<sup>2</sup> favorável que assegurou a produção de grão. Ao alcançar mais depressa a maturação do que Gimpel, conseguiu ter um peso do grão um pouco superior, deixando denotar um certo mecanismo de “escape” às elevadas temperaturas do final do ciclo.

Quadro XXXIV- Média, teste de Duncan e análise de variância da produção de grão e dos componentes da produção nos genótipos de cevada na situação C.

Genótipos	Produção (kg/ha)	Produção Teste Duncan (P ≤ 0,01)		nº espigas/m <sup>2</sup> Teste Duncan (P ≤ 0,01)		nº grãos/m <sup>2</sup> Teste Duncan (P ≤ 0,01)		Peso de 1000 grãos (g) Teste Duncan (P ≤ 0,01)	
		C+	A+	A	B	A	B	A	B
Sereia	4699	A+	A	445	C+	11474	A+	40.79	B+
Gimpel	4575	A	A	743	A	11418	A	39.91	B
Alexis	4086	A	A	636	A B	9116	A	45.03	A
Trianon	3703	A	A	602	B	7770	A	44.10	A
Média	4266			607		9945		42.44	
c.v. (%)	11.35			9.86		18.62		2.11	
d.m.s. ( $\alpha = 0,05$ )	967			120		3700		1.72	
Significância	n.s.			**		n.s.		n.s.	

Quadro XXXV- Média, teste de Duncan e análise de variância de alguns parâmetros de interesse agronómico nos genótipos de cevada na situação C.

Genótipos	Altura (cm)	Biomassa à ântese Teste Duncan (P ≤ 0,01)		Biomassa à maturação Teste Duncan (P ≤ 0,01)		Índice de Colheita Teste Duncan (%)		Massa do hectolitro (kg/ha) Teste Duncan (P ≤ 0,01)	
		B+	A	B+	A	A+	B	A+	B
Sereia	70	A B+	4393	B+	10097	A+	46	56	B+
Gimpel	76	A	7211	A	11194	A	41	66	A
Alexis	65	B C	7302	A	9764	A	42	63	A
Trianon	57	C	6824	A	8833	A	38	63	A
Média	67		6432		9972		42	62	
c.v. (%)	6.30		12.17		12.26		9.57	3.42	
d.m.s. ( $\alpha = 0,05$ )	8		1563		2442		0.06	4.23	
Significância	***		*		n.s.		n.s.	**	

\* \*\*, \*\*\* e n.s. - Significativo a 5%, 1%, 0.1% e não significativo (10%)

+ Os valores seguidos de letras idênticas não são estatisticamente diferentes, segundo o teste de Duncan.

#### 9.4.4 - Interpretação resumida do comportamento do germoplasma de cevada nas três situações contrastantes

Como o objectivo do nosso estudo é a procura de variabilidade de resposta por parte do genótipo às limitações impostas pelo factor climático temperatura, passamos a analisar a Figura 28. Assim, evidenciamos Alexis como a cultivar que não teve a maior produtividade na situação A, mas foi a que mostrou uma certa estabilidade quando semeada sob outras condições. A cultivar Trianon apresentou uma produção excelente, quando a sementeira se efectuou na época considerada normal para o seu ciclo, mas mostrou pouca flexibilidade quando, em B e C, as temperaturas elevadas aceleraram a taxa do seu desenvolvimento. A variedade Sereia teve um comportamento, em termos produtivos, que deixa transparecer o seu potencial genético de rusticidade, como cevada hexástica que é.

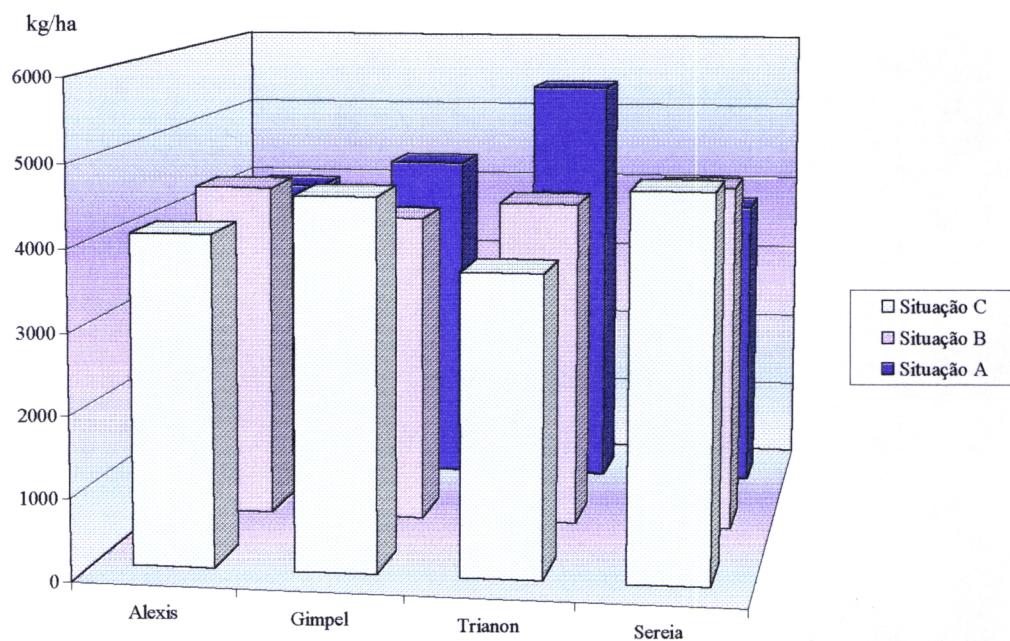


Fig. 28 - A produção de grão (kg/ha) por genótipo de cevada nas três situações contrastantes (A, B e C).

Quanto ao n.º espigas/m<sup>2</sup>, Figura 29 , os quatro genótipos têm os valores mais altos em A. A variedade Trianon, apesar de na situação B liderar o grupo, foi a que apresentou uma diminuição acentuada à medida que os condicionalismos culturais eram mais severos, pelo contrário, Alexis apresentou as menores diferenças no número de espigas por unidade de área entre as situações B e C.

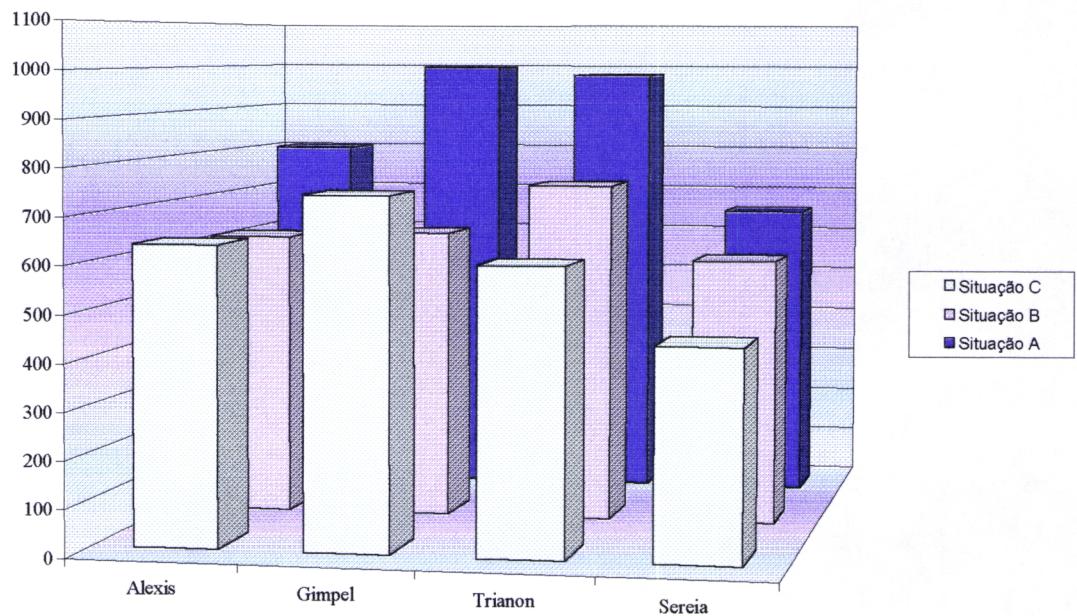


Fig. 29 - O nº espigas/m<sup>2</sup> por genótipo de cevada nas três situações contrastantes (A, B e C).

A Figura 30, ilustra a resposta do germoplasma quanto ao nº grãos/m<sup>2</sup>, nos três condicionalismos. Podemos verificar que em A, Trianon teve o maior valor e Alexis e Sereia os menores, mas em B, onde o factor condicionante não foi a água mas sim a temperatura, as variedades pouco diferiram entre si, contudo, comparativamente à situação anterior, Alexis assegurou aproximadamente o mesmo número de grãos e Sereia apresentou o maior resultado. Em C, este parâmetro em Trianon continuou a diminuir mostrando esta variedade ser sensível às temperaturas e à falta de água, decrescendo a percentagem de espiguetas férteis; Gimpel e Sereia tiveram um comportamento inverso.

Ao analisarmos o componente peso de 1000 grãos, Figura 31, esperaríamos que os genótipos apresentassem valores decrescentes com a incidência das limitantes ambientais, no entanto, podemos constatar que a cevada, em relação às espécies anteriormente analisadas (trigo mole e trigo rijo), parece ter uma capacidade genética para aumentar a taxa com o encurtamento da duração do período do enchimento do grão translocando os carboidratos para o grão. De salientar o potencial das variedades Alexis e Trianon.

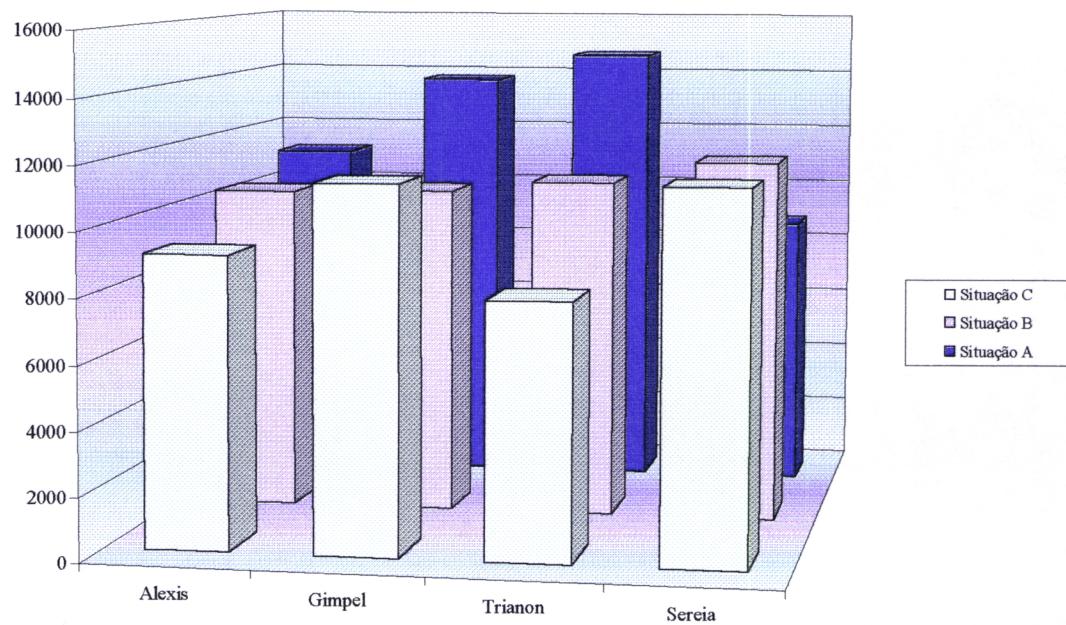


Fig. 30 - O nº grãos/m<sup>2</sup> por genótipo de cevada nas três situações contrastantes (A, B e C).

