



## **UNIVERSIDADE DE ÉVORA**

**ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**

**DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**

**Efeito da atividade física nas características físico-químicas e no perfil lipídico da gordura subcutânea e de um músculo de suínos Alentejanos**

**David Alexandre André e Silva**

Orientador: Professor Doutor José Alberto Feijão Macedo Neves

Co-orientador: Professor Doutor José Manuel Mota Ruivo Martins

**Mestrado em Engenharia Zootécnica**

Dissertação

Évora, 2016



## **UNIVERSIDADE DE ÉVORA**

**ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**

**DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**

**Efeito da atividade física nas características físico-químicas e no perfil lipídico da gordura subcutânea e de um músculo de suínos Alentejanos**

**David Alexandre André e Silva**

Orientador: Professor Doutor José Alberto Feijão Macedo Neves

Co-orientador: Professor Doutor José Manuel Mota Ruivo Martins

**Mestrado em Engenharia Zootécnica**

Dissertação

Évora, 2016



*This work is funded by FEDER Funds through the Operational Programme for Competitiveness Factors - COMPETE and National Funds through FCT - Foundation for Science and Technology under the Strategic Projects PEst-C/AGR/UI0115/2011 and PEst-OE/AGR/UI0115/2014.*



## **Agradecimentos**

Ao Professor Doutor José Alberto Feijão Macedo Neves e ao Professor Doutor José Manuel Mota Ruivo Martins pela orientação, pela disponibilidade e pelos ensinamentos transmitidos ao longo deste trabalho.

Ao Professor Doutor Amadeu Freitas e ao Professor Doutor Rui Charneca pela ajuda prestada ao longo de todo o trabalho de campo.

À Engenheira Graça Machado e à Margarida Romão pela disponibilidade e ajuda no laboratório de Nutrição e Metabolismo da Universidade de Évora com todos os materiais e equipamentos utilizados, bem como, pela companhia prestada.

À minha equipa: Pedro, Hugo, Bernardo, Sara e Mariana. Sem o apoio prestado, a todos os níveis, não seria possível.

Aos meus amigos, Manuel Burnay e Mauro Soares, pela grande amizade ao longo destes anos.

À Janica pela amizade, companhia e boa disposição de sempre.

À minha melhor amiga e namorada Luísa por toda a paciência e apoio incondicional ao longo destes 2 anos de trabalho.

À minha mãe e ao meu irmão por me acompanharem desde o primeiro dia nesta minha jornada na cidade de Évora.

## **Resumo**

O presente ensaio teve como objetivo investigar o efeito da atividade física nos parâmetros zootécnicos, nas características físico-químicas e perfil lipídico da gordura subcutânea (GSC) e do músculo Longissimus dorsi (LD) e em parâmetros plasmáticos do porco Alentejano.

Num ensaio de longa duração foram utilizados 20 animais castrados com cerca de 87 kg de peso vivo, divididos em dois grupos experimentais ( $n=10$  por cada grupo) consumindo ração comercial. O grupo SE foi mantido em parques individuais, com atividade física restrita, e o grupo CE foi mantido num parque coletivo com deslocações mínimas de 800 metros diários. Os animais foram abatidos com uma média de 160 kg de peso vivo.

Os animais do grupo CE apresentaram parâmetros sanguíneos mais favoráveis ao desenvolvimento e bem-estar animal, bem como melhores performances zootécnicas. Quanto à composição química bruta foi detetada uma tendência para o grupo CE apresentar valores de proteína superiores no LD. A atividade física induziu também diferenças significativas no perfil de ácidos gordos, como a redução do ácido oleico na GSC. Estes resultados sugerem um efeito da atividade física nas características físico-químicas e no perfil lipídico da GSC e LD, bem como sobre o bem-estar e os parâmetros sanguíneos em suínos Alentejanos.

**Palavras-chave:** porco Alentejano, atividade física, exercício aeróbico, performance zootécnica, perfil lipídico, metabolismo do colesterol.

**TITLE: Effect of physical activity on the physicochemical characteristics and lipid profile of subcutaneous fat and one muscle of the Alentejano pig**

**Abstract**

This trial was done to investigate the effect of physical activity in zootechnical parameters, physical-chemical characteristics and lipid profile of the dorsal subscutaneuous fat (DSF) and *Longissimus dorsi* muscle (LD), and in plasma parameters of the Alentejano pig.

In a long - term study 20 s castrated animals with ~87 kg body weight, were divided into two groups ( $n = 10$  per group) both consuming a commercial feed. Group SE was kept in individual pens with limited physical activity, and group CE was maintained in a park with minimum daily movements of 800 meters. Animals were slaughtered at an average of 160 kg live weight.

The animals of the CE group showed more favorable blood parameters to development and animal welfare and better zootechnical performances. Regarding chemical composition, it was detected a tendency for CE group present higher protein values on LD. Physical activity induced significant effets on the fatty acid profile namely by reducing oleic acid on DSF. These results suggest an effect of physical activity on the physicochemical characteristics and lipid profile of DSF and LD, as well as an influence on welfare and blood parameters of Alentejano pig.

**Keywords:** Alentejano pig, physical activity, aerobic exercise, zootechnical performances, lipid profile, cholesterol metabolism.

## ÍNDICE

	Páginas
<b>Agradecimentos .....</b>	<b>II</b>
<b>Resumo .....</b>	<b>III</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>IV</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>IX</b>
<b>Índice de quadros .....</b>	<b>X</b>
<b>Abreviaturas .....</b>	<b>XI</b>
<b>I. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>2</b>
<b>  1. O PORCO ALENTEJANO .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1. Referências históricas e importância socioeconómica.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Panorama atual.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3. Características da raça.....</b>	<b>5</b>
<b>1.4. Sistemas de produção .....</b>	<b>6</b>
<b>  2. MATÉRIA-PRIMA .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1. Tecido adiposo .....</b>	<b>9</b>
2.1.1. Composição química, estrutura e distribuição anatómica .....	9
2.1.2. Lípidos do tecido adiposo subcutâneo .....	10
2.1.3. Lípidos do tecido muscular .....	11
2.1.4. Atividade metabólica do tecido adiposo.....	13
2.1.4.1. Absorção e deposição dos lípidos alimentares (origem exógena) .....	14
2.1.4.2. Síntese intracelular de ácidos gordos (síntese endógena ou <i>de novo</i> ) .....	14
2.1.4.3. Mobilização dos ácidos gordos pelo tecido adiposo .....	17

<b>2.2. Tecido muscular.....</b>	<b>19</b>
2.2.1. Composição química do músculo esquelético .....	20
2.2.2. Estrutura e função do músculo esquelético .....	20
2.2.3. Características funcionais e metabólicas da fibra muscular .....	21
<b>3. O COLESTEROL .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1. Metabolismo do colesterol .....</b>	<b>25</b>
<b>3.2. O colesterol e sua repartição em suínos .....</b>	<b>32</b>
<b>3.3. O colesterol e a saúde pública.....</b>	<b>33</b>
<b>4. A ATIVIDADE FÍSICA.....</b>	<b>35</b>
<b>4.1. Exercício aeróbio vs. Anaeróbio .....</b>	<b>35</b>
4.1.1. Cadeia de transporte de eletrões ou cadeia respiratória.....	37
4.1.2. Ciclo de Krebs como principal produtor de eletrões livres .....	38
4.1.3. Produção de energia a partir das gorduras.....	39
<b>4.2. A atividade física em suínos.....</b>	<b>40</b>
<b>III. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>43</b>
<b>1. Desenho experimental .....</b>	<b>43</b>
<b>1.1. Animais.....</b>	<b>44</b>
<b>1.2. Alimentos e regimes alimentares.....</b>	<b>44</b>
<b>1.3. Pesagem, ecografias, abate e preparação das carcaças .....</b>	<b>47</b>
<b>2. Colheita e preparação das amostras .....</b>	<b>47</b>
<b>3. Procedimento analítico.....</b>	<b>48</b>
<b>3.1. Composição química bruta.....</b>	<b>48</b>
3.1.1. Humididade .....	48
3.1.2. Proteína total.....	49
3.1.3. Lípidos do tecido muscular .....	49

3.1.4. Lípidos do tecido adiposo.....	49
<b>3.2. Composição em ácidos gordos.....</b>	<b>50</b>
3.2.1. Obtenção dos ésteres metílicos .....	50
3.2.2. Identificação e quantificação por cromatografia gasosa.....	50
<b>3.3. Parâmetros físico- químicos.....</b>	<b>51</b>
3.3.1. pH .....	51
3.3.2. Capacidade de retenção de água (CRA) .....	51
3.3.3. Cor .....	52
3.3.4. Mioglobina .....	53
<b>3.4. Parâmetros sanguíneos .....</b>	<b>53</b>
<b>3.5. Análise Estatística.....</b>	<b>54</b>
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>55</b>
<b>1. EFEITO DA ATIVIDADE FÍSICA AERÓBICA SOBRE A PERFORMANCE ZOOTÉCNICA.....</b>	<b>55</b>
1.1. Parâmetros zootécnicos e características de peças de talho e vísceras .....	55
1.2. Parâmetros da espessura do músculo <i>Longissimus dorsi</i> e da gordura subcutânea dorsal .....	56
<b>2. EFEITO DA ATIVIDADE FÍSICA AERÓBICA SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DO TECIDO ADIPOSO SUBCUTÂNEO DORSAL.....</b>	<b>57</b>
2.1. Composição química bruta.....	57
2.2. Composição em ácidos gordos.....	58
2.3. Cor .....	59
<b>3. EFEITO DA ATIVIDADE FÍSICA AERÓBICA SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DO TECIDO MUSCULAR.....</b>	<b>60</b>
3.1. Composição química bruta.....	60
3.2. Composição em ácidos gordos.....	60
3.3. Parâmetros físico-químicos.....	61

<b>4. EFEITO DA ATIVIDADE FÍSICA AERÓBICA SOBRE OS TEORES DE COLESTEROL.....</b>	<b>62</b>
<b>    4.1. Parâmetros plasmáticos .....</b>	<b>62</b>
<b>V. DISCUSSÃO .....</b>	<b>66</b>
<b>    1. EFEITO DA ATIVIDADE FÍSICA AERÓBICA SOBRE A PERFORMANCE ZOOTÉCNICA.....</b>	<b>66</b>
<b>    2. EFEITO DA ATIVIDADE FÍSICA AERÓBICA SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DO TECIDO ADIPOSO .....</b>	<b>68</b>
<b>    3. EFEITO DA ATIVIDADE FÍSICA AERÓBICA SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DO TECIDO MUSCULAR .....</b>	<b>69</b>
<b>    4. EFEITO DA ATIVIDADE FÍSICA AERÓBICA SOBRE OS TEORES DE COLESTEROL.....</b>	<b>71</b>
<b>    5. CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>73</b>
<b>VI. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>74</b>
<b>VII. ANEXO.....</b>	<b>94</b>

## **Índice de figuras**

Figura 1. Evolução do efetivo reprodutor nacional da raça suína Alentejana desde 2005 até 2014 .....	4
Figura 2. Porca reprodutora de raça Alentejana, varrasco de raça Alentejana e porco de raça Alentejana durante a montanheira .....	6
Figura 3. Síntese de novo de ácidos gordos a partir da glucose e acetato .....	16
Figura 4. Homeostase global do colesterol no organismo .....	28
Figura 5. Síntese do colesterol.....	30
Figura 6. Cadeia de transporte de eletrões ou cadeia respiratória .....	37
Figura 7. Ciclo de Krebs e integração de vias aeróbias.....	39
Figura 8. Desenho experimental.....	43
Figura 9. Bebedouro comum e tetinas individuais para abeberamento dos animais .....	46
Figura 10. Amostras de carne antes e após mistura com areia tratada e etanol e arrefecimento nos exsicadores .....	48
Figura 11. Corte horizontal do músculo <i>Longissimus dorsi</i> .....	50
Figura 12. Espaço de cor CIELAB .....	52
Figura 13. Processo para a quantificação da mioglobina no músculo LD – separação da hematina .....	53