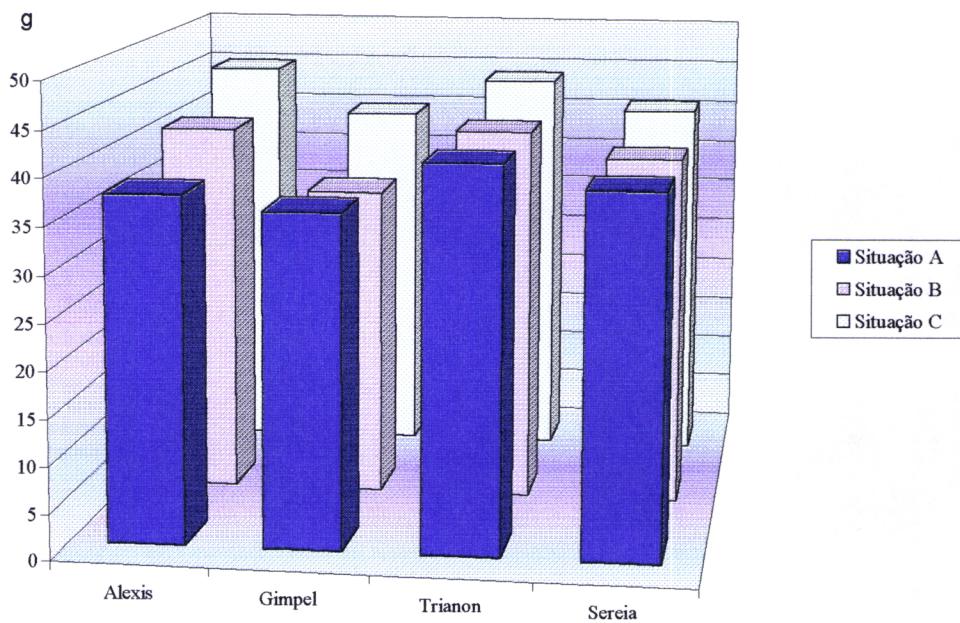


Fig. 31 - O peso de 1000 grãos (g) por genótipo de cevada nas três situações contrastantes (A, B e C).

A cevada é capaz de produzir mais biomassa que os trigos, usando a mesma quantidade de água (Loss & Siddique, 1994). No nosso estudo não foi bem o que aconteceu mas, na realidade, através das Figuras 32 e 33, verificamos que os valores da biomassa foram altos tanto à ântese como à maturação, servindo como indicadores de um bom desenvolvimento da cultura ao longo de todo o ciclo. Mais detalhadamente, podemos

constatar que de acordo com a Figura 32, Trianon foi a variedade mais sensível aos condicionalismos climáticos, pelo contrário, Alexis conseguiu assegurar quase o mesmo resultado nas três situações. A cultivar Sereia perante *stress* térmico e hídrico não teve capacidade para produzir suficiente biomassa à floração. Sobre a Figura 33, o comentário é idêntico.

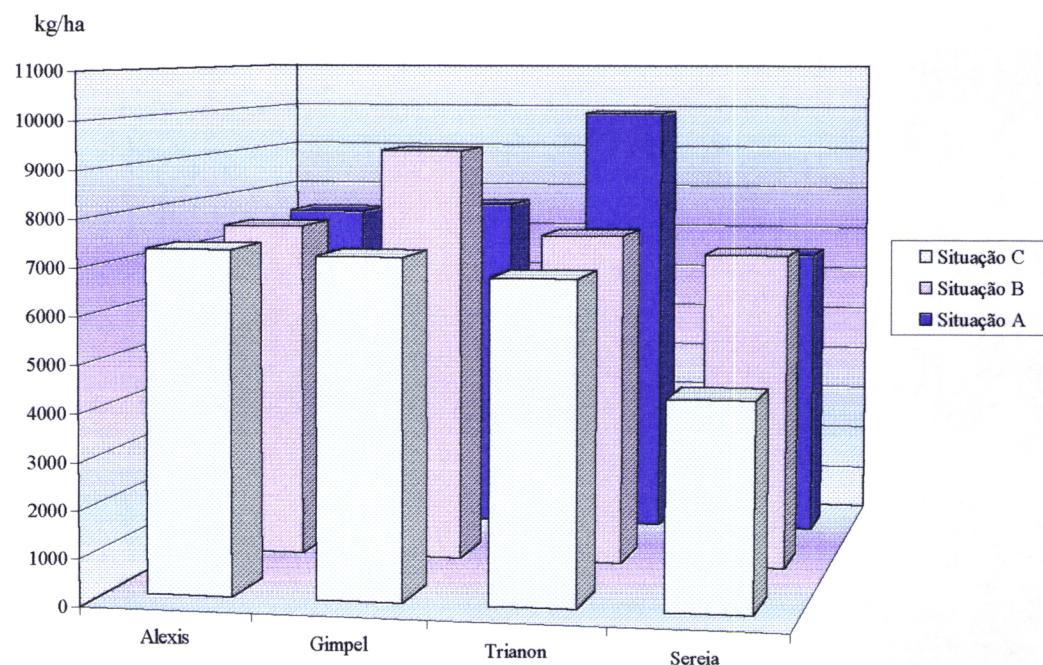


Fig. 32 - A biomassa à ântese (kg/ha) por genótipo de cevada nas três situações contrastantes (A, B e C).

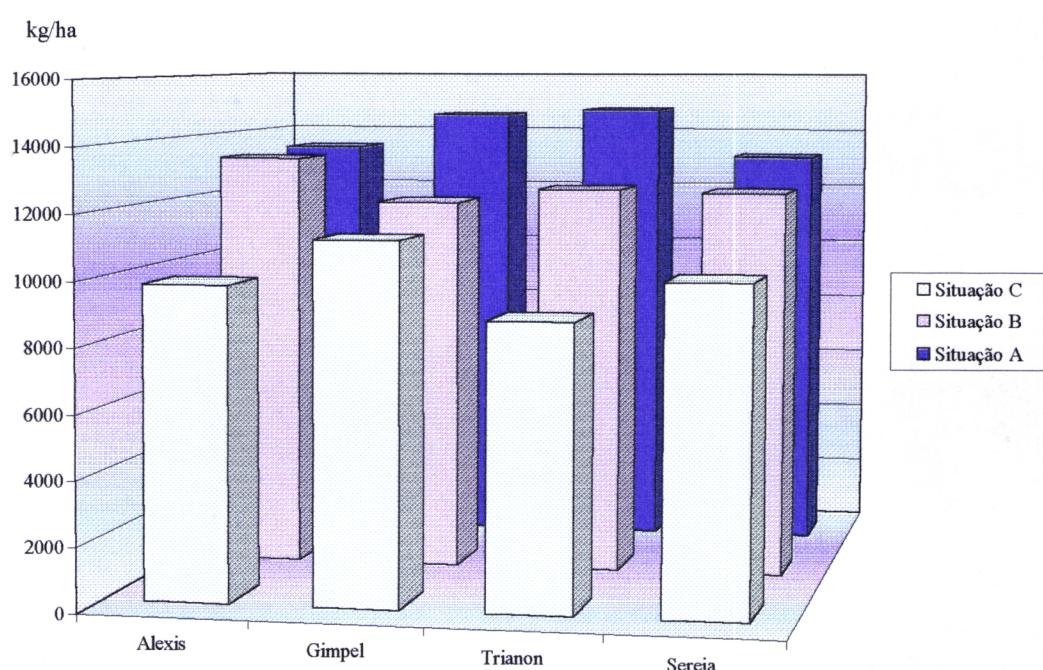


Fig. 33 - A biomassa à maturação (kg/ha) por genótipo de cevada nas três situações contrastantes (A, B e C).

Finalmente, quanto ao índice de colheita, Figura 34, referenciaremos as variedades Alexis, Gimpel e Sereia como estando melhor adaptadas ao ambiente limitante, por apresentarem pequenas diferenças no valor deste parâmetro, particularmente quando o seu comportamento esteve associado com uma expressão positiva desta característica na situação menos favorável.

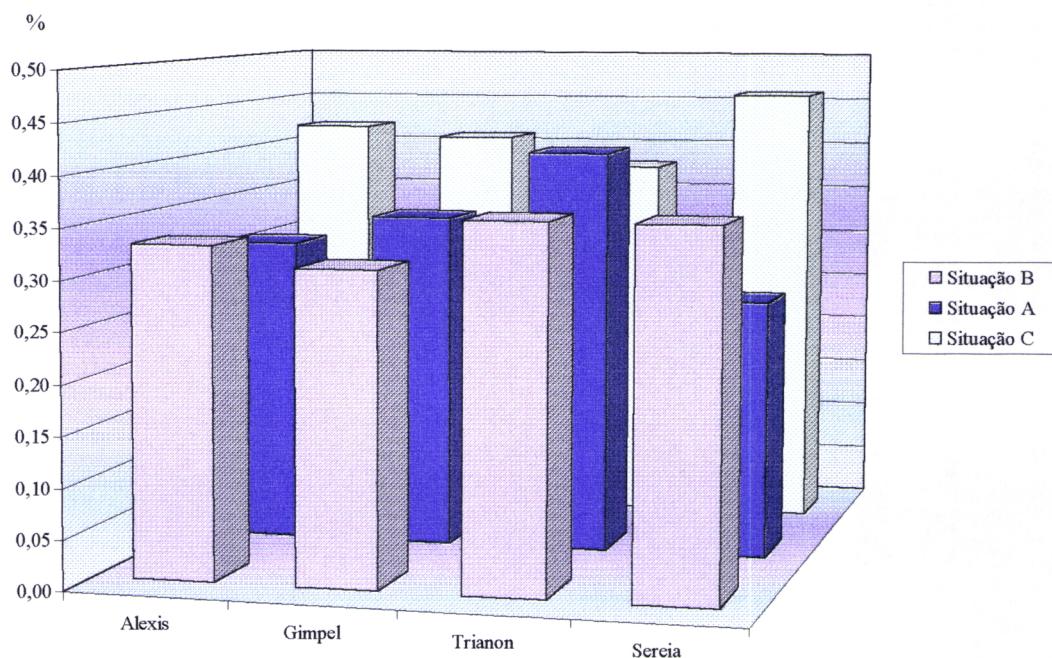


Fig. 34 - O índice de colheita (%) por genótipo de cevada nas três situações contrastantes (A, B e C).

#### **9.4.5 - Correlação entre a produção de grão, componentes da produção e outros parâmetros agronómicos, nos quatro genótipos de cevada**

Tal como já tínhamos procedido para as espécies anteriormente estudadas, também para a cevada usámos os valores de cada genótipo em cada uma das três repetições e separadamente para cada situação A, B e C.

De acordo com os coeficientes de correlação ( $r$ ) mencionados no Quadro XXXVI, verificamos que a produção de grão esteve positivamente correlacionada ( $P \leq 0.05$ ) com a biomassa à ântese e com o índice de colheita, o que nos traduz, de certa forma, a importância que a biomassa produzida até à floração teve no n.º grãos/m<sup>2</sup>.

A biomassa à maturação esteve também correlacionada positivamente com o n.º espigas/m<sup>2</sup> e com o n.º grãos/m<sup>2</sup>. Não se verificou a ocorrência de correlações negativas entre a produção e qualquer um dos outros parâmetros.

A correlação entre a produção e o peso de 1000 grãos não foi significativa.

Quadro XXXVI- Coeficientes de correlação ( r ) entre a produção de grão, os componentes da produção e outros parâmetros agronómicos determinados em quatro genótipos de cevada, na situação A.

	Massa hectolitro	Biomassa ântese	Nº espigas/m <sup>2</sup>	Peso 1000 grãos	Nº grãos/m <sup>2</sup>	Biomassa Maturação	Índice colheita	Produção	Altura
Massa hectolitro	1.000								
Biomassa ântese	0.383	1.000							
Nº espigas/m <sup>2</sup>	0.637	-0.014	1.000						
Peso 1000 grãos	-0.116	0.469	-0.197	1.000					
Nº grãos/m <sup>2</sup>	0.703	0.519	0.780	0.008	1.000				
Biomassa maturação	0.304	0.195	0.653	0.075	0.751	1.000			
Índice colheita	0.683	0.734	0.479	0.432	0.800	0.363	1.000		
Produção	0.372	-0.623	0.315	0.197	0.484	0.075	0.610	1.000	
Altura	-0.108	-0.180	-0.145	0.054	-0.170	-0.086	-0.181	-0.291	1.000

Significância      0.001  $r \geq 0.801$   
                       (n=12)      0.01  $r \geq 0.683$   
                       0.05  $r \geq 0.552$

Quadro XXXVII - Coeficientes de correlação ( r ) entre a produção de grão, os componentes da produção e outros parâmetros agronómicos determinados em quatro genótipos de cevada, na situação B

	Massa hectolitro	Biomassa ântese	Nº espigas/m <sup>2</sup>	Peso 1000 grãos	Nº grãos/m <sup>2</sup>	Biomassa maturação	Índice colheita	Produção	Altura
Massa hectolitro	1.000								
Biomassa ântese	0.012	1.000							
Nº espigas/m <sup>2</sup>	0.287	0.580	1.000						
Peso 1000 grãos	0.203	0.354	0.431	1.000					
Nº grãos/m <sup>2</sup>	0.046	-0.079	0.009	0.396	1.000				
Biomassa maturação	-0.038	0.580	0.550	0.278	0.543	1.000			
Índice colheita	0.110	0.574	0.600	0.450	0.660	0.891	1.000		
Produção	-0.247	-0.128	-0.105	-0.083	0.512	0.546	0.223	1.000	
Altura	0.019	0.354	0.465	0.087	0.637	0.926	0.834	0.619	1.000

Significância      0.001  $r \geq 0.801$   
                       (n=12)      0.01  $r \geq 0.683$   
                       0.05  $r \geq 0.552$

Através do Quadro XXXVII constatamos que o n.º grãos/m<sup>2</sup> esteve positivamente correlacionado com a altura e com a biomassa à ântese ( $P \leq 0.01$ ); por sua vez, a biomassa à maturação esteve correlacionada de modo positivo ( $P \leq 0.01$ ) com a altura, com a biomassa à ântese, com o peso de 1000 grãos e altamente correlacionada ( $P \leq 0.01$ ) com o n.º grãos/m<sup>2</sup>; a produção apresentou correlação positiva com o peso de 1000 grãos e com o índice de colheita e esteve altamente correlacionada com o n.º grãos/m<sup>2</sup> e com a biomassa à maturação.

Quadro XXXVIII - Coeficientes de correlação ( $r$ ) entre a produção de grão, os componentes da produção e outros parâmetros agronómicos determinados em quatro genótipos de cevada, na situação C

	Massa hectolitro	Biomassa ântese	Nº espigas/m <sup>2</sup>	Peso 1000 grãos	Nº grãos/m <sup>2</sup>	Biomassa maturação	Índice colheita	Produção	Altura
Massa hectolitro	1.000								
Biomassa ântese	0.500	1.000							
Nº espigas/m <sup>2</sup>	0.780	0.760	1.000						
Peso 1000 grãos	0.213	0.208	0.031	1.000					
Nº grãos/m <sup>2</sup>	-0.346	0.002	0.159	-0.679	1.000				
Biomassa maturação	-0.027	0.382	0.532	-0.426	0.860	1.000			
Índice colheita	-0.611	-0.460	-0.363	-0.378	0.607	0.252	1.000		
Produção	-0.358	0.063	0.148	-0.468	0.684	0.712	0.407	1.000	
Altura	-0.131	0.167	0.317	-0.606	0.737	0.765	0.309	0.807	1.000
								Significância (n=12)	
								0.001 $r \geq 0.801$	
								0.01 $r \geq 0.683$	
								0.05 $r \geq 0.552$	

Na situação C, onde a cultura ficou sujeita a stress hídrico e térmico, verificamos que de acordo com o Quadro XXXVIII, o n.º grãos/m<sup>2</sup> esteve correlacionado de uma forma negativa com o peso de 1000 grãos e positiva com a biomassa à maturação. Houve uma correlação positiva da produção de grão com o n.º grãos/m<sup>2</sup> e com a biomassa à maturação ( $P \leq 0.01$ ). Nesta situação, e ao contrário do que verificamos em B, a altura dos genótipos esteve correlacionada com o componente n.º grãos/m<sup>2</sup>, com o parâmetro biomassa à maturação e altamente correlacionada com a produção de grão; enquanto a correlação com o peso de 1000 grãos foi negativa. Assim, as correlações estabelecidas parecem indicar que os processos que levaram à determinação do n.º grãos/m<sup>2</sup> foram decisivos para a produtividade das cevadas.

## 9.5 – Avaliação da sensibilidade do germoplasma em estudo às temperaturas máximas médias no período de desenvolvimento do grão

Exprimindo a produção como o produto dos componentes, número de grãos por unidade de área (entendido como a capacidade de armazenamento da cultura ou *sink*) pelo peso do grão (que indica a medida em que esta capacidade se transforma em rendimento final) e sabendo que, o primeiro destes componentes é determinado nas fases antes e durante a ântese e que o segundo é determinado entre esta etapa do ciclo de desenvolvimento do cereal e a sua maturação fisiológica, tentámos comparar a sensibilidade dos diferentes genótipos através das reduções num e outro componente devido ao efeito da temperatura, o modo como se relacionaram essas reduções e como influenciaram a produção final.

### 9.5.1 – Trigo mole

Começando pelo trigo mole (ciclo de primavera e alternativo) foram calculados os valores das temperaturas máximas médias dos períodos em que decorreram a ântese e o enchimento do grão nas situações culturais A e B. Verificou-se que:

- a)** a ântese no trigo mole de tipo fisiológico de primavera decorreu à temperatura máxima média de 20.9°C no condicionalismo cultural A e de 25.1°C no B; para o trigo mole de hábito de crescimento alternativo e nas mesmas situações A e B, esses valores foram de 21.4°C e de 31.0°C, respectivamente;
- b)** no período de enchimento do grão no trigo mole de ciclo de primavera, essas temperaturas foram de 23.7°C em A e de 25.2°C em B, passando a 23.5°C e 33.5°C, respectivamente, no trigo de ciclo alternativo.

No Quadro XXXIX estão os valores referentes, ao nº grãos/m<sup>2</sup>, ao peso de 1000 grãos e à produção final de grão que os diferentes genótipos de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo) apresentaram nas situações A e B, sob influência das diferentes temperaturas máximas médias que ocorreram durante a fase de formação e de desenvolvimento do grão, bem como as reduções percentuais entre esses valores, no intuito de compreendermos a resposta dos diferentes genótipos à influência do factor térmico.

Como o trigo mole de tipo fisiológico alternativo, ao ser semeado tarde, ou não cumpriu o seu ciclo cultural ou sofreu elevadíssimas reduções na produção de grão e nos seus componentes, optámos por centrar esta análise só no material de ciclo de primavera.

Quadro XXXIX – Resposta dos genótipos de trigo mole (ciclo de primavera e alternativo) à subida da temperatura máxima média durante a ântese e o desenvolvimento do grão. Redução percentual entre os valores das situações A e B

Genótipos	Nº grãos/m <sup>2</sup>		Peso 1000 grãos (g)		Produção (kg/ha)		Redução (%)		
	A	B	A	B	A	B			
<b>Ciclo de primavera</b>									
Mondego	17038	11790	31	32.27	27.50	15	4749	3454	27
Anza	16606	11877	29	38.12	30.77	19	4756	3655	23
Golia	14670	12177	17	33.67	28.54	15	4697	3262	31
TE 9113	14094	9507	33	43.61	35.86	18	3938	2942	25
TE 9111	13326	10567	21	39.73	34.87	12	5199	4272	18
Sever	12295	8242	33	40.38	40.94	-1	3786	3317	12
TE 9114	12122	10792	11	42.55	38.83	9	5171	3981	23
Cno79...	9018	11946	-33	39.86	34.81	13	3530	4044	-15
<b>Ciclo alternativo</b>									
Eufrates	17030	3118	82	37.72	28.32	25	5430	993	82
Soissons	16620	-	-	30.77	-	-	4792	-	-
Goelent	15089	9398	38	31.54	24.86	21	4475	2552	43
Centauro	14554	-	-	32.75	-	-	4805	-	-

Com base nos valores do quadro, elaborámos as Figuras 35 e 36.