## Índice de quadros

Quadro I. Composição das lipoproteínas .....	27
Quadro II. Ingredientes e composição química da ração consumida pelos animais no ensaio .....	45
Quadro III. Períodos das quantidades de alimento diário.....	46
Quadro IV. Parâmetros Zootécnico e características de peças de talho e vísceras de suínos alentejanos mantidos em parques individuais (SE) ou com acesso a área de exercício (CE) dos 90 aos 160 kg de peso vivo (PV) .....	56
Quadro V. Parâmetros da espessura do músculo <i>Longissimus dorsi</i> e da gordura subcutânea dorsal de suínos alentejanos mantidos em parques individuais (SE) ou com acesso a área de exercício (CE) dos 90 aos 160 kg de peso vivo (PV).....	57
Quadro VI. Composição química bruta da gordura subcutânea dorsal de suínos alentejanos mantidos em parques individuais (SE) ou com acesso a área de exercício (CE) 90 aos 160 kg de peso vivo (PV) .....	57
Quadro VII. Perfil dos ácidos gordos (%) da gordura subcutânea dorsal de suínos alentejanos mantidos em parques individuais (SE) ou com acesso a área de exercício (CE) dos 90 aos 160 kg de peso vivo (PV) .....	58
Quadro VIII. Cor da gordura subcutânea dorsal de suínos alentejanos mantidos em parques individuais (SE) ou com acesso a área de exercício (CE) dos 90 aos 160 kg de peso vivo (PV) .....	59
Quadro IX. Composição química bruta do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos alentejanos mantidos em parques individuais (SE) ou com acesso a área de exercício (CE) 90 aos 160 kg de peso vivo (PV) .....	60
Quadro X. Perfil dos ácidos gordos (%)do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos alentejanos mantidos em parques individuais (SE) ou com acesso a área de exercício (CE) dos 90 aos 160 kg de peso vivo (PV) .....	61
Quadro XI. Parâmetros físico-químicos do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos alentejanos mantidos em parques individuais (SE) ou com acesso a área de exercício (CE) dos 90 aos 160 kg de peso vivo (PV) .....	62
Quadro XII. Parâmetros sanguíneos de suínos alentejanos mantidos em parques individuais (SE) ou com acesso a área de exercício (CE) dos 90 aos 160 kg de peso vivo (PV) .....	65

## **Abreviaturas**

ACP – Proteína transportadora de acilo (“acyl carrier protein”)

AG - Ácidos gordos

AGL – Ácidos gordos livres

ANCPA - Associação Nacional dos Criadores do Porco Alentejano

ATP - Trifosfato de adenosina (“adenosine triphosphate”)

C – Carbono

CE – Com exercício

CoA - Coenzima A

CT - Colesterol

CRA – Capacidade de retenção de água

DFD – Escura, firme e seca (dark, firm and dry)

DOP - Denominação de Origem Protegida

EM – Energia metabolizável

FAD - Dinucleótido de flavina e adenina

FAS – Ácido gordo sintase

GMD - Ganho médio diário

GSC - Gordura subcutânea

GSD - Gordura subcutânea dorsal

HDL - Lipoproteínas de alta intensidade (“high density lipoprotein”)

HIMF – Elevada gordura intramuscular (“high intramuscular fat”)

HMG-CoA - 3-hidroxi-3-metilglutaril-CoA

HMG-CoAr - 3-hidroxi-3-metilglutaril-CoA reductase

IDL - Lipoproteínas de densidade intermédia (“intermediate density lipoprotein”) (também denominados remanescentes de VLDL)

IGP - Indicação Geográfica Protegida

IC – Índice de Conversão

IV – Ingestão voluntária

LD – *Longissimus dorsi*

LDL - Lipoproteínas de baixa intensidade (“low density lipoprotein”)

LPL - Lipoproteína lípase

MUFA - Ácidos gordos mono-insaturados (“monounsaturated fatty acids”)

MHC – Miosina de cadeia pesada (“myosin heavy chain”)

NAD - Dinucleótido de nicotinamida e adenina

NADP – Fosfato de dinucleótido de nicotinamida e adenina

NADPH – Fosfato de dinucleótido de nicotinamida e adenina (forma reduzida)

PAC - Política agrícola comum

PDR – Programa de desenvolvimento rural

PH - Potencial hidrogénio

PSE – Pálida, macia e exsudativa (pale, soft and exsudative)

PUFA - Ácidos gordos poli-insaturados (“polyunsaturated fatty acids”)

PV - Peso vivo

QM – Quílomícrones

RNA – Ácido ribonucléico

SFA - Ácidos gordos saturados (“saturated fatty acids”)

SE – Sem exercício

VLDL - Lipoproteína de muito baixa intensidade (“very low density lipoprotein”)

## I. INTRODUÇÃO

Os sistemas extensivos de produção de suínos na Europa encontram-se tendencialmente a aumentar em detrimento dos sistemas de produções baseados em procedimentos intensivos (Nieto *et al.*, 2002). O aumento do interesse nestes sistemas de produção, levando a uma redução da intensidade de produção de carne suína levou à implementação de sistemas enquadrados com o bem-estar animal, sem comprometer a sustentabilidade ambiental e económica, e a segurança alimentar associada (Hervieu e Hansen., 2002).

O efeito do sistema de produção sobre a qualidade da carne continua sobre debate, e em especial nos suínos, são encontrados na literatura factos contraditórios quanto ao efeito do sistema de produção sobre a qualidade da carne (Lebret, 2008). Esta situação é preocupante pelo facto de em certas situações se implementarem alterações ao nível dos sistemas de produção, sem se ter a noção concreta dos seus efeitos no bem-estar e produtividade animal.

A atividade física, parte integrante do sistema tradicional de produção de produtos cárneos de suíno Alentejano, tem sido referido como podendo modular a deposição lipídica (e mesmo o perfil em ácidos gordos) e de colesterol em suínos, apesar de uma certa inconsistência nos resultados obtidos, essencialmente em raças comerciais. Por outro lado, existe pouca informação referente ao efeito da atividade física no perfil de ácidos gordos e na concentração em colesterol da gordura e carne de raças de elevada atividade lipogénica, como por exemplo o porco de raça Alentejana.

Tentando colmatar a falta de dados experimentais acima referidos, o presente ensaio testou o efeito da atividade física como fator isolado nas características físico-químicas e no perfil lipídico da gordura subcutânea e do músculo *Longissimus dorsi*, bem como em vários parâmetros sanguíneos e no bem-estar de uma raça suína considerada obesa, o porco Alentejano.

## **II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **1. O PORCO ALENTEJANO**

#### **1.1. Referências históricas e importância socioeconómica**

A produção de suínos em Portugal até aos anos 50 do século passado baseou-se na exploração de duas raças autóctones: A raça Bísara e a raça Alentejana (Fernandes *et al.*, 2008).

A partir do final dos anos 50 e até ao início da década de 90, assistiu-se a uma diminuição dos efetivos associados aos sistemas de produção tradicionais e a uma viragem do modo de produção através do uso de raças industriais com maior aptidão para a produção de carne, a passagem ao uso de alimentos compostos e ao elevado investimento em instalações pecuárias destinadas ao modo de produção intensivo (Casabianca, 1996, Freitas, 1998). A suinicultura europeia, alicerçada no melhoramento genético dos animais, passava por um processo de reestruturação para obter crescentes incrementos de produtividade (Casabianca, 1996).

A alteração dos hábitos alimentares, o aparecimento da Peste Suína Africana e o reduzido interesse da indústria de salsicharia, conjuntamente com o êxodo rural e a mecanização da agricultura, foram determinantes para a diminuição dramática dos efetivos e o abandono de vastas áreas de montado até à década de 80 (Frazão, 1984, Nunes, 1993, Fernandes *et al.*, 2008).

A partir de 1990 a fileira produtiva do porco Alentejano registou grandes alterações, de tal forma que para se preservarem os efetivos ainda existentes e para evitar a extinção da raça foram concedidos apoios financeiros. Estes apoios abrangiam também a recuperação dos montados e a reintrodução do porco de montanheira (Fernandes *et al.*, 2008).

Mediado pelo associativismo entre criadores, foi possível a estruturação da fileira do porco Alentejano. Em 1992 é formada a União das Associações de Criadores do Porco Raça Alentejana (UNIAPRA) com o principal objetivo da gestão do Livro Genealógico da raça. Foi possível, através de processos tais como os registo de animais reprodutores e seus descendentes, iniciar a diferenciação de animais com vista à obtenção de produtos finais cuja rastreabilidade era possível e a origem conhecida. A concentração da produção com vista ao escoamento dos animais dos produtores associados era o ponto de partida para as negociações

comerciais com a indústria nacional. O aumento do efetivo verificado até ao final dos anos 90 traduziu-se em dificuldades de escoamento, pelo facto da indústria nacional não ter crescido ao mesmo ritmo da produção (ANCPA, s.d.). Este aumento verificado no efetivo esteve relacionado com a reforma da Política Agrícola Comum (PAC), permitindo de novo a existência de incentivos para a reintegração das componentes agrícolas, ambiental e rural dos sistemas de produção (Freitas, 2006).

Os fatores anteriormente mencionados, aliados à certificação dos produtos (Denominação de Origem Protegida, DOP, e Indicação Geográfica Protegida, IGP) como garantia de qualidade e rastreabilidade, levaram a uma melhoria e a uma expansão de um segmento de mercado de qualidade superior. Tal permitiu o desenvolvimento do sector da transformação, assistindo-se à abertura de novas unidades industriais de fabrico de presuntos e enchidos (Fernandes *et al.*, 2008).

## **1.2. Panorama atual**

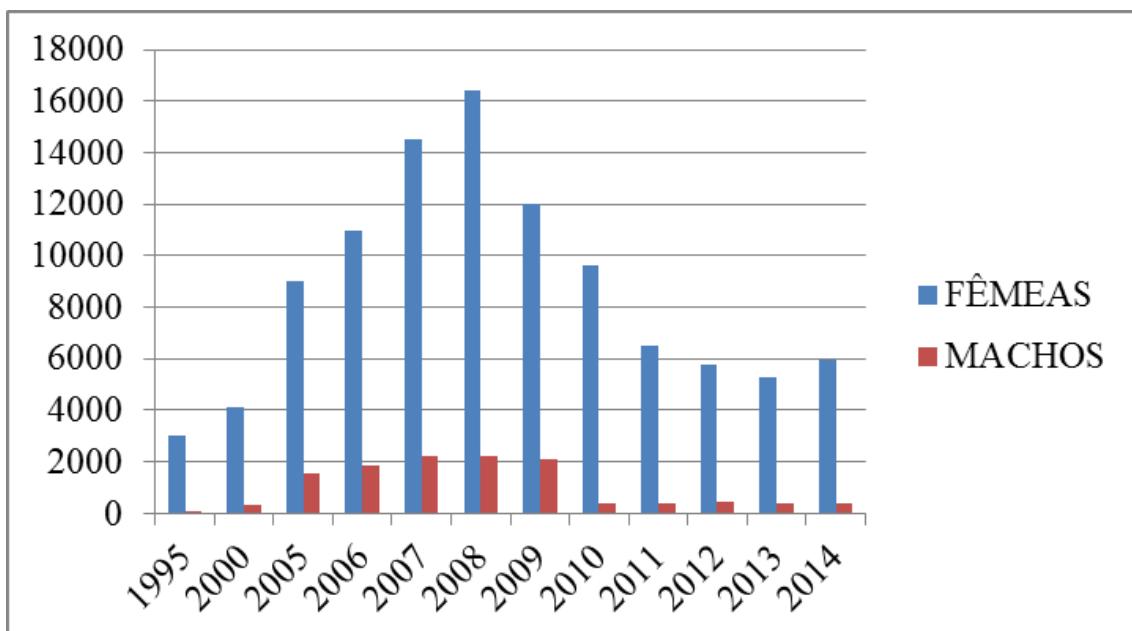
Na atualidade, o principal mercado do porco Alentejano em Portugal, ocorre durante a fase de montanheira. A concentração da produção de animais com vista à comercialização durante esta fase representa 80 a 90 % do mercado ao longo do ano. A maior parte desta produção, cerca de 80 %, é adquirida pela indústria transformadora espanhola, sendo a restante fatia do mercado representada pela indústria portuguesa. A importação destes animais por parte do mercado espanhol tem como principal objetivo a indústria da transformação (presuntos, paletas e enchidos) e a obtenção de carne de qualidade para consumo em fresco ou até congelado. A restante produção, fora da época de montanheira, é adquirida pela indústria transformadora e dá origem a produtos de menor qualidade do que os originados de matanças durante a época de montanheira, uma vez que o acabamento destes animais é realizado com recurso a alimentos compostos. Nesta altura, a exportação tende a estagnar, tornando-se a indústria portuguesa o principal mercado para estes animais. O valor a ser pago por este tipo de animal tende a ser inferior quando comparado com os porcos de montanheira ou “bolota”. Existe uma relação direta quanto ao valor a ser pago à produção e o posterior valor dos produtos obtidos (ANCPA, s.d.).