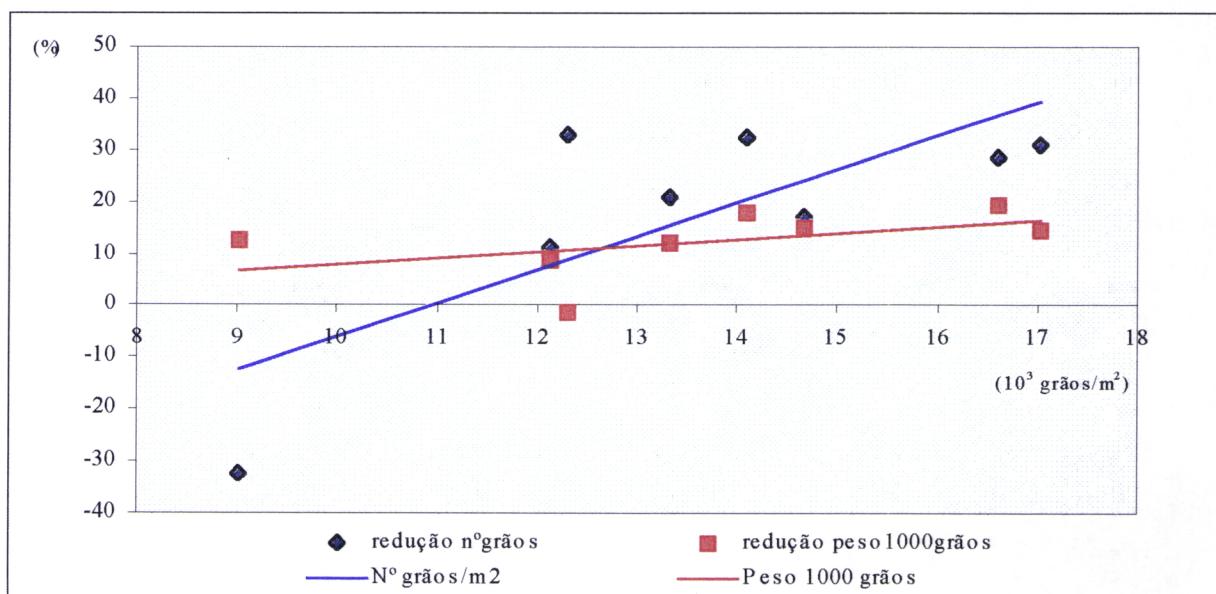


Fig. 35 – O número potencial de grãos e a redução no nº grãos/m<sup>2</sup> e no peso 1000 grãos (g) no germoplasma de trigo mole (ciclo de primavera)

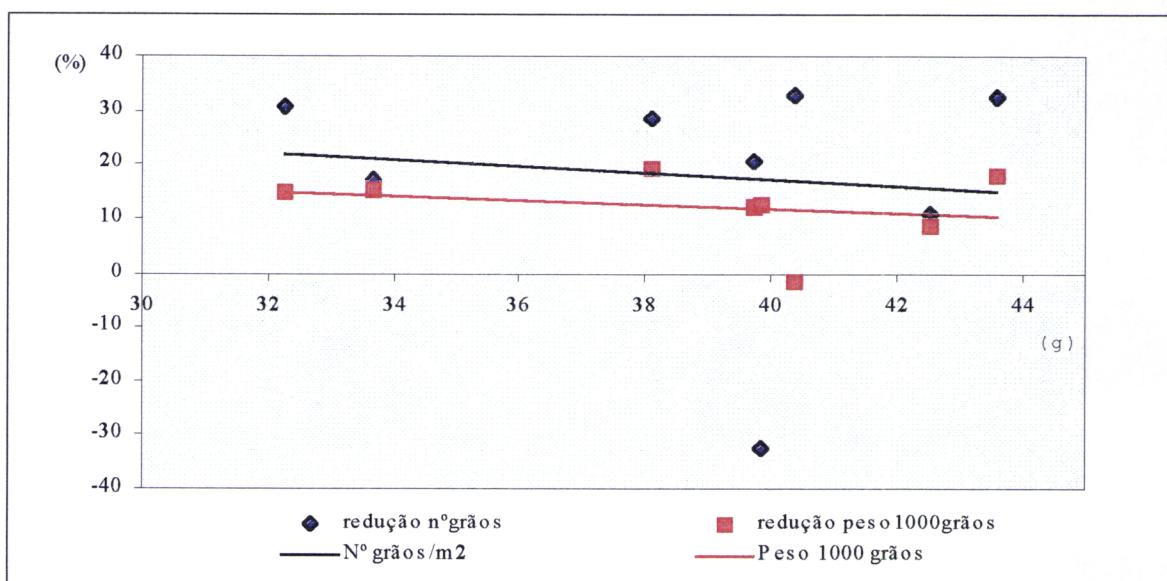


Fig. 36 – O peso potencial do grão e a redução no nº grãos/m<sup>2</sup> e no peso 1000 grãos (g) no germoplasma de trigo mole (ciclo de primavera)

O genótipo Cno 79#2/Prl”S” exibiu um ciclo de desenvolvimento rápido pelo que “escapa” aos condicionalismos impostos pela temperatura máxima elevada. Se retirarmos esse genótipo, que possui esse mecanismo de “escape”, verificamos que a redução no nº grãos/m<sup>2</sup> e no peso do grão é independente do número potencial de grãos por unidade de área (Figura 35). Também em relação ao peso potencial do grão, Figura 36, não se verificou qualquer dependência quer nas reduções do nº grãos/m<sup>2</sup> quer no peso de 1000 grãos.

Foi possível identificar genótipos com maior tolerância; as linhas TE 9111 e TE 9114 e a variedade Sever revelaram boa capacidade de resistência às temperaturas mais elevadas que ocorreram durante as fases de pré-ântese, ântese e enchimento do grão. Como se referiu o genótipo Cno 79#2/Prl”S” constitui um exemplo de tolerância, na medida em que manifesta “escape”.

Os ensaios de campo conduzem normalmente a grandes dificuldades na sua interpretação, pois nem sempre é possível superar efeitos das diferentes variáveis em estudo. Parece, no entanto, poder admitir-se que, as temperaturas máximas que ocorreram antes da ântese na situação B provocaram redução no número potencial de grãos por unidade de área. Durante a ântese este efeito pode também ter provocado distúrbios na multiplicação celular, reduzindo o tamanho potencial dos grãos. Durante o enchimento do grão, a redução na duração desta fase não foi compensada pelo aumento da taxa, verificando-se que a acumulação de fotoassimilados foi reduzida. Os resultados deste ensaio mostram também o perigo que se corre em usar variedades com ciclo pouco ajustado ao condicionalismo mediterrânico, pois apesar de terem manifestado bom comportamento em A, quando se passou para a situação B os distúrbios foram bem mais elevados do que os verificados nos genótipos de tipo fisiológico de primavera.

### 9.5.2 – Trigo rijo

No intervalo de tempo durante o qual decorreu a ântese do trigo rijo, registou-se uma temperatura máxima média de 19.1°C na situação A e 24.2°C na B; esses valores foram de 24°C (em A) e de 28°C (em B) durante o período de enchimento do grão.

Os dados respeitantes ao nº grãos/m<sup>2</sup>, peso de 1000 grãos e rendimento final de grão de cada genótipo e as respectivas reduções quando se passou do condicionalismo A para o B, estão registados no Quadro XL.

Quadro XL – Resposta dos genótipos de trigo rijo à subida da temperatura máxima média durante a ântese e o desenvolvimento do grão. Redução percentual entre os valores das situações A e B

Genótipos			Peso 1000						
	Nº grãos/m <sup>2</sup>	Redução (%)	grãos (g)	A	B	Redução (%)	Produção (kg/ha)	Redução (%)	
	A	B				A	B		
TE 9306	13246	9479	28	45.80	42.47	9	4661	4075	13
TE 9110	13086	9474	28	47.99	44.59	6	5217	4262	18
TE 9007	12761	8718	32	38.36	35.75	5	4256	3055	28
TE 9006	12666	10834	14	46.15	38.44	17	4805	4542	5
Celta	12334	10621	14	43.98	36.31	18	4807	3296	31
TE 9307	11385	6998	39	47.67	39.89	17	4731	3072	35
TE 9204	10060	8960	11	41.47	39.05	5	4098	3730	9
Acalou	9567	8514	11	51.43	42.53	16	4178	3728	11
Castiço	9065	9233	-1.9	47.29	40.96	13	4143	3579	14

Para as reduções calculadas no trigo rijo (Quadro XL), tal como para o trigo mole, parece também não haver dependência entre os componentes, quer no nº grãos/m<sup>2</sup>, quer no peso de 1000 grãos. O processo de selecção nesta espécie tem privilegiado genótipos com grãos de maior peso, devido às exigências da indústria. Constatase neste estudo, que a redução no peso do grão provocada pela temperatura elevada durante o período de enchimento do grão, Figura 37, não é tão acentuada como no caso do trigo mole, facto que se reflecte no peso final. De facto, o germoplasma de trigo rijo exibiu menor redução neste componente que o de trigo mole, revelando maior tolerância ou resistência ao factor térmico durante o enchimento do grão.

Esta tendência verificou-se também nas fases pré e durante a ântese com a redução do nº grãos/m<sup>2</sup>, Figura 38, que foi ligeiramente mais acentuada nos genótipos de trigo mole.

Estes factores revelam a boa adaptação do trigo rijo às regiões mediterrânicas. A existência neste grupo de germoplasma de diferentes respostas, indica boa perspectiva para continuar o melhoramento e a selecção de materiais com resistência às temperaturas altas nas fases pré-ântese, ântese e enchimento do grão.