O mercado de leitão para assar também representa uma alternativa de negócio (Freitas, 2006, Fernandes *et al.*, 2008). Esta alternativa é usual em explorações de efetivos reprodutores mais elevados e a sua comercialização ocorre das parições que não são orientadas para a montanheira do ano seguinte (ANCPA, s.d.).

Através do novo quadro comunitário PDR 2014-2020, o Porco Alentejano enquadrar-se em medidas relacionadas com o tipo de produção da exploração, ajudas associadas ao pastoreio extensivo e à manutenção das raças autóctones (ANCPA, s.d.).

As principais limitações ao crescimento do sector do porco Alentejano devem-se à pequena dimensão do sector agro-industrial nacional, às ameaças eminentes de fecho de fronteiras por motivos sanitários – Aujeszky, ou motivos político/económicos – e relacionados com a Norma de qualidade espanhola (ANCPA, s.d.).

Como resultado da crise económica iniciada em 2007, os efetivos reprodutores diminuíram de uma forma muito expressiva (Figura 1), facto motivado pela deterioração do mercado e pelos aumentos significativos dos custos de produção (ANCPA, s.d.).



**Figura 1. Evolução do efetivo reprodutor nacional da raça suína Alentejana desde 2005 até 2014**

**Fonte:** ANCPA (s.d.)

A indústria nacional, aproveitando o excesso de carne existente na indústria espanhola de 2007 a finais de 2011, foi-se aprovisionando de matéria-prima mais barata para a produção de enchidos o que, conjugado com a ausência de regulamentação do mercado até meados de 2014, diminuíram significativamente as compras de animais nacionais. Tal situação ditou o quase desaparecimento do mercado de salsicharia, e consequentemente o desinvestimento na produção deste tipo de animal. Paralelamente, o preço do produto ao consumidor tem vindo a baixar, motivado pela pressão existente na grande distribuição. Neste momento, com a

publicação da Regulamentação para o “Porco Preto” (Decreto-Lei nº95/2014, Diário da República, 1.<sup>a</sup> série - N.º 119 - 24 de junho), o sector encontra-se limitado no fornecimento de animais para os processos, quer em quantidade, fruto da degradação do mercado existente, quer em preço, motivado pelas sucessivas pressões da grande distribuição no fornecimento ao consumidor de um produto barato apesar de não genuíno e enganador (ANCPA, s.d.).

### **1.3. Características da raça**

O porco de Raça Alentejana (*Sus ibericus*) é uma das três raças suínas autóctones portuguesas. A sua constituição genética deriva do *Sus mediterraneus* (Frazão, 1984) o javali do Sul, mas que por ter sofrido algumas pressões, como o tempo de adaptação ao ambiente do Mediterrâneo, a domesticação, a cultura e hábitos alimentares dos povos do Sul e da região Ibérica, deu origem ao porco Alentejano que se conhece nos dias de hoje (Tirapicos, 2002, citado por Silva, 2003).

O porco Alentejano define-se pela sua grande rusticidade, que lhe permite uma excelente adaptação às condições em que é criado, e pela sua elevada capacidade de utilizar e valorizar os recursos naturais, como as ervas dos pousios e das pastagens, os restolhos de cereais e, fundamentalmente, os frutos e pastagens dos montados de azinho e sobreiro (Freitas, 2011).

Caracterizado como uma raça precoce quanto à deposição de gordura, apresenta em contrapartida um crescimento lento. Os depósitos lipídicos estão distribuídos maioritariamente na zona subcutânea, renal e pélvica (Neves *et al.*, 2010). A carne tende a apresentar elevados níveis de maturidade associados às idades avançadas em que o animal é abatido. Os depósitos de gordura intra e intermuscular e a nível subcutâneo são essenciais para as características particulares dos produtos transformados, conferindo-lhes qualidades organolépticas e dietéticas únicas (Neves *et al.*, 1996b, Edwards, 2005).

Segundo o Regulamento do Livro Genealógico do Porco Alentejano (2014) os animais da raça Porco Alentejano são caracterizados pelos aspetos morfológicos referidos no Anexo (Artigo 9 e 10º) e apresentados na Figura 2.

Segundo o mesmo Regulamento, para a raça suína Alentejana são distinguidas as seguintes variedades: Lampinha, Ervideira, Caldeira e Mamilada.



**Figura 2. Porca reprodutora de raça Alentejana (esquerda), varrasco de raça Alentejana (direita) e porco de raça Alentejana durante a montanheira (em baixo)**

**Fonte: ANCPA (s.d.)**

No entanto, e com base no testemunho técnico de diversos profissionais da área, é possível indicar que já não existem populações de indivíduos dessas variedades, mas sim, populações de animais em que é possível distinguir, de forma isolada, alguns indivíduos com características morfológicas representantes de determinada variedade.

#### **1.4. Sistemas de produção**

Desde tempos remotos que o porco Alentejano é explorado em regime extensivo, fazendo parte e estando perfeitamente integrado num sistema agro-silvo-pastoril bem definido, onde a montanheira (engorda intensiva dos animais nos montados de azinho e sobre, desde o final de Outubro, princípios de Novembro, a fins de Fevereiro) representa o elemento estratégico do sistema de produção (Freitas, 2006, Fernandes *et al.*, 2008).

As modalidades de exploração atuais conservam os principais costumes e características mais interessantes das explorações tradicionais, como é o caso da engorda dos

porcos na montanheira, complementando a exploração de porcas reprodutoras (Freitas, 2006). O encurtamento do ciclo de produção e a utilização de alimentos compostos são as principais alterações introduzidas no sistema de produção (Fernandes *et al.*, 2008).

O mercado transformador durante a época de montanheira, a reposição de bolota e aluguer de montados, o mercado do leitão para assar e o mercado da carne e salsicharias (fora da época da montanheira), são as principais vias de escoamento da produção destes animais. Desta forma as explorações podem ser de ciclo completo, de produção de leitões ou apenas de engorda (ANCPA, s.d.).

As porcas fazem duas paragens por ano e a altura da paragem orienta o destino final do leitão. Na maioria das explorações, uma criação ocorre na Primavera (entre Março e Maio) sendo chamada de erviça ou ervana porque a alimentação dos bácoros se baseia na erva, e outra no Outono (entre Setembro e Novembro) sendo chamada de outoniça ou montanheira porque utilizava o montado. Nalgumas explorações as paragens ocorrem em Janeiro e Julho, denominando-se por isso janeirinha a primeira e veraniça ou espiguenha a segunda (Miranda do Vale, 1949).

Com um mês a um mês e meio de idade, os leitões começam a sair para a pastagem, formando então o alfeire (Vacas, 1944, citado por Freitas, 2006). O desmame ocorre aos dois meses de idade. Aos três meses ou um pouco mais tarde, procedia-se à castração dos animais, com excepção dos escolhidos para varrascos e das marrãs que ficavam para criação (Frazão, 1965, Vacas, 1944 citado por Freitas, 2006).

Os leitões nascidos no Outono/Inverno são orientados predominantemente para a produção de matéria-prima destinada à indústria transformadora (presuntos, paletas e lombos) sendo recriados e posteriormente engordados na montanheira. Dos nascidos na Primavera/Verão escolhem-se os animais de substituição, destinando-se os restantes à indústria de enchidos, à produção de carne para consumo em fresco e ao mercado de leitão para assar (Freitas, 2006, Fernandes *et al.*, 2008). Animais da paragem da Primavera/Verão podem também ser direcionados para a engorda em montanheira.

A fase de cria dura normalmente até aos 45-60 dias de idade, fase durante a qual os leitões são alimentados com leite materno e aumentam de cerca de 1.1-1.3 kg PV ao nascimento até cerca de 10 a 14 kg PV. Aos cerca de 21 dias de idade, os leitões começam a ingerir alguns alimentos sólidos. A fase de cria termina no desmame, altura em que se inicia o período de recria, que inclui a fase após o desmame, entre os 14 e os 25 kg PV (duração de cerca de um mês), e a fase de crescimento, entre os 25 kg PV e a entrada na montanheira ou

o abate. Terminado o período da recria, inicia-se o período de acabamento, onde o produto final a obter e os recursos alimentares da exploração condicionam o regime alimentar dos animais, que para o regime de exploração extensivo pode ser exclusivamente na montanheira ou em regime misto, que é constituído pelos recursos disponibilizados pela natureza (bolota, erva, restolhos de cereais ou leguminosas) e por um complemento de cereais produzidos na exploração, como milho, cevada ou triticale (Grave, 2015).

Os animais entram na montanheira com idade compreendida entre os 10 e os 16 meses, e com um peso vivo que varia entre 90 e 105 kg (ANCPA, s.d.). Durante o período de acabamento em montanheira, os animais efetuam uma deposição em peso vivo de cerca de 60 a 70 kg, com ganhos médios diários (GMD) de cerca de 0.5 kg (Freitas, 2013).

Caso se destinem ao mercado da carne para consumo em fresco, os porcos não são submetidos à montanheira, sendo abatidos entre os 12 e 18 meses de idade, com um peso vivo variando entre os 90 e 100 kg. Os animais submetidos à montanheira serão abatidos entre os 115 e 130 kg se o seu destino for a salsicharia tradicional, ou aos 150 a 170 kg, se se destinarem à indústria dos presuntos ou ao mercado espanhol (Freitas, 2006, Fernandes *et al.*, 2008).

## 2. MATÉRIA-PRIMA

Segundo Neves (1998) o objetivo de qualquer sistema de exploração porcina é a produção de carne. Esta será posteriormente consumida em fresco ou através de produtos cárneos transformados.

A maior parte da produção de porco Alentejano destina-se à transformação. O porco Alentejano, caracterizado pelo seu carácter adipogénico e associado ao sistema de exploração extensivo, determina a acumulação de gordura tanto a nível subcutâneo como inter e intramuscular. O sistema de exploração, a idade avançada ao abate comparado com outras raças e a atividade física, associados ao regime alimentar durante a fase de engorda, são eventuais pontos de destaque, podendo contribuir para uma maior infiltração de gordura intramuscular.

## **2.1. Tecido adiposo**

O tecido adiposo é usualmente denominado de gordura. No entanto, é importante realçar que esta é apenas o constituinte que se encontra em maior presença no tecido adiposo.

No caso do porco Alentejano, a gordura é a componente quantitativamente mais importante da carcaça, chegando a representar 60% do peso da carcaça (Frazão, 1965, De Pedro, 1989).

### **2.1.1. Composição química, estrutura e distribuição anatómica**

O tecido adiposo das raças de porcos do tipo industrial é maioritariamente do tipo subcutâneo. A gordura subcutânea dorsal (GSD), tipicamente denominada por toucinho, representa cerca de 80% da totalidade do tecido adiposo total da carcaça (Girard *et al.*, 1988).