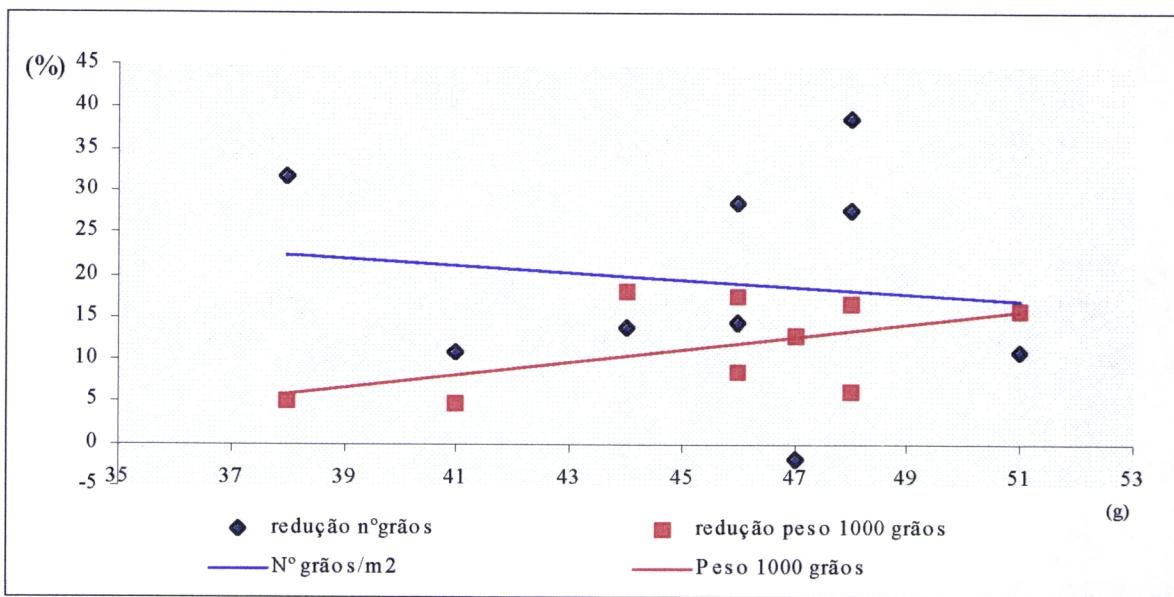


Fig. 37 – O peso potencial do grão e a redução no nº grãos/m<sup>2</sup> e no peso 1000 grãos (g) no germoplasma de trigo rijo

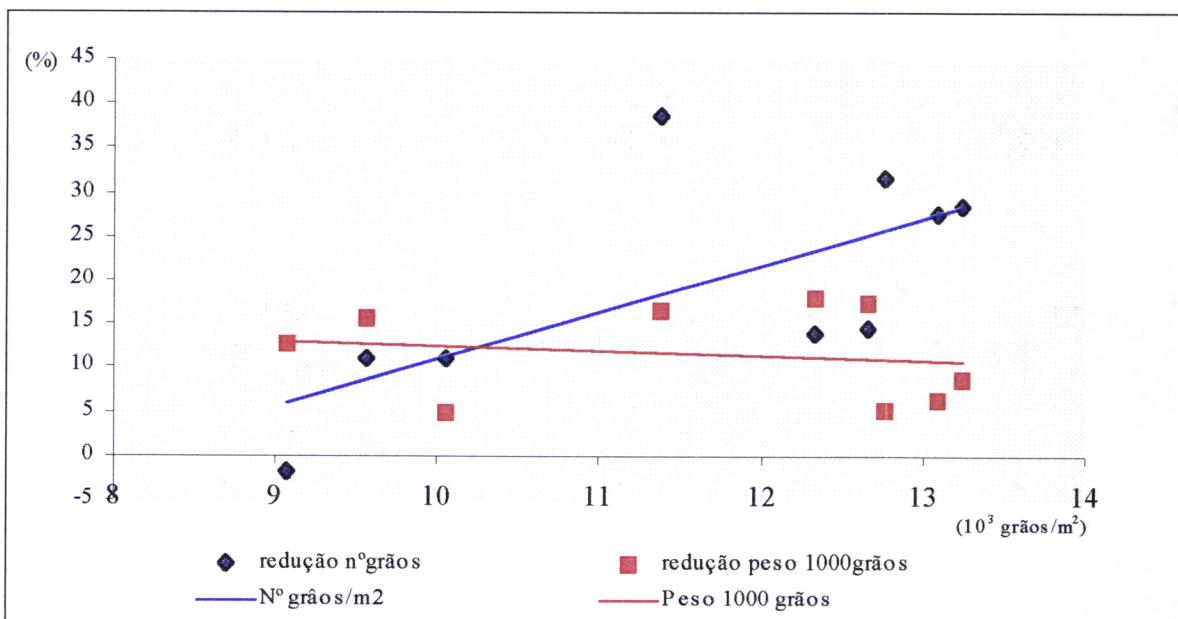


Fig. 38 – O número potencial de grãos e a redução no nº grãos/m<sup>2</sup> e no peso 1000 grãos (g) no germoplasma de trigo rijo

### 9.5.3 – Cevada

Das espécies incluídas neste estudo, a cevada parece ser aquela que melhor se adapta a condições de elevada temperatura, quer durante os períodos pré e durante a ântese, quer durante o período de enchimento do grão. Revelou grande plasticidade para assegurar a produção de grão. Na situação A a temperatura máxima média durante a ântese foi de 18.9°C tendo passado para 24.5°C na situação B, e durante o período de enchimento do grão de 23.4°C para 30.7°C. Apesar destes aumentos não revelou grandes reduções no peso do grão, Quadro XLI.

Quadro XLI – Resposta dos genótipos de cevada à subida da temperatura máxima média durante a ântese e o desenvolvimento do grão. Redução percentual entre os valores das situações A e B

Genótipos	Nº grãos/m <sup>2</sup>		Redução (%)	Peso 1000 grãos (g)		Redução (%)	Produção (kg/ha)		Redução (%)
	A	B		A	B		A	B	
Trianon	14688	11519	22	41.42	41.35	0	5412	4167	23
Gimpel	13805	10410	25	35.93	34.08	5	4346	3940	9
Alexis	11157	10872	3	37.40	40.98	10	3993	4304	-8
Sereia	8872	10516	-19	38.86	38.56	1	3797	4401	16

Para as variedades Alexis e Sereia a acama verificada na situação A levou, inclusivamente, a reduções no nº grãos/m<sup>2</sup> - Figura 39 - e no peso do grão - Figura 40.

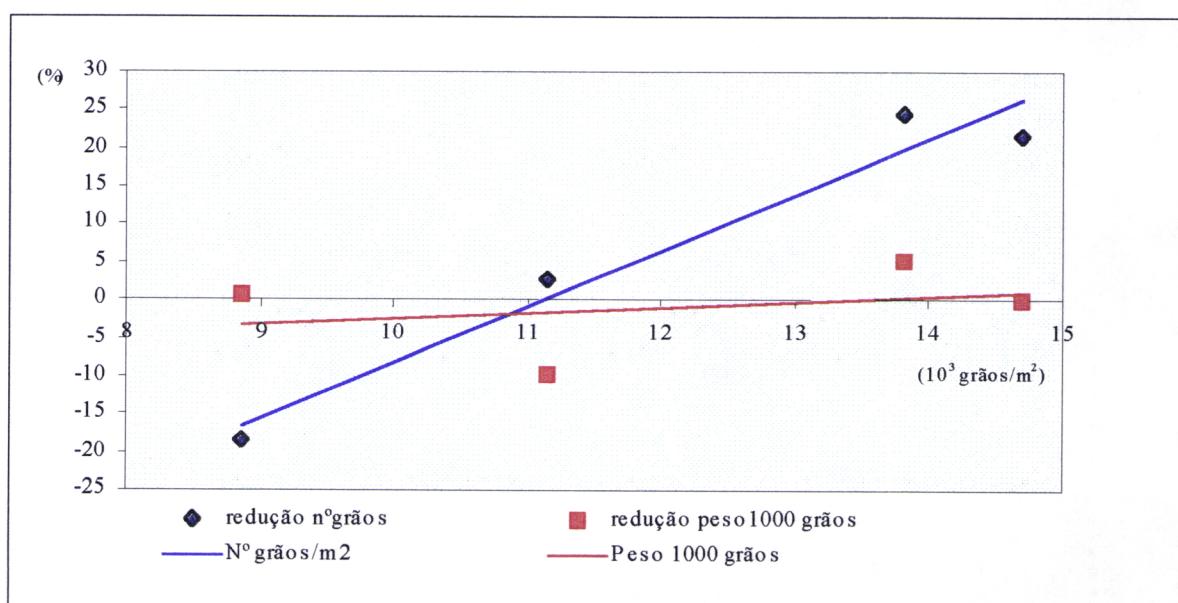


Fig. 39 – O número potencial de grãos e a redução no nº grãos/m<sup>2</sup> e no peso 1000 grãos (g) no germoplasma de cevada

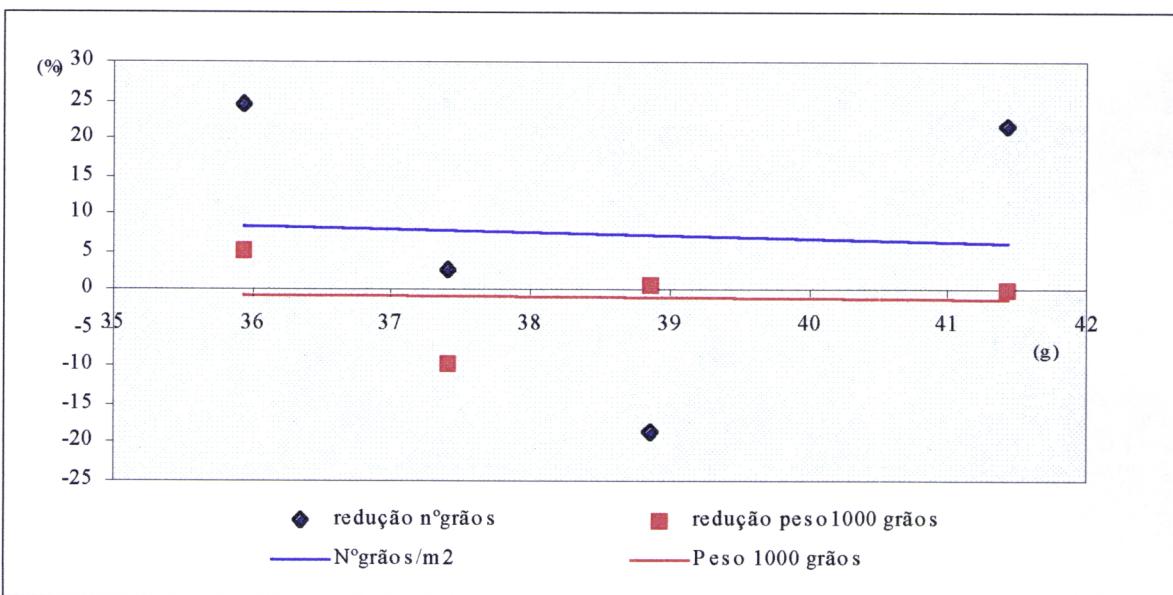


Fig. 40 – O peso potencial de grãos e a redução no nº grãos/ $m^2$  e no peso 1000 grãos (g) no germoplasma de cevada

A plasticidade de adaptação desta espécie, confirmada também neste estudo, revela a grande potencialidade da cevada mesmo em situações de regadio desde que seja resolvido o problema da acama.

## 10 - CONCLUSÕES

O stress térmico nas fases de pré e durante a ântese, e sobretudo no período de enchimento do grão, é um importante factor que causa variação na produção de cereais nos ambientes mediterrânicos. As altas temperaturas afectam: o número de grãos por unidade de área, quando ocorrem nas etapas de formação e de desenvolvimento do grão e o peso potencial do grão, quando reduzem a duração do período do seu enchimento. Esta redução deve-se sobretudo à supressão da fotossíntese corrente e à inibição da biossíntese do amido no endosperma. Portanto o desenvolvimento de germoplasma com resistência ou tolerância às temperaturas elevadas constitui uma importante preocupação do programa de melhoramento de cereais da ENMP, sobretudo numa época em que se prevê o aumento das áreas de regadio onde os materiais devem exibir o máximo potencial genético de produção.

A compreensão dos mecanismos genéticos e fisiológicos de resposta das plantas às altas temperaturas, como ferramenta para a definição de critérios de selecção, assim como a identificação de variabilidade genética, facilitará o desenvolvimento de germoplasma adequado.

Os efeitos da temperatura têm sido estudados ao nível fisiológico existindo larga informação disponível. No entanto, essa informação tem sido obtida em ambientes controlados, usando reduzido número de genótipos. Este trabalho procurou testar alguns desses resultados em condições de campo, com o objectivo de obter perspectiva sobre o comportamento ecofisiológico de três espécies e de várias variedades de trigo mole, de trigo rijo e de cevada.

Os resultados dos ensaios de campo são sempre mais difíceis de interpretar, dado que por vezes é impossível superar o efeito das variáveis em jogo. Contudo, podemos constatar o efeito da temperatura nas fases finais do desenvolvimento, afectando quer o nº grãos/m<sup>2</sup>, quer o peso do grão. As relações complexas que advém destes efeitos ao nível da *source* e da *sink* podem permitir a explicação das reduções na produção de grão, destacando ao mesmo tempo a existência de equilíbrios na natureza. Na situação de regadio, a produção parece ser mais limitada ao nível da *source* e daí inferir-se que a temperatura afecta a fotossíntese corrente prejudicando a produção e transporte de assimilados para o grão. Este fenómeno foi bem visível na situação B para os trigos mole e rijo, indicando que, quando através da introdução do regadio se melhora a *sink* a temperatura passará a ser o principal factor ambiental a limitar as produções, pela redução que provoca no peso do grão. Por outro lado, na situação C a falta de água afectou em larga escala a *sink*, reduzindo muito o número de grãos por unidade de área; neste caso, verificou-se alguma compensação no enchimento do grão, provando a existência de relações complexas entre a *source* e a *sink*.

Outro aspecto digno de realce, foi o aumento do índice de colheita (%) na situação menos favorável, revelando-se também aqui um fenómeno para o qual existe pouca compreensão, isto é, a existência de matéria seca estrutural com pouco valor aparente para a produção de grão.

Em termos gerais é possível afirmar, perante os resultados deste estudo, que os genótipos com capacidade para assegurar estabilidade no peso de 1000 grãos, como forma de sustentar a produção final, e ao mesmo tempo capazes de responder à melhoria das condições ambientais, devem ser privilegiados na selecção.

A cevada revelou a maior plasticidade de adaptação às condições de temperatura elevada mostrando o longo trabalho de melhoramento e de selecção para estas condições. O trigo rijo manifestou melhor comportamento que o trigo mole.

A existência de diferentes respostas do germoplasma envolvido indica boa perspectiva para continuar o melhoramento e a selecção de materiais com resistência às temperaturas elevadas nas fases de pré-ântese, ântese e enchimento do grão.

Durante a realização deste estudo foi possível observar a existência de "picos" de temperatura durante alguns dias. Este padrão apesar de se reflectir na média obtida, não permite obter informação sobre o efeito desses "picos" na resposta final dos genótipos, constituirá por isso objecto de estudos futuros. Estes choques de temperatura podem ser particularmente perigosos se ocorrem durante a meiose ou nas primeiras fases de divisão celular do grão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, E., 1991. Morphological traits of adaptation of cereals to mediterranean environments. Improvement and management of winter cereals under temperature, drought and salinity *stresses*. In: Proc. Int. Symp., Cordoba: 85-96.
- AUSTIN, R. B.; BINGHAM, J.; BLACKWELL, R. D.; EVANS, L. T.; FORD, M. A.; MORGAN, C. L. & TAYLOR, M., 1980. Genetic improvements in winter wheat yield since 1900 and associated physiological changes. *J. Agric. Sci. (Camb.)*, **94**: 675-689.
- BAGGA, A. K. & RAWSON, H. M., 1977. Contrasting responses of morphologically similar wheat cultivars to temperatures appropriate to warm temperate climates with hot summers: a study in controlled environment. *Aust. J. Plant Physiol.*, **4**: 877-887.
- BAGNARA, D. & DAYNARD, D. T. B., 1982. Rate and duration of kernel growth in the determination of maize (*Zea mays L.*) kernel size. *Can. J. Plant Sci.*, **62**: 579-587.
- BAKER, J. T.; PRINTER, P. J.; REGIONATO, R. J. & KANEMASU, E. T., 1986. Effects of temperature on leaf appearance in spring and winter wheat cultivars. *Agron. J.*, **78**: 605-613.
- BELLIDO, L., 1991. Cultivos herbaceos – Cereales, I. Ed. Mundi – Prensa, Madrid.
- BHULLAR, S. S. & JENNER, C. F., 1983. Responses to brief periods of elevated temperature in ears and grains of wheat. *Aust. J. Plant Physiol.*, **10**: 549-560.
- BHULLAR, S. S. & JENNER, C. F., 1986. Effects of a brief episode of elevated temperature on grain filling in wheat ears cultured on solutions of sucrose. *Aust. J. Plant Physiol.*, **13**: 617-626.
- BORGHI, B., 1988. Breeding for heat and drought *stress* in small grain cereals. In: Workshop on advanced technologies for increased agricultural production. AISI, Italy: 157-165.
- CAO, W. & MOSS, D. N., 1994. Sensitivity of winter wheat phyllochron to environmental changes. *Agron. J.*, **86**: 63-66.
- CARVALHO-CARDOSO, J. V. J., 1965. Os solos de Portugal. Sua classificação, caracterização e génesis. 1 - A Sul do rio Tejo. Ed. SEA, DGSA, Lisboa, 285pp.
- CARVALHO, M., 1994. A contribuição conjunta do melhoramento e da fitotecnia na produção de trigo em Portugal face à política agrícola comum. *Melhoramento*, **3** (2): 577-608.

- CECCARELLI, S., 1984. Utilization of landraces and *H. spontaneum* in barley breeding for dry areas. *Rachis*, **3** (2): 8-11.
- CECCARELLI, S., 1994. Specific adaptation and breeding for marginal conditions. *Euphytica*, **77**: 205-219.
- CLARKE, J. M., 1987. Use of physiological and morphological traits in breeding programmes to improve drought resistance of cereals. In: Drought tolerance in winter cereals. (J. P. Srivastava, E. Porceddu, E. Acevedo, S. Varma, eds.), John Wiley & Sons Ltd., New York: 171-189.
- CORRELL, R.; BUTLER, J.; SPOUNCER, L. & WRIGLEY, C., 1994. The relationship between grain - protein content of wheat and barley and temperatures during grain filling. *Aust. J. Plant Physiol.*, **21**: 869-873.
- COUTINHO, J. N. P., 1998. A plasticidade para a data de sementeira em trigo mole (*Triticum aestivum* L.) no ambiente mediterrânico do Sul de Portugal. Dissertação para concurso a Investigador Auxiliar, INIA, Elvas, 121pp..
- DARROCH, B. A. & BAKER, R. J., 1990. Grain filling in three spring wheat genotypes: statistical analysis. *Crop Sci.*, **30**: 525-529.
- DAVIDSON, H. R. & CAMPBELL, C. A., 1983. The effect of temperature, moisture and nitrogen on the rate of development of spring wheat as measured by degree days. *Can. J. Plant Sci.*, **83**: 833-846.
- DAVIDSON, J. L.; CHRISTIAN, K. R.; JONES, D. B. & BRENNER, P. M., 1985. Responses of wheat to vernalisation and photoperiod. *Aust. J. Agric. Res.*, **36**: 347-359.
- DIAS, A. S. V., 1998. Contribuição para a definição de ideotipos de trigo mole (*Triticum aestivum*, L.) para a região mediterrânica do Sul de Portugal. Trabalho de fim de curso. UE, Évora, 70pp.
- DONALD, C. M. & HAMBLIN, J., 1976. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.*, **28**: 361-405.
- ESAU, K., 1974. Anatomia das plantas com semente. Edgard Blücher. São Paulo.
- EVANS, L. T., 1975. The physiological basis of crop yield. In: Crop Physiology (L.T. Evans, ed.), Cambridge University Press, Cambridge: 327-355.

- EVANS, L. T., 1987. Opportunities for increasing the yield potential of wheat in CIMMYT. In: The future development of maize and wheat in the third world. Ed. CIMMYT, México D. F.: 79-93.
- EVANS, L. T. & RAWSON, H. M., 1970. Photosynthesis and respiration by the flag leaf and components of the ear during grain development in wheat. *Aust. J. Biol. Sci.*, **23**: 245-254.
- EVANS, L. T. & WARDLAW, I. F., 1976. Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. *Adv. Agron.*, **28**: 301-359.
- EVANS, L. T. & WARDLAW, I. F., 1996. Wheat. In: Photoassimilate distribution in plants and crops: *Source-Sink* relationships. (Eli Zamski & Arthur A. Schaffer, eds.): 501-518.
- FEIO, M., 1991. Clima e Agricultura – Exigências climáticas das principais culturas e potencialidades agrícolas do nosso clima. Ed. Direcção Geral de Planeamento e Agricultura, 266pp..
- FISCHER, R. A., 1973. The effect of water stress at various stage of development on yield processes in wheat. In: Plant response to climatic factors. Proceedings of the Uppsala Symposium, UNESCO, Paris: 233-241.
- FISCHER, R. A., 1984. Wheat. In: Symposium on potential productivity on field crops under different environments. (W. H. Smith and S. J. Banta, eds.), IRRI, Los Baños: 129-153.
- FISHER, R. A. & MAURER, R. O., 1976. Crop temperature modification and yield potential in a dwarf spring wheat. *Crop. Sci.*, **16**: 855-859.
- FLOOD, R. G. & HALLORAN, G. M., 1984. The nature and duration of gene action for vernalization. *Annals of Botany*, **53**: 363-368.
- FLOOD, R. G. & HALLORAN, G. M., 1986. The influence of genes for vernalisation response on development and growth in wheat. *Annals of Botany*, **58**: 505-508.
- FORD, M. A.; AUSTIN, R. B.; ANGUS, W. J. & SAGE, G. G. M., 1981. Relationships between the responses of spring wheat genotypes to temperature and photoperiodic treatments and their performance in the field. *J. Agric. Sci. (Camb.)*, **96**: 623-634.
- FRIEND, D. J. C.; HELSON, V. A. & FISHER, J. E., 1962. Leaf growth in Marquis wheat, as regulated by temperature, light intensity, and daylength. *Can. J. Bot.*, **40**: 1299-1311.