Segundo Frazão (1965) e De Pedro (1989), no porco Alentejano a elevada % de gordura na carcaça deve-se à sua natureza adipogénica, de caráter precoce (Neves *et al.*, 1996b), conjugada ao regime alimentar fortemente energético na fase de engorda associado ao tradicional acabamento em montanheira (Frazão, 1965, De Pedro, 1989).

De uma forma global, o tecido adiposo é constituído por 75-80% de lípidos, 5 a 15% de água e uma pequena proporção de proteínas e colagénio, constituintes do tecido conjuntivo (Girard *et al.*, 1988).

São várias as células que constituem o tecido adiposo, entre elas adipócitos, ricos em lípidos neutros, pré-adipócitos ainda não diferenciados, adipoblastos, células conjuntivas e endoteliais e elementos do nervo (Forrest *et al.*, 1975, Remacle e Hauser, 1989).

No corpo do porco, a gordura pode encontrar-se associada ao compartimento muscular, depositada a nível inter ou intramuscular. A parte que não pertence ao compartimento muscular inclui a gordura subcutânea ou de cobertura e a gordura interna ou perivisceral. A gordura interna é constituída pela gordura perirenal e a mesentérica. Estes tecidos gordos periviscerais estão distribuídos ao longo das membranas serosas que rodeiam os órgãos das cavidades viscerais. Destes, apenas o tecido adiposo perirenal faz parte da carcaça (Geri, 1988). A gordura subcutânea constitui o maior depósito e é constituída pela gordura dorsal (o depósito mais importante dentro da gordura subcutânea), da barriga, da papada e peito e da perna. Ela faz parte integrante da carcaça, uma vez que está localizada

entre a capa interna da pele e a superfície da massa muscular. A gordura subcutânea está dividida em capas, normalmente 2 a 3 perfeitamente separadas por uma malha de tecido conjuntivo, sendo a capa interna ligeiramente mais rica em lípidos que a externa (Bucharelles e Girard, 1987). No porco Alentejano observou-se a formação de uma 4<sup>a</sup> capa em porcos com 120 a 130 kg PV (Neves, 1998, Mateus, 2001). A capa interna apresenta uma maior proporção em ácidos gordos (AG) saturados enquanto na capa externa predominam os insaturados (Flores e Nieto, 1985).

Os principais fatores que regulam a acumulação lipídica no tecido adiposo do porco parecem estar mais relacionados com a lipogénesis do que com a lipólise. O fatores genéticos podem trazer mudanças mais ou menos importantes aos processos morfológicos (celularidade) e metabólicos (lipogénesis, lipólise), enquanto os fatores alimentares permitem limitar a adiposidade da carcaça, através do controlo quantitativo da ingestão alimentar, quer pela restrição alimentar de acordo com o potencial de crescimento do músculo, quer limitando a concentração de energia na alimentação *ad libidum* (Henry, 1977). Por fim, a composição do tecido adiposo em AG varia de acordo com a sua localização (Geri, 1988).

### **2.1.2. Lípidos do tecido adiposo subcutâneo**

Os lípidos pertencentes ao tecido adiposo são maioritariamente triacilgliceróis (até 99%) e a restante percentagem é constituída por colesterol e produtos resultantes da degradação dos triacilgliceróis (diacil, monocilgliceróis e AG livres) (Girard *et al.*, 1988).

O perfil de AG e de triacilgliceróis da carcaça de animais não ruminantes é essencialmente determinado pelos lípidos presentes na dieta do animal (Viera-Alcaide *et al.*, 2007) e pela duração do regime alimentar a que o mesmo é sujeito (Miller *et al.*, 1987, Larick e Turner, 1990, Daza *et al.*, 2007). Outros componentes alimentares presentes na dieta (lípidos, proteína, fibra e hidratos de carbono) também apresentam influência sobre a composição química da gordura (Allee *et al.*, 1971b). De acordo com Bee *et al.* (2002) a restrição alimentar e o seu nível podem afetar a síntese de AG no tecido subcutâneo. Porcos do tipo industrial, ou de linha magra, apresentam em média cerca de 36% de AG saturados, 44% de AG monoinsaturados e 12% de AG polinsaturados. (Davenel *et al.*, 1999). Esta composição varia de acordo com fatores como a dieta, raça, sexo, idade e estado fisiológico (Girard *et al.*, 1988).

Estudos anteriores mostraram que na composição da gordura subcutânea do porco Alentejano/Ibérico predomina a insaturação, sobretudo a mono-insaturação (ácido oleico)

(Martin, 1992). Por outro lado, segundo Bee *et al.* (2002) e Monziols *et al.* (2007) a composição em AG das capas interna e externa do tecido subcutâneo varia segundo a sua localização anatómica. O grau de saturação da gordura tende a aumentar à medida que nos deslocamos de fora para dentro (Monziols *et al.*, 2007). Durante o período da engorda, os níveis de insaturação do tecido subcutâneo que cobre os músculos mais oxidativos tende a aumentar mais rapidamente do que em relação ao tecido subcutâneo que cobre os músculos com baixo metabolismo oxidativo. A produção de ácido oleico e o nível de insaturação do tecido adiposo do porco são determinados pela dieta e pela insaturação endógena através da enzima Δ-9 desaturase (Narváez-Rivas *et al.*, 2009). Dietas ricas em AG poli-insaturados, bem como altas quantidades de AG saturados e situações de jejum prolongadas promovem a inibição desta enzima (Martin, 1992).

A maior saturação dos lípidos das espécies com maior carácter adipogénico é devida à maior obesidade *per se* ou à seleção para uma maior taxa de síntese *de novo* de AG saturados, à menor taxa lipolítica com o consequente menor “turnover”, à incorporação preferencial de AG saturados durante a síntese de triacilgliceróis e à baixa atividade de insaturação ou a uma combinação destes fatores (Scott *et al.*, 1981).

### **2.1.3. Lípidos do tecido muscular**

Os lípidos musculares são constituídos por triacilgliceróis (lípidos de reserva ou depósito) e fosfolípidos (lípidos estruturais). Estes últimos constituem em média apenas 0,5 a 1% da massa muscular (Dugan, 1986), variando a sua proporção entre 16 e 34% dos lípidos totais, segundo o tipo de músculo (Flores e Nieto, 1985, Rabot *et al.*, 1996).

No tecido muscular, os lípidos encontram-se contidos em adipócitos agrupados ao longo dos feixes de fibras musculares ou de forma isolada entre elas. A proporção de adipócitos que se encontram isolados representa 10 a 20% do total de adipócitos (Cassens e Cooper, 1971, Leseigneur-Meynier e Gandemer, 1991). O número e o tamanho dos adipócitos presentes no músculo tende a aumentar consoante o conteúdo total de lípidos (Mourot e Hermier, 2001). A deposição de gordura faz com que os adipócitos se tornem maiores e mais numerosos, tornando-se visível numa secção de corte do músculo a gordura intramuscular, também conhecida como marmoreada (Allen e Foeding, 1981).

Os lípidos de depósito no porco estão divididos em inter e intramusculares. Os primeiros acumulam-se na bainha de tecido conjuntivo que envolve cada músculo individualmente, encontrando-se assim à superfície externa de dois ou mais músculos contíguos (Mourot e Hermier, 2001). Os lípidos intramusculares seguem os planos de tecido

conjuntivo que penetram no músculo para envolver os feixes de fibras, fazendo assim parte da estrutura muscular (Geri, 1988). Estes lípidos intramusculares englobam ainda os lípidos presentes nas células adiposas adjacentes às fibras (Lefaucheur, 1989).

O porco Alentejano é um animal de grande precocidade na velocidade de deposição de lípidos intramusculares (Neves *et al.*, 1996b). O mesmo foi possível concluir do porco Ibérico (De Pedro, 1989), Celta (Domínguez *et al.*, 2014) e Corso (Casabianca e Luciani, 1989). Os músculos do porco Alentejano/Ibérico, e em menor escala do porco Corso, apresentam um maior teor em lípidos intramusculares do que os dos porcos industriais (7-12%) (Andrés *et al.*, 2001, Tejeda *et al.*, 2002).

O conteúdo lipídico no músculo do porco pode variar entre 1,5 e 13% (Cobos *et al.*, 1994). Segundo Mourot e Hermier (2001), para o lombo de porco industrial, este conteúdo não ultrapassa os 2%. No entanto, o porco Alentejano/Ibérico apresenta normalmente elevados conteúdos de lípidos intramusculares devido, por um lado, ao seu carácter adipogénico e por outro, às características do sistema de produção (regime alimentar de engorda muito energético, idade e peso ao abate elevados) (Neves, 1998). Foi também avançado que o teor em triacilgliceróis presentes a nível intramuscular encontra-se sob o controlo de um gene recessivo, denominado *HIMF* (Janss *et al.*, 1994). A frequência da presença do gene *HIMF* homozigótico é maior em raças tradicionais, tais como a raça Maeishan, Alentejano/Ibérico e Corso, uma vez que não sofreram melhoramento com vista à menor deposição de gordura, ao contrário das raças industriais. No entanto, para os porcos criados em sistemas tradicionais extensivos, a principal causa para o elevado teor em lípidos nos músculos é o largo período de engorda a partir do qual os animais já são mais velhos (16-18 meses) apresentando uma baixa capacidade para a deposição de músculo na carcaça e consequentemente devido ao excesso de alimentação energética nesta altura, esta ser depositada sobre a forma de gordura no tecido adiposo e nos músculos (Gandemer, 2002).

Segundo Gandemer (1999), os AG pertencentes ao triacilgliceróis presentes a nível muscular apresentam composição semelhante à dos encontrados no tecido adiposo. Os AG entram na composição dos triacilgliceróis e dos fosfolípidos. Estes últimos caracterizam-se por apresentarem uma maior proporção de AG poli-insaturados, nomeadamente de linoleico (C18:2) e de araquidónico (C20:4) relativamente aos primeiros. A concentração de fosfolípidos presentes nos músculos não é afetada em grande escala pelas condições de criação (Gandemer, 1997). O principal fator que determina o teor em fosfolípidos nos músculos em porcos encontra-se relacionado com o tipo metabólico das fibras musculares

(Leseigneur-Meynier e Gandemer, 1991), com músculos do tipo glicolítico a apresentarem menor teor em fosfolípidos do que músculos do tipo oxidativo (Gandemer, 1999).

A concentração de gordura intramuscular parece afetar o teor em colesterol, uma vez que os músculos com maior teor em gordura intramuscular apresentam menores lípidos polares e por sua vez menores concentrações de colesterol associados às membranas das células (Alasnier *et al.*, 1996). Em estudos com as raças Celta (Domínguez *et al.*, 2014) e Corso (Casabianca e Luciani, 1989) verificou-se que o teor em lípidos intramusculares nestes animais é caracterizado por uma quantidade semelhante de lípidos polares, apesar de terem sido assinaladas diferenças quanto aos teores de lípidos neutros e portanto de lípidos totais. A quantidade de gordura intramuscular aumenta com a idade e peso de abate.

#### **2.1.4. Atividade metabólica do tecido adiposo**

O aumento de massa do tecido adiposo durante o crescimento envolve o aumento do teor de lípidos neste tecido em todos os locais do corpo (Metz *et al.*, 1980). A evolução global deste tecido é caracterizada nos primeiros meses de vida pelo aumento do número de células adiposas (hiperplasia) e pelo aumento do tamanho dos adipócitos (hipertrofia). Após a puberdade, o número de adipócitos constituintes do tecido adiposo permanece mais ou menos contante, levando a que o aumento de massa do tecido adiposo ocorra quase exclusivamente por hipertrofia das células (Anderson *et al.*, 1972a, Lee e Kauffman, 1974, Henry, 1977, Remacle e Hauser, 1989).

A síntese de AG no porco ocorre maioritariamente no tecido adiposo comparativamente à baixa contribuição neste capítulo prestada pelo fígado e tecido muscular. De uma forma geral, a atividade lipogénica está relacionada com a intensidade de deposição de gordura e com a taxa de hipertrofia dos adipócitos constituintes das células do tecido adiposo. Por sua vez, a atividade lipogénica depende de fatores como a idade, a localização anatómica, o sexo e a genética do animal. Por fim, a mobilização de reservas lipídicas no tecido adiposo em suínos encontra-se também relacionada com a ação de hormonas lipolíticas (Henry, 1977).

A acumulação de gordura nas células adiposas resulta de um balanço entre a deposição dos lípidos alimentares no tecido adiposo (origem exógena), a taxa de síntese de AG dentro das células (síntese endógena ou *de novo*) e a taxa de libertação de AG pelo tecido adiposo (mobilização das reservas lipídicas) (Henry, 1977, Sellier, 1983, Lindsay, 1983).

#### **2.1.4.1. Absorção e deposição dos lípidos alimentares (origem exógena)**

No processo de digestão dos lípidos alimentares dá-se a emulsificação dos triacilgliceróis, seguida da sua hidrólise através da ação combinada do suco pancreático e da báls. A hidrólise dos triacilgliceróis pela lipase pancreática origina 1,2-diacilgliceróis e 2-monoacilgliceróis. Os produtos resultantes desta hidrólise estão relacionados com o pH do meio. Se o pH é alcalino, originam-se predominantemente monoacilgliceróis e AG livres, se o pH é ligeiramente ácido, encontram-se di e triacilgliceróis na mistura de equilíbrio (Lindsay, 1983, McDonald *et al.*, 2006). Estes são absorvidos no intestino delgado por simples difusão ou pinocitose (McDonald *et al.*, 2006). Após a sua absorção, os mono e diacilgliceróis são novamente ressintetizados em triacilgliceróis e incorporados em lipoproteínas denominadas quilomicrons. Os quilomicrons ou emulsões de triacilgliceróis cobertos por uma película proteica são alvo da ação da lipoproteína lipase (LPL) a qual hidrolisa os triacilgliceróis quando os quilomicrons chegam aos tecidos onde vão ser utilizados pelo metabolismo animal. Esta enzima permite assim a captação dos AG dos triacilgliceróis circulantes através da sua re-estratificação juntamente com moléculas de glicerol-fosfato, com o objetivo de serem armazenadas no interior dos adipócitos (Lindsay, 1983, Del Portillo *et al.*, 2000). A LPL é o agente regulador da assimilação dos triacilgliceróis pelos adipócitos, sendo sujeita a uma regulação hormonal complexa em que participam a insulina, glucocorticoides e catecolaminas (Remacle e Hauser, 1989). Segundo Murphy *et al.* (1993), num estudo efetuado em ratos, o grau de insaturação da dieta pode afetar a atividade da LPL, tendo-se verificado que a quantidade de RNA mensageiro que codifica esta enzima no tecido adiposo, tende a aumentar com o aumento do grau de insaturação da dieta.

Os AG da dieta são depositados sem sofrerem modificações químicas, pelo que os depósitos adiposos refletem em grande parte a composição em AG da dieta (Osório *et al.*, 1985). Em suínos e segundo Allee *et al.* (1971a) o aumento da percentagem de lípidos na alimentação mantendo o mesmo nível energético, leva a uma menor síntese lipídica no tecido adiposo subcutâneo. No entanto, a nível do tecido adiposo intramuscular, não são detetadas diferenças substanciais.

#### **2.1.4.2. Síntese intracelular de ácidos gordos (síntese endógena ou *de novo*)**

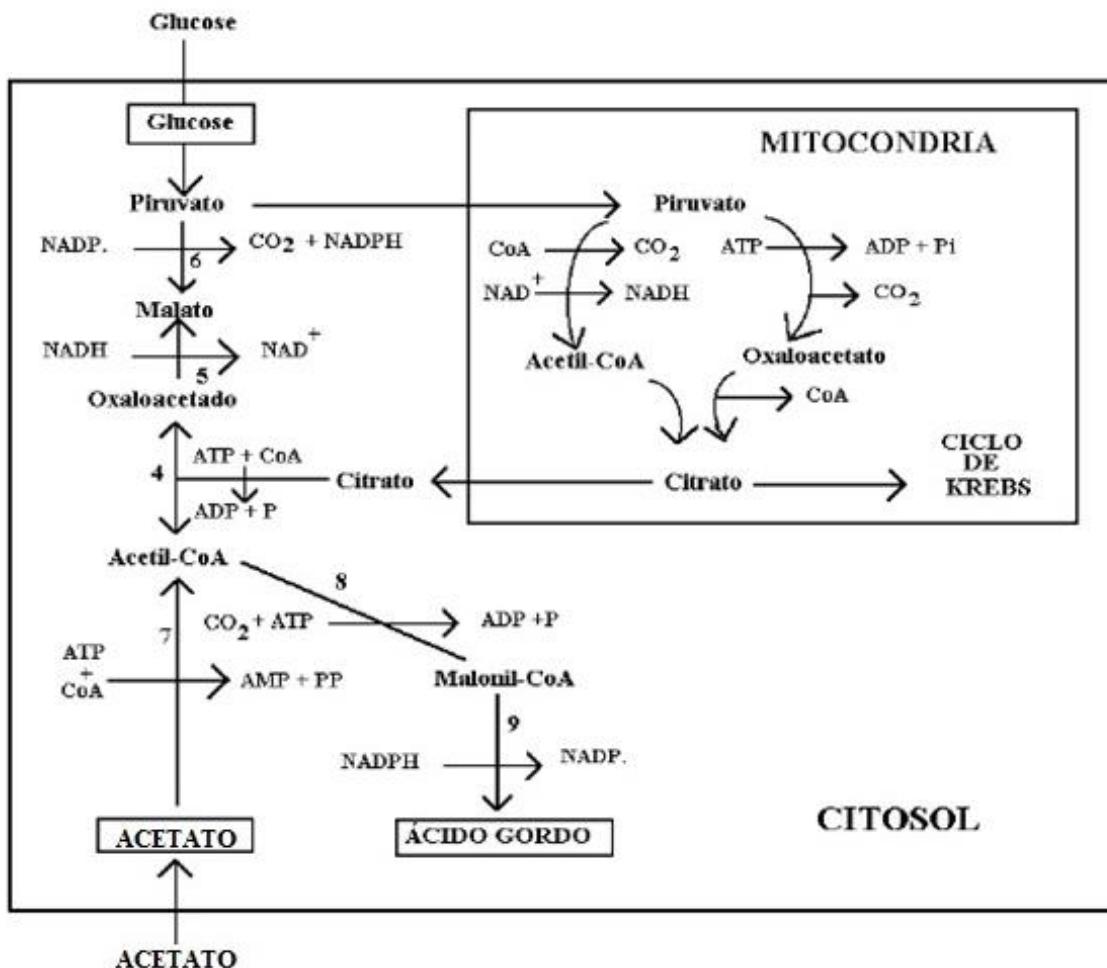
A síntese de AG a partir da glucose desempenha um papel importante na engorda dos porcos, e o tecido adiposo é o local de síntese privilegiado (Henry, 1977, Muller e Rogdakis, 1985).

Segundo Hood e Allen (1973) e Henry (1977), entre 70 a 80% dos AG no porco derivam da síntese *de novo*, tendo-se observado valores superiores nos porcos de maior carácter adipogénico. Por sua vez, o fígado contribui com menos de 20 % dos AG sintetizados a partir da glucose e do acetato (Lindsay, 1983). Por fim, os lípidos intramusculares podem ser sintetizados independentemente da síntese global de AG, e a sua síntese pode ser regulada por diferentes fatores associados à fisiologia e genética do animal (Christensen, 1975).

O anabolismo dos AG saturados ocorre de forma distinta em relação ao dos AG insaturados. A biossíntese dos AG saturados pode ser processada através de duas vias distintas: uma no interior das mitocôndrias e outra no sistema citoplasmático dos adipócitos (Correia e Correia, 1985, McDonald *et al.*, 2006). A biossíntese ocorrida fora das mitocôndrias é mais importante do que a ocorrida dentro das mesmas, sendo no entanto bastante diferentes uma da outra. Na biossíntese fora das mitocôndrias intervêm metabolitos como o malonilo, que surge como o dador de dois átomos de carbono, em vez do acetilo, o qual intervém na biossíntese mitocondrial. Estes metabolitos, para se condessarem necessitam de estar ligados a uma proteína transportadora, denominada ACP (Correia e Correia, 1985).

Do ponto de vista bioquímico, a síntese de AG engloba 3 passos metabólicos: 1) A glicólise, no qual a glucose é convertida em acetil-CoA; 2) A lipogénesse, na qual o acetil-CoA é convertido em AG de cadeia longa, e finalmente 3) A esterificação dos AG com o glicerolfosfato para formar o triacilglicerol (Muller e Rogdakis, 1985).

A síntese *de novo* dos AG realiza-se no citoplasma e faz apelo a dois complexos multienzimáticos, a acetil-CoA carboxilase e a ácido gordo sintase (FAS). A energia necessária é fornecida sob a forma de coenzimas reduzidas, especificamente o fosfato de dinucleótilo de nicotinamida e adenina (NADPH). O metabolismo da glicose fornece o acetil-CoA que sai da mitocôndria sob a forma de citrato. No citosol, este dá novamente origem a acetil-CoA e a oxaloacetato. A acetil-CoA é alvo de carboxilação através da ação da acetil-CoA carboxilase, dando origem ao malonil-coenzima A. (Remacle e Hauser, 1989). A biossíntese dos AG de cadeia longa no citosol das células é catalisada pelo complexo enzimático multifuncional FAS, um dímero contendo em cada sub-unidade sete enzimas e a proteína transportadora ACP (Figura 3) (Berg *et al.*, 2012).



**Figura 3. Síntese de novo de ácidos gordos a partir da glucose e acetato**  
**Enzimas intervenientes:** 1) piruvato desidrogenase; 2) piruvato carboxilase; 3) citrato sintase; 4) ATP-citrato-liase; 5) NAD-malato-desidrogenase; 6) NADP-malato-desidrogenase; 7) acetil-CoA-sintase; 8) acetil-CoA-carboxilase; e 9) ácido gordo sintase (FAS) (Adaptado de Remacle e Hauser, 1989).

A síntese de AG pela FAS termina com a produção do ácido palmítico (C16:0). Quando posteriormente libertado, este ácido gordo pode ser alongado e/ou desaturado na posição 9 pelos sistemas microssómicos de alongamento-desaturação, dando origem aos ácidos esteárico (C18:0) e/ou o oleico (C18:1) (Correia e Correia, 1985, Martin, 1992, Berg *et al.*, 2012).

Os AG essenciais têm que ser fornecidos aos animais pela alimentação. Os AG insaturados não essenciais são formados a partir dos correspondentes AG saturados. A partir do ácido gordo saturado e por ação de uma desidrogenase, forma-se o respetivo ácido gordo insaturado, sendo necessário uma molécula de NADPH<sub>2</sub> (Berg *et al.*, 2012).

A monoinsaturação dos AG é realizada na fração microsomal, sobretudo do fígado e do tecido adiposo, pela ação de uma desaturação oxidativa, via retirada de dois átomos de hidrogénio, o que origina a formação da ligação dupla entre carbonos (Berg *et al.*, 2012). Nos AG mais insaturados presentes nas células animais, é possível a formação de mais ligações duplas, com uma distância de três átomos de C da dupla ligação já formada, formando-se sempre no sentido da extremidade metílica para a extremidade carboxílica (Correia e Correia, 1985).

Após a insaturação, os ácidos gordos podem ser alongados a partir do seu respectivo precursor (palmitoleico, oleico, linoleico, linolénico), por ulterior alongamento e/ou desaturações. Contudo, como já referido anteriormente, os ácidos linoleico e linolénico não são sintetizados pelos mamíferos, tendo de ser obtidos através da alimentação, principalmente de origem vegetal (Correia e Correia, 1985).