- GARCIA DEL MORAL, L. & RAMOS, J., 1989. Fisiologia de la produccion de grano. In: La cebada: morfologia, fisiologia, genetica, agronomia y usos industriales. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentacion, Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- GLEADOW, R. M.; DALLING, M. J. & HALLORAN, G. M., 1982. Variation in endosperm characteristics and nitrogen content in six wheat lines. *Aust. J. Plant Physiol.*, **9**: 539-551.
- GRASS, L. & BURRIS, J. S., 1995. Effect of heat stress during seed development and maturation on wheat (*Triticum durum*) seed quality. I. Seed germination and seedling vigor. *Can. J. Plant Sci.*, **75** (4): 821-829.
- GREGORY, P. J.; TENNANT, P. J. & BELFORD, R. K., 1992. Root and shoot growth and water and light use efficiency of barley and wheat crops grown on a shallow duplex soil in a mediterranean type environment. *Aust. J. Agric. Res.*, **43**: 555-573.
- HAMMES, P. S. & MARSHALL, R. J., 1980. The effect of photoperiod and temperature on the development of three cultivars of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Res.*, **3**: 121-128.
- HARRINGTON, H. M.; DASH, S.; DHARMASIRI, N. & DHARMASIRI, S., 1994. Heat-shock proteins: a search for functions. *Aust. J. Plant Physiol.*, **21**: 843-855.
- HARRIS, H. C.; GOEBEL, W. & COOPER, P. J. M., 1989. Crop genotype – environment interaction. In: Drought tolerance in winter cereals. (J. P. Srivastava, E. Porceddu, E. Acevedo and S. Varma, eds.), John Wiley & Sons. Ltd., New York: 37-54.
- HAUN, J. R., 1973. Visual quantification of wheat development. *Agron. J.*, **65**: 116-119.
- HAY, R. K. M. & KIRBY, E. J. M., 1991. Convergence and synchrony – a review of the coordination of development in wheat. *Aust. J. Agric. Res.*, **42**: 661-700.
- HAY, R. K. M. & WALKER, A. J., 1989. An introduction to the physiology of crop yield. John Wiley & Sons, London, 292pp.
- HAYWARD, M. D. & BREESE, E. L., 1993. Population structure and variability. In: Plant Breeding: principles and prospects. Ed. Chapman & Hall, London: 16-30.
- HOOGENDOORN, J., 1985. A reciprocal F1 monosomic analysis of genetic control of time of ear emergence, number of spikelets in wheat (*Triticum aestivum*). *Euphytica*, **34**: 545-558.

- HUCL, P. & BAKER, R. J., 1987. A study of ancestral and modern canadian spring wheats. *Can. J. Plant Sci.*, **67**: 87-97.
- HUNT, L. A.; POORTEN, G. van der & PARARAJASINGHAM, 1991. Postanthesis temperature effects on duration and rate of grain filling in some winter and spring wheats. *Can. J. Plant Sci.*, **71**: 609-617.
- JEDEL, P. E., 1994. Inheritance of vernalization response in three populations of spring wheat. *Can. J. Plant Sci.*, **74**: 753-757.
- JENNER, C. F., 1991. Effects of exposure of wheat ears to high temperature on dry matter accumulation and carbohydrate metabolism in the grain of two cultivars. I - immediate responses. *Aust. J. Plant Physiol.*, **18**: 165-177.
- JEWISS, O. R., 1972. Tillering in grasses - its significance and control. *J. Br. Grassl. Soc.*, **27**: 65-82.
- KIRBY, E. J. M., 1988. Analysis of leaf stem and ear growth in wheat from terminal spikelet stage to anthesis. *Field Crops Res.*, **18**: 127-140.
- KIRBY, E. J. M. & APPLEYARD, M., 1987. Cereal development guide. 2nd edition. Arable Unit National Agriculture Center, Conventry, 94pp..
- KLATT, A. R., 1984. Introduction to the symposium on wheat for more tropical environments. In: Wheats for more tropical environments - A Proceedings of the International Symposium. UNDP/CIMMYT, México: 21-23.
- KLEPPER, B.; RICKMAN, R. W. & PETERSON, C. M., 1982. Quantitative characterization of vegetative development in small cereal grains. *Agron. J.*, **74**: 789-792.
- KLEPPER, B.; RICKMAN, R. W.; WALDMAN, S. & CHEVALIER, P., 1998. The physiological life cycle of wheat: its use in breeding and crop management. In: Wheat: prospects for global improvement. (H. J. Braun *et al.*, eds.) Kluwer Academic Publishers, Netherlands: 419-425.
- KOHLI, M. M., 1984. Identifying wheats adapted to more tropical areas of the Southern Cone of South America. In: Wheats for more tropical environments - A Proceedings of the International Symposium. UNDP/CIMMYT, México: 111-115.

- LAWES, D. A., 1977. Yield improvement in spring oats. *J. Agric. Sci.*, **89**: 751-757.
- LOMAS, J. & SHOSHOVA, Y., 1974. The dependence of wheat yields and grain weight in a semi-arid region on rainfall and on the number of hot, dry days. *Isr. J. Agric. Res.*, **23**: 113-121.
- LOSS, S.; KIRBY, E.; SIDDIQUE, K. & PERRY, M., 1989. Grain growth and development of old and modern australian wheats. *Field Crops Res.*, **21**: 131-146.
- LOSS, S. P. & SIDDIQUE, K. H. M., 1994. Morphological and physiological traits associated with wheat yield increases in mediterranean environments. *Adv. Agron.*, **52**: 229-276.
- MAÇÃS, B.M., 1996. Definição de critérios de selecção de trigo mole (*Triticum aestivum* L.) para as condições do ambiente mediterrânico do Sul de Portugal. Dissertaçāo para concurso a Investigador Auxiliar, INIA, Elvas, 90pp..
- MAJOR, D. J.; JANZEN, H. H.; SADASIVAAIH, R. S. & CAREFOOT, J. M., 1992. Morphological characteristics of wheat associated with high productivity. *Can. J. Plant Sci.*, **72** (3): 689-698.
- MATA-REIS, R. M.; MENDES, J. & CASIMIRO, S/data. Aplicação do conceito de "temperaturas acumuladas" à previsão de fases fenológicas (I). Ed. INMG, Lisboa, 60pp.
- McDONALD, G. K.; SULTON, B. A . & ELLISON, F. W., 1983. The effect of time of sowing on the grain yield of irrigated wheat in the Namoi Valley, New South Wales. *Aust. J. Agric. Res.*, **34**: 229-240.
- MEXIA, A. M. M., 1985. A cultura do trigo e os prejuízos causados por algumas pragas. Curso de Mestrado em Produção Vegetal, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa: 49-60.
- MIURA, H. & WORLAND, A. J., 1994. Genetic central of vernalization, day-length response, and earliness *per se* by homoeologous group-3 chromosomes in wheat. *Plant Breeding*, **113**: 160-169.
- MOFFAT, J. M.; SEARS, R. G.; COX, T. S. & PAULSEN, G. M., 1990. Wheat high temperature tolerance during reproductive growth. II - genetic analysis of chlorophyll fluorescence. *Crop. Sci.*, **30**: 886-889.
- MOLINA-CANO, J., 1989. La cebada: morfología, fisiología, genética, agronomía y usos industriales. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentacion. Ed. Mundi Prensa, Madrid.

- MONNEVEAUX, 1991. Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver? In: L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris: 165-186.
- NGUYEN, H. T.; JOSHI, C. P.; KLUEVA, N.; WENG, J.; HENDERSHOT, K. L. & BLUM, A., 1994. The heat-shock response and expression of heat-shock proteins in wheat under diurnal heat stress and field conditions. *Aust. J. Plant Physiol.*, **21**: 857-867.
- NORMAN, M. J. T., 1980. Your future depends on agronomy. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.*, **46**: 105-111.
- PAPAKOSTA, D. K. & GAGIANAS, A. A., 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for mediterranean wheat during grain filling. *Agron. J.*, **83**: 864-870.
- PETERSON, C. M.; KLEPPER, B. & RICKMAN, R. W., 1982. Tiller development at the coleoptilar node in winter wheat. *Agron. J.*, **74**: 781-784.
- PIRATESH, B. & WELSH, J. R., 1980. Effect of temperature on the heading date of wheat cultivars under a lengthening photoperiod. *Crop Sci.*, **20**: 453-456.
- RANDALL, P. J. & MOSS, H. J., 1990. Some effects of temperature regime during grain filling on wheat quality. *Aust. J. Agric. Res.*, **41**: 603-617.
- RAWSON, H. M., 1970. Spikelet number, its control and relation to yield per ear in wheat. *Aust. J. Biol. Sci.*, **23**: 1-15.
- RAWSON, H. M., 1971. An upper limit for spikelet number per ear in wheat as controlled by photoperiod. *Aust. J. Agric. Res.*, **22**: 537-546.
- RAWSON, H. M. & BAGGA, A. K., 1979. Influence of temperature between floral initiation and flag leaf emergence on grain number in wheat. *Aust. J. Plant Physiol.*, **6**: 391-400.
- RICHARDS, R. A., 1982. Breeding and selecting for drought resistant wheat. In: Drought resistance in crops with emphasis on rice. Ed. International Rice Research Institute (IRRI), Manila, Philippines: 303-316.
- RICHARDS, R. A., 1987. Physiology and the breeding of winter – grown cereal for dry areas. In: Drought tolerance in winter cereals. (J. P. Srivastava, E. Porceddu, E. Acevedo and S. Varma, eds.), John Wiley & Sons. Ltd., New York: 133-150.