#### **2.1.4.3. Mobilização dos ácidos gordos pelo tecido adiposo**

A mobilização dos lípidos presentes no tecido adiposo corresponde principalmente à hidrólise dos triacilgliceróis nos seus dois constituintes, os AG e o glicerol (Henry, 1977) apresentando-se os primeiros sob a forma livre (não esterificada) (Vernon e Peaker, 1983, Lindsay, 1983).

O tecido adiposo está envolvido na resposta rápida às mudanças de influxo e refluxo de lípidos, de acordo com as pressões resultantes da ingestão de lípidos da dieta, e face ao balanço energético em que se encontra o animal (Lindsay, 1983). Estas mudanças rápidas são subtis, contínuas, modificando a composição dos lípidos nos depósitos e são catalisadas pela ação concertada de enzimas de esterificação e de lipólise (Gurr, 1988). Os AG são extraordinariamente importantes para a produção de energia, sobretudo os AG dos triacilgliceróis, uma vez que têm um valor calórico superior ao obtido através do glicogénio (Correia e Correia, 1985).

A lipólise dos triacilgliceróis no tecido adiposo é catalisada pela lipase hormono-sensível. Alguns AG são prontamente re-esterificados e os outros são libertados na forma livre no sangue, juntamente com o glicerol. O principal fator que controla a utilização dos AG livres é a taxa de mobilização a partir do tecido adiposo (Lindsay, 1983). Quando os animais são alimentados com um alto nível de ingestão, que satisfaz as suas necessidade de crescimento, a mobilização de gordura é desnecessária e por isso não ocorre (Metz, 1983).

Quando o nível de alimentação é próximo do nível de energia requerido apenas para a manutenção do organismo, a maioria (60 a 97%) dos AG do tipo 18C presentes na dieta são depositados, pelo menos temporariamente. Fatores como o grau de saturação da dieta e o nível de gordura presente na mesma afetam o destino metabólico dos AG alimentares (Leyton *et al.*, 1986, Bruininx *et al.*, 2011). O grau de saturação é considerado um fator determinante para a variabilidade da oxidação dos AG do tipo 18C presentes na dieta. Os ácidos oleico, linoleico (Jones *et al.*, 2008, Bruininx *et al.*, 2011), e linolénico (Jones, 2008) são preferencialmente oxidados em relação ao esteárico (saturado). Contudo, as diferenças mútuas na oxidação dos vários ácidos gordos insaturados do tipo 18C é menos pronunciada (Bruininx *et al.*, 2011). Em humanos, verificou-se que o conteúdo em hidratos de carbono e gordura da dieta (Koutsari e Sidossis, 2003), bem como o nível da atividade física e a intensidade de treino (Bruininx *et al.*, 2011) também podem contribuir para a variabilidade da taxa de oxidação dos AG com 18 átomos de carbono.

Segundo Bruininx *et al.*, (2011), num estudo realizado com suínos em crescimento alimentados duas vezes por dia, os padrões pós prandiais de oxidação de AG do tipo 18C atingem um pico cerca de 2 horas após a primeira ingestão, bem como o seu pico máximo na altura da refeição seguinte. Na altura do segundo pico de oxidação, as reservas de glicogénio e ATP já se encontram reduzidas ou esgotadas, devido à diferença de tempo entre as refeições (aproximadamente 15 horas neste estudo). O segundo pico de oxidação está provavelmente relacionado com o aumento de energia necessário à atividade física que por norma ocorre na altura das refeições (Rijken, 2003).

O aumento da produção de ATP, desencadeado pela atividade do animal em se alimentar, parece favorecer a oxidação dos AG depositados recentemente face aos AG depositados em refeições anteriores. Esta sequência de oxidação dos AG (“last in, first out”) pode estar relacionada com o tipo de adipócitos em que os AG são temporariamente depositados e as taxas de “turnover” específicas dos tecidos (lípidos do tecido muscular vs. lípidos da GSD) (Ekstedt e Olivecrona, 1970, Anderson *et al.*, 1972b). Contudo, para ensaios alimentares a longo prazo, são considerados como fatores determinantes e mais importantes para a mobilização oxidativa dos AG, o tamanho da sua cadeia, a insaturação e a posição isomérica (Raclot *et al.*, 1993). Consequentemente, os AG ingeridos recentemente tendem a ser os preferidos com vista à oxidação, numa altura em que a disponibilidade de glucose é limitada ou reduzida e a atividade física aumenta (Bruininx *et al.*, 2011). E, tal como nos humanos, verificou-se que é privilegiada a oxidação de AG monoinsaturados em relação à dos AG saturados como combustível para o exercício (Votruba *et al.*, 2003, Bruininx *et al.*,

2011). No caso do ácido oleico, este é preferencialmente incorporado nos triacilgliceróis, sendo uma fonte rápida de energia, o que provavelmente explica a elevada taxa de oxidação associada a este AG (Leyton, 1986).

Em porcos em crescimento, os níveis de oxidação dos AG de dietas insaturadas tende a ser relativamente baixo (5-20%) (Martínez-Ramírez e De Lange, 2011). Estes níveis podem ser explicados pelos elevados níveis de energia ingeridos pelos porcos em crescimento, que de forma geral representam o dobro ou o triplo da energia necessária para a manutenção do peso corporal do animal. Nesta situação, ocorre um aumento considerável do tecido adiposo com uma eficiência energética elevada (~90%) (van Milgen *et al.*, 2001) e como consequência, regista-se um menor nível de oxidação de AG. Desta forma, e segundo Bruininx *et al.*, (2011), nem sempre a oxidação dos AG ingeridos na dieta é significado de um não aumento do tecido adiposo, assim como o balanço entre o contributo dos AG alimentares *vs* mobilizados com vista à oxidação depende do nível de ingestão energética animal.

## 2.2. Tecido muscular

Um maior controlo da qualidade carne por parte dos produtores e da indústria tem como objetivo satisfazer os requisitos dos consumidores. Certos fatores de produção como por exemplo a idade ao abate, a raça e o sistema de alimentação dos animais, exercem um efeito sobre a qualidade da carne ao alterarem as características biológicas do tecido muscular e em particular das fibras musculares que o constituem (Picard *et al.*, 2002). De forma a produzir carne com a qualidade pretendida, é necessário compreender a origem da sua qualidade bem como a regulação dos mecanismos associados (Joo *et al.*, 2013).

A qualidade da carne é definida por uma combinação de fatores, que incluem atributos tecnológicos, a aceitação do consumidor e a credibilidade associada ao ponto de vista da saúde e de segurança alimentar do produto, que em última análise, se encontra relacionado com o sistema de produção (Van der Wal *et al.*, 1997, Warner *et al.*, 2010). Na raça Alentejana/ Ibérica, a elevada qualidade da carne e seus derivados é consequência da conjugação de fatores como a genética, o sistema tradicional de criação e as condições de processamento dos produtos (Cava *et al.*, 2000, Carrapiso *et al.*, 2003).

O músculo esquelético é o principal tecido constituinte da carne, constituindo aproximadamente 50% da massa total do corpo dos mamíferos (Motta e De Lacerda, 2012).

Segundo Lefaucheur (1989) num porco com 100 kg PV, o músculo esquelético representa 30 a 65% do peso final da carcaça e 40 a 45% das proteínas totais no organismo. Estas percentagens podem variar consoante a obesidade do animal, tendendo a ser menor para animais mais gordos (Forrest *et al.*, 1975). O crescimento do tecido muscular é devido a dois processos biológicos fundamentais: a deposição proteica e a proliferação celular. O processo de deposição proteica depende do balanço entre a síntese e a degradação proteica. O segundo processo envolvido no crescimento do músculo, a proliferação celular, pode ser decisivo quer na fase pré-natal quer na pós-natal (Allen *et al.*, 1979).

### **2.2.1. Composição química do músculo esquelético**

Segundo Lefaucheur (1989) a composição média do músculo esquelético em suínos é representada por 73% de água, 20% proteína e 1 a 6% em lípidos. Valores semelhantes são indicados por Lawrie (1985, 2005), 75% de água, 19% proteína, 2,5% lípidos, além de 1,2% carboidratos (essencialmente glicogénio no músculo vivo), 1,6% compostos azotados não proteicos e 0,7% de outras substâncias (minerais, vitaminas).

Para porcos de raça Alentejana criados em diferentes condições alimentares e ambientais, vários autores (Neves, 1998, Neves *et al.*, 2012, Martins *et al.*, 2015) obtiveram valores de composição química para o LD (%) de: 67,2 a 72,8 de humidade, 21,9 a 23,8 de proteína, 2,4 a 6,7 de lípidos neutros, e 0,6 a 1,0 de lípidos polares.

### **2.2.2. Estrutura e função do músculo esquelético**

Uma das características do músculo esquelético é a sua diversidade. Esta relaciona-se com a sua forma, ao tipo de fibra e ao tipo de célula constituinte e à composição e heterogeneidade das fibras. O mesmo músculo não é idêntico entre animais diferentes. Músculos homólogos, para além de exibirem diferenças na composição das fibras musculares entre espécies, também as exibem entre indivíduos da mesma espécie (Karlsson *et al.*, 1999).

Os músculos esqueléticos são responsáveis pelo movimento do corpo, e as fibras musculares constituintes são compostas por miofibrilas (Karlsson *et al.*, 1999). A fibra muscular é a principal unidade estrutural do músculo esquelético. As fibras musculares esqueléticas dos mamíferos e aves são células filamentosas longas e multinucleadas com estrias visíveis, não ramificadas, que diminuem de diâmetro em ambos os extremos. Trata-se de uma célula cilíndrica, longa e delgada que pode chegar a ter 34 cm de comprimento,

variando o seu diâmetro de 10 a 100  $\mu\text{m}$ , dependendo do músculo, da espécie, da raça e sexo (Forrest *et al.*, 1975, Davey, 1984, Frandson e Spurgeon, 1995).

As fibras musculares possuem uma membrana denominada sarcolema com estrutura trilaminar, similar à membrana citoplasmática das outras células. No interior do sarcolema encontram-se os componentes característicos da célula animal como núcleos, mitocôndrias, complexo de Golgi e citoplasma (ou sarcoplasma), assim como as miofibrilhas. As miofibrilhas são os elementos contrácteis intracelulares longos que medem cerca de 1  $\mu\text{m}$  de grossura e são diretamente responsáveis pelo aspeto estriado característico que apresenta a carne em cortes longitudinais (Forrest *et al.*, 1975, Davey, 1984).

O tecido conjuntivo da carne está associado à estrutura muscular. A lâmina mais externa, denominada de epimísio, é a membrana que envolve cada peça muscular. Do epimísio partem finos septos de tecido conjuntivo que se dirigem para o interior do músculo, separando os feixes musculares, chamados perimísio. Assim, o perimísio envolve os feixes musculares, que por sua vez são constituídos por um conjunto de fibras musculares. Por fim, cada fibra muscular, é envolvida individualmente pelo endomísio (Lawrie, 1985, McComick, 1992, Frandson e Spurgeon, 1995).

As miofibrilhas são compostas por dois tipos de filamentos longitudinais. O tipo grosso ou espesso, contém essencialmente a proteína miosina. Os ligamentos finos contêm essencialmente actina, tropomiosina e troponina. As proteínas musculares podem ser classificadas em três grandes grupos: miofibrilares, sarcoplasmáticas e do estroma. As proteínas miofibrilares representam cerca de 60% de teor em proteína total do músculo, ao passo que as proteínas sarcoplasmáticas representam aproximadamente 30%. Esta última fração é representada pela mioglobina e por diferentes enzimas envolvidas no metabolismo energético dos músculos. As proteínas do estroma representam cerca de 10% das proteínas totais. Contêm colagénio e elastina, os principais constituintes do tecido conjuntivo (Karlsson *et al.*, 1999).

### **2.2.3. Características funcionais e metabólicas da fibra muscular**

Os músculos compreendem uma população heterogénea de fibras que diferem quanto à sua velocidade de contração, ao seu metabolismo e à sua cor (Picard *et al.*, 2002). A proporção relativa do tipo de fibras num músculo é um fator importante relacionado com a qualidade da carne em suínos (Karlsson *et al.*, 1993, Henckel *et al.*, 1997, Andrés *et al.*, 2000).

As fibras são principalmente classificadas com base na sua atividade metabólica, neste caso, como glicolíticas (metabolismo anaeróbio) ou oxidativas (metabolismo aeróbio) (Dubowitz, 1960, Lee *et al.*, 2010, Lefaucheur, 2010). Também são distinguidas tendo em conta as suas propriedades contrativas (Lefaucheur, 2010) mediadas pela atividade da actomiosina ATPase miofibrilar (mATPase) (Engel, 1962) e são definidas pelas isoformas miosina de cadeia pesada (MHC) presentes. Na verdade, todos os tipos de fibras estão presentes na maior parte dos músculos, mas a sua composição relativa nos diferentes músculos pode determinar a predominância das propriedades metabólicas do músculo (Ryu e Kim, 2005).

Nas fibras tipo I predomina o metabolismo aeróbio, são exibidas contrações mais lentas e estão presentes um maior número de mitocôndrias e mioglobina (fibras também denominadas vermelhas). Nas fibras tipo II, de contração rápida e com muito menor número de mitocôndrias e menor teor em mioglobina (também denominadas de brancas), predomina o metabolismo anaeróbio. Por outro lado, as denominadas fibras intermédias apresentam características intermédias entre as fibras vermelhas e brancas. As fibras do tipo II subdividem-se em IIA e IIB, tendo as IIA uma boa capacidade para o metabolismo aeróbio associada às suas características de contração rápida, ao invés das IIB que obtêm energia para as suas contrações rápidas a partir do metabolismo anaeróbio (Jurie *et al.*, 1999, Lee *et al.*, 2010). Inicialmente, as fibras do tipo II são oxidativas, mas têm a capacidade de alterar o seu metabolismo aeróbio para um anaeróbio. Esta transformação ocorre principalmente devido a alterações nas enzimas produtoras de energia e é acompanhada por um aumento rápido no tamanho das fibras. As fibras do tipo I mantêm o seu metabolismo aeróbio durante toda a vida (Swatland, 1973).

De acordo com Leseigneur-Meynier e Gandemer (1991), o tipo de fibra muscular influencia o teor em fosfolípidos totais e a concentração de PUFA presentes na mesma. Por outro lado, a composição de AG constituintes dos fosfolípidos influencia a estabilidade oxidativa da carne de porco, uma vez que quanto maior a percentagem de PUFA, maior será a suscetibilidade à oxidação (Cava *et al.*, 1999, Lauridsen *et al.*, 1999). Por consequência, variações no tipo de fibra muscular podem conduzir a alterações na estabilidade oxidativa da carne durante o processo de armazenamento ou no fenômeno de oxidação lipídica durante o processamento da carne. Fatores como o sistema de produção e a composição de AG da dieta (Cava *et al.*, 1997), o conteúdo de  $\alpha$ -tocoferol da dieta (Cava *et al.*, 2000) ou o cruzamento entre raças (Tejeda *et al.*, 1999) podem afetar a composição de AG presentes nos fosfolípidos

e assim a estabilidade oxidativa da carne. Alguns destes fatores podem também afetar tanto o tipo de fibras musculares bem como a sua proporção no músculo (Andrés *et al.*, 1999).

Leseigneur-Meynier e Gandemer (1991) verificaram que as diferenças entre a composição de AG nos triacilgliceróis entre músculos com diferente metabolismo eram mínimas ou até nulas. Por seu lado Andrés *et al.* (2001) sugerem que quanto mais oxidativo é um músculo, maior é a concentração de ácidos gordos monoinsaturados (MUFA) e menor é a concentração de ácidos gordos saturados (SFA).

Segundo Andrés *et al.* (2001), animais da raça Ibérica criados num sistema extensivo apresentam uma concentração maior de fibras oxidativas quando comparados com animais criados num sistema intensivo. Estes autores verificaram também que para animais cruzados com a raça Duroc, sob as mesmas condições, não foram observadas diferenças significativas. É usualmente aceite que músculos com uma maior quantidade de fibras do tipo oxidativo apresentem uma maior concentração de gordura intramuscular, devido à sua capacidade de usar os AG como fonte de energia. Contudo, segundo Leseigneur-Meynier e Gandemer (1991) a concentração de gordura intramuscular não está relacionada com o metabolismo predominante no músculo, mas sim com a tendência para o músculo acumular células adiposas na área extra-fascicular (Kauffman e Safani, 1967). Apesar de estudos anteriores demonstrarem que o tipo de fibra muscular não se encontra positivamente correlacionado com o teor de gordura intramuscular e com o grau de marmoreado presente no músculo, recentemente Wu *et al.* (2015) referiram que o tipo de fibra regula a percentagem de marmoreado presente no músculo.

Segundo Wu *et al.* (2015), os animais de crescimento rápido apresentam uma maior percentagem de fibras musculares do tipo glicolítico. Durante o crescimento, a percentagem de fibras vermelhas (I e IIA) tende a diminuir e a percentagem de fibras do tipo glicolítico (IIB) aumenta. A conversão das fibras musculares ocorre predominantemente até às 2 semanas após o nascimento. A composição das fibras musculares tende a não se alterar significativamente durante o período de engorda, no entanto o número de fibras do tipo IIB aumenta.

É aceite que tanto o número (hiperplasia) como o tamanho (hipertrofia) das fibras musculares esteja positivamente correlacionado com a taxa de crescimento e com a massa final do músculo (Ryu *et al.*, 2004, Rehfeldt *et al.*, 2008). Porcos com um maior PV exibem uma maior área transversal de músculo e /ou um maior número de fibras musculares do que porcos com menor PV com a mesma idade (Rehfeldt *et al.*, 2008). O aumento do tamanho das fibras, especialmente das fibras do tipo IIB, parece reduzir a capacidade das fibras

musculares em se adaptarem às exigências induzidas pela atividade, que estão muitas vezes associadas a diversos efeitos na suscetibilidade ao “stress” e à qualidade da carne (Karlsson *et al.*, 1999, Barbut *et al.*, 2008, Rehfeldt *et al.*, 2008, Choi *et al.*, 2012).

O músculo LD contém uma grande percentagem de fibras do Tipo IIB (80 a 90 %) e baixa capacidade oxidativa (Karlsson *et al.*, 1993), apresentando usualmente um metabolismo glicolítico anaeróbio de forma a suportar a elevada exigência de energia num curto espaço de tempo (Zhang, *et al.*, 2013).

O porco Alentejano/Ibérico criado em extensivo apresenta nas primeiras etapas de vida um conteúdo de fibras oxidativas (vermelhas) maior que o de outras raças (Mayoral *et al.*, 1995). Estas modificações funcionais das fibras, resultantes do aumento da proporção de fibras vermelhas e da capacidade oxidativa, repercutem-se, por um lado na cor mais escura da carne pela maior presença de mioglobina no músculo (Lawrie, 1988) e por outro, na evolução pós morte do pH. Este está inversamente relacionado com o número de fibras musculares do tipo IIB. Em contraste, o número de fibras do tipo I encontra-se positivamente relacionado com o pH pós morte. O pH já estabilizado (24horas) também se encontra inversamente correlacionado com o número de fibras do tipo IIB, no entanto, diretamente correlacionado com as fibras do tipo IIA. Estes dados indicam que os porcos com maior número de fibras do tipo I e IIA têm uma menor perda por gotejamento, menor luminosidade (coordenada L\*) e um maior pH pós morte. Uma maior CRA foi também observada nos músculos com um maior número de fibras do tipo IIA, resultante de uma relação direta entre o ritmo metabólico pós morte e a perda por gotejamento. Esta perda por gotejamento encontra-se diretamente correlacionada com o aumento da densidade e com o número das fibras do tipo IIB. Por sua vez as fibras do tipo I e IIA apresentam uma relação inversa quanto a este parâmetro e resultam num aumento da CRA. Coerente com estas observações, o valor para a coordenada L\* encontra-se inversamente correlacionado com o número de fibras do tipo I e IIA (Ryu e Kim, 2005).

Segundo Gentry *et al.* (2002a), um menor número de fibras nos músculos está correlacionado com fibras que apresentam uma maior hipertrofia, e este tipo de fibras está associado a uma qualidade da carne inferior. O aumento do diâmetro das fibras do tipo IIB contribui significativamente para a variação da ternura da carne e para um *flavour* anormal (Maltin *et al.*, 1997) e por sua vez, o *flavour* encontra-se relacionado com a percentagem de fibras do tipo I (Nam *et al.*, 2009). Jeong *et al.* (2010) observaram que os parâmetros de CRA estão relacionados com a qualidade sensorial da carne. Por fim, e segundo Choe *et al.* (2008), músculos com maior percentagem de fibras do tipo IIB e menor percentagem de fibras do

tipo I apresentam uma taxa glicolítica maior e como consequência, exibem uma cor pálida e uma maior perda por gotejamento do que outros músculos (PSE).

O exercício físico desenvolvido pelo porco Ibérico aumenta a atividade respiratória por parte das fibras e leva a um aumento do conteúdo de mioglobina e dos depósitos musculares de glicogénio, o que permitirá alcançar nos processos *post-mortem* um pH suficientemente baixo (Huertas, 1990).

No porco Alentejano/Ibérico não foram registados casos de PSE, o que pode ser atribuído à sua marcada rusticidade e carácter acomodatício, e ao tipo de fibras que predominam nos músculos. Pelo contrário, a carne do tipo DFD pode ter importância, já que as condições de transporte e sacrifício dos animais com frequência levam a um esgotamento do glicogénio, originando um pH final elevado (Neves, 1998).

### **3. O COLESTEROL**

O colesterol apresenta uma importância vital para a estrutura e função da membrana celular dos vertebrados (Pujol, 2014). É um lípido com função estrutural essencial para o crescimento tissular, onde participa determinantemente para criar barreiras semipermeáveis entre os diferentes compartimentos celulares, assim como na regulação da fluidez de membrana (Ludke e Lopez, 1999, Ikonen, 2008, Pujol, 2014). Para além da sua função nas membranas celulares, o colesterol é um importante precursor de oxisteróis e de hormonas esteroides como o estrogénio, a testosterona e aldosterona (Pujol, 2014), é um dos constituintes dos ácidos biliares (Rezen *et al.*, 2011) e intervém na síntese de vitamina E (Ludke e Lopez, 1999). O colesterol é abundante no citoplasma das membranas, onde representa tipicamente 20-25% da fração lipídica, com vários fosfolípidos, esfingomielinas e glicolípidos que constituem o restante (Ikonen, 2008).

#### **3.1. Metabolismo do colesterol**

Nos mamíferos, o colesterol pode obter-se através da absorção de colesterol da dieta (via exógena) ou pela síntese *de novo* das células do organismo (via endógena) (Pujol, 2014).

O fígado é o principal órgão regulador da homeostase do colesterol (Lutton, 1990, Osono, 1995). Atua ao nível da captação das lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e dos remanescentes dos quilomicrões da digestão veiculadas pelo sangue, sintetiza colesterol e

sais biliares presentes na bílis e está implicado na excreção do colesterol. O intestino também intervém em muitos aspectos relacionados com a fisiologia do colesterol. Assim, o intestino intervém na homeostase do colesterol no organismo a nível da síntese *de novo*, da sua reabsorção e da sua excreção fecal (Pujol, 2014).

Na verdade todas as células do organismo têm a capacidade de sintetizar colesterol (Pujol, 2014). Destacam-se, além do fígado e do intestino, os testículos, os ovários e o córtex das suprarrenais (Dupont, 2006, Ikonen, 2008).