- RICHARDS, R. A. & PASSIOURA, J. B., 1992. The effect of dwarfing genes in spring wheat in dry environments. I. Agronomic characteristics. *Aust. J. Agric. Res.*, **43**: 517-527.
- RICKMAN, R. W.; KLEPPER, B. & PETERSON, C. M., 1985. Wheat seedling growth and development response to incident photosynthetically active radiation. *Agron. J.*, **77**: 283-287.
- RIGGS, T. J.; HANSON, P. R.; START, N. D.; MILES, D. M.; MORGAN, C. L. & FORD, M. A., 1981. Comparison of spring barley varieties grown in England and Wales between 1880 and 1980. *J. Agric. Sci. (Camb.)*, **97**: 599-610.
- ROBERT, D.; GATE, P. & COUVREUR, F., 1993. Les stades du blé. ITCF, Paris, 28pp..
- SAINI, H. S. & ASPINALL, D., 1982. Sterility in wheat (*Triticum aestivum* L.) induced by water deficit or high temperature: a possible mediation by abscissic acid. *Ann. Bot.*, **49**: 835-886.
- SCOTT, W. R.; APPLEYARD, M.; FELLOWES, G. & KIRBY, E. J. M., 1983. Effect of genotype and position in the ear on carpel and grain growth and mature grain weight of spring barley. *J. Agric. Sci. (Camb.)*, **100**: 383-391.
- SEVINATE- PINTO, A., 1998. A agricultura alentejana e o futuro - dez anos para mudar o Alentejo. MODAA - Movimento em Defesa da Agricultura Alentejana: 31-33.
- SHPILER, L. & BLUM, A., 1986. Differential reaction of wheat cultivars to hot environments. *Euphytica*, **35**: 483-492.
- SIDDIQUE, K. H. M.; BELFORD, R. K.; PERRY, M. W. & TENNANT, D., 1989. Growth, development and light interception of old and modern wheat cultivars in a mediterranean environment. *Aust. J. Agric. Res.*, **41**: 473-487.
- SIDDIQUE, K. H. M.; KIRBY, E. J. M. & PERRY, M. W., 1989. Ear: stem ratio in old and modern wheat varieties: relationship with improvement in number of grains per ear and yield. *Field Crops Res.*, **21**: 59-78.
- SIMMONS, S. R. & CROOKSTON, R. K., 1979. Rate and duration of growth of kernels formed at specific florets in spikelets of spring wheat. *Crop Sci.*, **19**: 690-693.
- SINGLE, W. V., 1985. Frost injury and the physiology of the wheat plant. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.*, **51**(2): 128-134.

- SLAFER, G. A. & ANDRADE, F. H., 1989. Genetic improvement in bread wheat (*Triticum aestivum*) yield in Argentina. *Field Crops Res.*, **21**: 289-296.
- SLAFER, G. A.; CALDERINI, D. F. & MIRALLES, D. J., 1996. Yield components and compensation in wheat: opportunities for further increasing yield potential. In: Increasing yield potential in wheat: Breaking the barriers. (M.P.Reynolds, S. Rajaram & A . McDonalds, eds.), CIMMYT, México D.F.: 101-133.
- SLAFER, G. A. & RAWSON, H. M., 1994. Sensitivity of wheat phasis development to major environmental factors: a re-examination of some assumptions made by physiologists and modellers. *Aust. J. Plant Physiol.*, **21**: 393-426.
- SOFIELD, I.; EVANS, L. T.; COOK, M. G. & WARDLAW, I. F., 1977. Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. *Aust. J. Plant Physiol.*, **4**: 785-797.
- SRIVASTAVA, J. P., 1987. Barley and wheat improvement for moisture limiting areas in west Asia and North Africa. In: Drought tolerance in winter cereals. (J. P. Srivastava, E. Porceddu, E. Acevedo, and S. Vrama, eds.), John Willey & Sons. Ltd., New York: 65-78.
- STONE, P. J. & NICOLAS, M. E., 1994. Wheat cultivars very widely in their responses of grain yield and quality to short periods of post - anthesis heat stress. *Aust. J. Plant Physiol.*, **21**: 887-900.
- STONE, P. J.; SAVIN, R.; WARDLAW, I. F. & NICOLAS, M. E., 1995. The influence of recovery temperature on the effect of a brief heat shock on wheat. I - Grain growth. *Aust. J. Plant Physiol.*, **22**: 945-954.
- STOSKOFF, N. C.. 1985. Cereal crop yield-impact of environment. In: Cereals grain crops. Reston Publishing Company, Virginia: 110-131.
- THORNE, G., 1974. Physiology of grain yield of wheat and barley. Rothamsted Exp. Station, Report for 1973, part 2: 5-25.
- TURNER, N. & NICOLAS, M., 1987. Drought resistance of wheat for light textured soils in a mediterranean -environment. In: Drought tolerance in winter cereals. (J. P. Srivastava, E. Porceddu, E. Acevedo and S.Varma, eds.), John Willey & Sons. Ltd., New York: 203-216.
- WADDINGTON, S. R.; CARTWRIGHT, P. M. & WALL, P. C., 1983. A quantitative scale of spike initial and pistil development in barley and wheat. *Annals of Botany*, **51**: 119-130.

- WADDINGTON, S. R.; RANSOM, J. K.; OSMANZAI, M. & SAUNDERS, D. A., 1986. Improvement in the yield potential of bread wheat adapted to northwest Mexico. *Crop Sci.*, **26**: 698-703.
- WAINES, J. G., 1994. Hight temperature stress in wild wheats and spring wheats. *Aust. J. Plant Physiol.*, **21**: 705-715.
- WALL, P. C. & CARTWRIGHT, P. M., 1974. Effects of photoperiod, temperature and vernalization on the phenology and spikelet number of spring wheats. *Ann. Appl. Biol.*, **72**: 299-309.
- WARDLAW, I. F.; DAWSON, I. A.; MUNIBI, P. & FEWSTER, R. 1989. The tolerance of wheat to high temperatures during reproductive growth. I – Survey procedures and general response patterns. *Aust. J. Agric. Res.*, **40**: 1-13.
- WARDLAW, I. F.; DAWSON, I. A. & MUNIBI, P., 1989. The tolerance of wheat to high temperatures during reproductive growth. II- grain development. *Aust. J. Agric. Res.*, **40**: 15-24.
- WARDLAW, I. F. & MONCUR, L., 1995. The response of wheat to high temperature following anthesis. I - the rate and duration of kernel filling. *Aust. J. Plant Physiol.*, **22**: 391-397.
- WARDLAW, I. F.; SOFIELD, I. & CARTWRIGHT, P. M., 1980. Factors limiting the rate of dry matter accumulation in the grain of wheat grown at high temperature. *Aust. J. Plant Physiol.*, **7**: 387-400.
- WARDLAW, I. F. & WRIGLEY, C. W., 1994. Heat tolerance in temperate cereals: an overview. *Aust. J. Plant Physiol.*, **21**: 695-703.
- WARRINGTON, I. J.; DUNSTONE, R. L. & GREEN, L. M., 1977. Temperature effects at three development stages on the yield of the wheat ear. *Aust. J. Agric. Res.*, **28**: 11-27.
- WIEGAND, C. L. & CUELLAR, J. A., 1981. Duration of grain filling and kernel weight of wheat as affected by temperature. *Crop Sci.*, **21**: 95-101.
- WORLAND, A. J., 1996. The influence of flowering time genes on environmental adaptability in European wheats. *Euphytica*, **89**: 49-57.
- YOUSSEFIAN, S.; KIRBY, E. J. M. & GALE, M. D., 1992a. Pleiotropic effects of the GA - insensitive Rht dwarfing genes in wheat. 1. Effects on development of the ear, stem and leaves. *Field Crops Res.*, **28**: 179-190.

- YOUSSEFIAN, S.; KIRBY, E. J. M. & GALE, M. D., 1992b. Pleiotropic effects of the GA-insensitive Rht dwarfing genes in wheat. 2. Effects on development of the ear, stem and leaves. *Field Crops Res.*, **28**: 191-210.

## **AGRADECIMENTOS**

A realização desta tese de mestrado fica a dever-se ao interesse e colaboração manifestado por um grande número de pessoas, que de algum modo me auxiliaram em diferentes tarefas. A todos os que contribuíram para a concretização deste trabalho desejo manifestar o meu profundo agradecimento. Em especial, gostaria de agradecer:

ao Professor Catedrático convidado Manuel Joaquim Torres Barradas, que na qualidade de Coordenador do Curso de Mestrado em Melhoramento de Plantas, me facultou o acesso à frequência do referido;

ao Investigador Coordenador Francisco João Cortes Bagulho, Director da ENMP, pela maneira amiga com que sempre me incentivou e motivou a alcançar o fim deste trabalho;

ao Investigador Auxiliar Benvindo Martins Maçãs, orientador científico desta tese, pela sugestão do tema, pela orientação idónea, pelos sábios conselhos e críticas e, sobretudo, pela sua valiosa contribuição para a minha formação no “Mundo” do Melhoramento de Cereais;

à Engenheira Agrícola Ana Sofia Dias de Almeida, pelas preciosas sugestões e críticas nas nossas discussões, pela eficaz colaboração desde o delineamento experimental até à interpretação dos resultados. Sem a sua inteira disponibilidade e paciência não teria sido possível alcançar o fim deste trabalho;

ao Engenheiro Técnico Agrário João António Coco, a forma atenta e incansável com que sempre me estimulou e acompanhou na execução prática deste trabalho. O meu profundo reconhecimento pela ajuda e apoio com que me fez acreditar neste projecto;

ao Investigador Auxiliar José Norberto Prates Coutinho, pela colaboração e auxílio no tratamento estatístico dos dados científicos, pela cedência de referências bibliográficas e pelo inestimável apoio prestado;

à Engenheira Agrónoma Maria João Valentim Felino, por toda a motivação e incentivo, pela sua disponibilidade e, sobretudo, pela ajuda na criação e elaboração de quadros e figuras imprescindíveis;

aos Engenheiros Técnicos Armindo Laço Costa e Nuno Barroso Pinheiro, pelo empenho e competência mostrados na realização dos trabalhos de campo, bem como disponibilidade no fornecimento de dados;

à Investigadora Auxiliar Maria José Sousa Dubraz e Carmo Vivas, pela imprescindível ajuda na revisão do manuscrito mas, principalmente, pelo espírito de apoio, compreensão e amizade;

às colegas do Curso de Mestrado e amigas Engenheira Agrícola Maria do Rosário Félix Martins e Engenheira Maria Teresa Rodrigues Coelho, pela “palavra amiga” e força incentivadora com que me animavam nos momentos mais dificeis;

à Raquel Pinheiro, pelo incansável trabalho de preparação e dactilografia do texto;

a toda a equipa de campo do Departamento de Cereais, que sempre me acompanhou na execução de tarefas, com a consciência que grande parte deste trabalho a eles se deve;

aos meus filhos Maria Inês e Joaquim José, por terem acreditado na minha capacidade e resistência, com um pedido de desculpa pela ausência em muitos dos momentos de convívio familiar.