A homeostase do colesterol representa o balanço entre o seu aumento no organismo (absorção e secreção interna) e a sua diminuição (excreção do colesterol pelas fezes e a biossíntese dos sais biliares) (Lutton, 1990, Osono, 1995). Dado que no processo de homeostase os ácidos biliares são reabsorvidos eficientemente e uma parte do colesterol biliar é reabsorvido no intestino, o balanço global do colesterol depende do equilíbrio entre as entradas e as saídas. Por fim, o colesterol excretado através das fezes vai depender da eficiência da absorção intestinal do colesterol biliar e dietético (Dietschy *et al.*, 1993).

A maior parte do colesterol do organismo é originado em cerca de 70 a 75% pela biossíntese (colesterol endógeno) e apenas 25 a 30% é fornecido pela dieta (colesterol exógeno) (Grundy, 1983, Milles, 1989). Quando a alimentação é rica em colesterol, ocorre uma redução da sua síntese endógena (Milles, 1989). Por outro lado, a redução muito acentuada na ingestão de colesterol pode levar a um aumento da sua síntese a nível endógeno (Harper, 1993).

### Transporte do colesterol no plasma sanguíneo

Na linfa e plasma dos mamíferos, o colesterol e outros lípidos são transportados essencialmente sob a forma de lipoproteínas entre os locais de absorção (trato gastrointestinal) e biossíntese (principalmente fígado e intestino) e os locais de utilização e armazenamento (Miller e Lewis, 1981, Chapman e Forgez, 1985). De forma a ser transportado pelos fluidos biológicos e devido à sua insubibilidade em meio aquoso, o colesterol une-se a fosfolípidos e a proteínas formando as lipoproteínas. Estes complexos são agregados polimoleculares esféricos com uma capa externa hidrossolúvel que contem fosfolípidos, colesterol livre e proteínas de transporte lipídico (apolipoproteínas) e uma parte interna insolúvel com triacilgliceróis e ésteres de colesterol (Pujol, 2014).

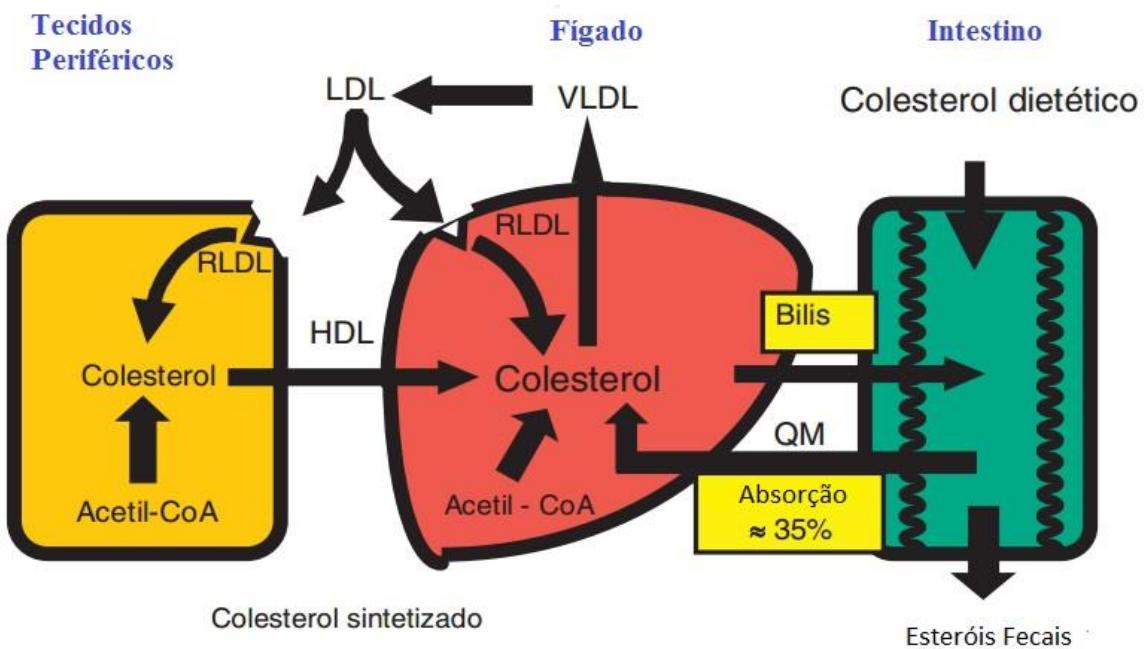
Podemos distinguir 5 grandes grupos de lipoproteínas, em função da sua densidade: quilomicrons, lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL), lipoproteínas de densidade

intermédia (IDL), lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e lipoproteínas de alta densidade (HDL), que apresentam um tamanho e composição química diferentes (Glomset, 1970, Kris-Etherton *et al.*, 1988, Stamford e Moffatt, 2006, Ikonen, 2008) (Quadro I). Regra geral, à medida que aumenta a densidade e diminui o diâmetro das lipoproteínas, vai decrescendo o seu conteúdo em triacilgliceróis e aumentando a sua concentração em proteína, colesterol e fosfolípidos (Chapman, 1980).

**Quadro I. Composição das lipoproteínas (Glomset, 1970)**

	QM	VLDL	IDL	LDL	HDL
<b>Diametro (nm)</b>	500	43	27	26-27	6,5-9,5
<b>Composição (% massa total):</b>					
<b>Proteína</b>	2	10	18	25	55
<b>Triacilgliceróis</b>	85	50	26	10	4
<b>Colesterol</b>	4	20	34	37	17
<b>Fosfolípidos</b>	9	20	22	20	24

As LDL estão encarregues do transporte do colesterol sintetizado no fígado até às células dos tecidos extra-hepáticos, e as HDL transportam o excesso de colesterol dos tecidos de volta para o fígado, onde é utilizado para a síntese dos sais biliares (Stamford e Moffatt, 2006, Ikonen, 2008) (Figura 4).



**Figura 4. Homeostase global do colesterol no organismo  
(Adaptado de Pujol, 2014).**

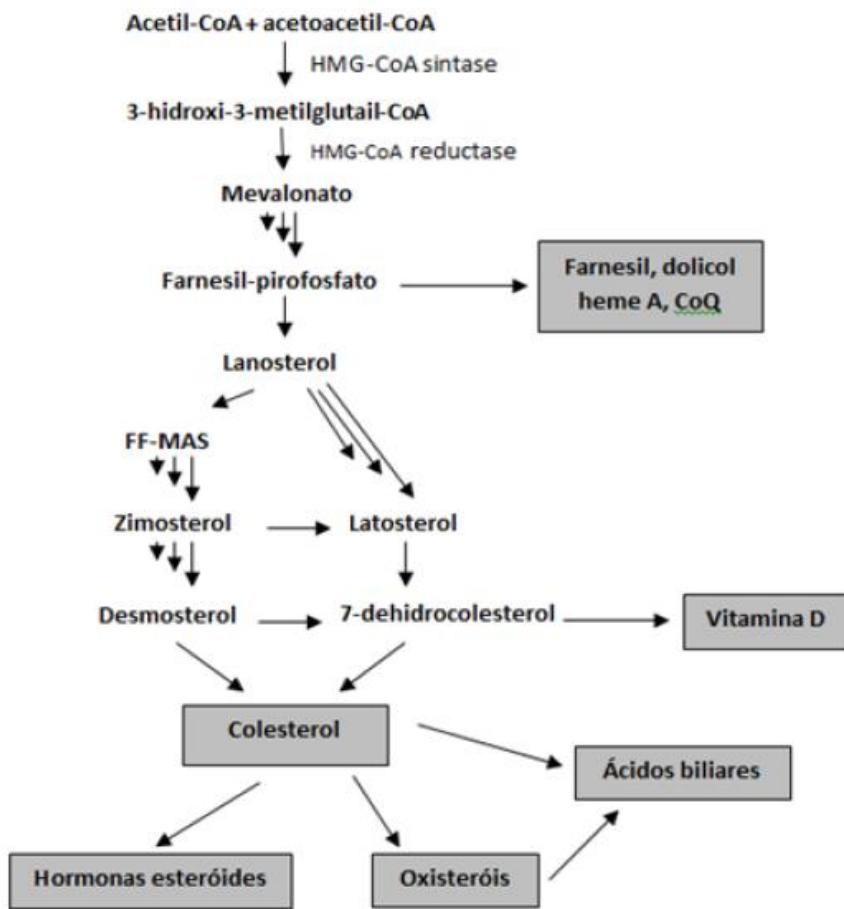
É importante referir que existem diferenças marcadas quanto ao metabolismo das lipoproteínas entre espécies. A título de exemplo, na comparação entre roedores e humanos, verifica-se que os ratos produzem cerca de 40 vezes menos lipoproteínas do tipo LDL no fígado o que leva a que o transporte da maior parte do colesterol plasmático seja mediado através de lipoproteínas do tipo HDL. No Homem, assim como no porco, a principal via de transporte do esterol são as LDL (Chapman e Forgez, 1985), atingindo cerca de 60% do colesterol total plasmático.

## Síntese do colesterol

Como referido anteriormente, todas as células dos mamíferos dispõem da capacidade de sintetizar colesterol. Na grande maioria dos animais são os órgãos extra-hepáticos os responsáveis por esta síntese. Existem três vias para a obtenção de colesterol (Osono *et al.*, 1995):

1. A obtenção de colesterol pela dieta através dos remanescentes dos quilomicrões;
2. A captação do colesterol circulante presente nas LDL através dos tecidos extra-hepáticos mediante os receptores de LDL (rLDL) e captação do colesterol presente nas HDL e dos remanescentes de VLDL através de receptores específicos;
3. Síntese do esteroide a partir do acetil-CoA, controlada pela enzima limitante 3-hidroxi-3-metilglutaril-CoA reductase (HMG-CoAr) através de uma via metabólica complexa (Goldstein e Brown, 1990).

As células nucleadas podem sintetizar colesterol a partir do acetil-CoA através da via do mevalonato. Duas unidades de acetil-CoA são condensadas numa reação química formando acetoacetil-CoA, o qual depois de se ligar a uma terceira unidade de acetil-CoA, dá origem ao 3-hidroxi-3-metilglutaril-CoA (HMG-CoA) pela ação da enzima HMG- CoA sintase. De seguida, a HMG-CoA é convertida em mevalonato pela HMG-CoAr, ocorre a fosforilação e três moléculas de mevalonato são combinadas para produzir uma de farnesil-pirofosfato. O primeiro esterol intermediário nesta via é o lanosterol, o qual é posteriormente sujeito a várias reações enzimáticas para formar colesterol (Dupont, 2006, Ikonen, 2008) (Figura 5).



**Figura 5. Síntese do colesterol**

(Nota: CoQ – Ubiquinona; FF-MAS - Esterol do líquido folicular ativador da meiose)

(Adaptado de Rezen *et al.*, 2011)

Existem mecanismos de regulação para equilibrar a taxa de síntese e a taxa excreção de colesterol de um organismo. Um desequilíbrio nesta regulação pode conduzir a um aumento nos níveis de circulação de colesterol no plasma, bem como à sua acumulação em outros tecidos. A HMG-CoAr está submetida a vários tipos de controlo metabólico, destacando-se mecanismos de “feedback” e de regulação hormonal (Champe e Harvey, 1994). Assim, quando a alimentação é rica em colesterol, ocorre uma redução da sua síntese endógena. Por outro lado, a redução muito acentuada de colesterol na dieta pode aumentar a síntese endógena (Harper, 1993).

As taxas específicas da síntese de colesterol, tanto a nível corporal como a nível dos órgãos, variam também em função da presença de outros lípidos na dieta. Existe uma correlação positiva entre a ingestão de lípidos alimentares e a colesterolémia. No entanto, regimes experimentais contendo ácidos gordos individualizados sugerem que o efeito

hipercolesterolémico dos AG está inversamente relacionado com o tamanho da sua cadeia mas não com o seu grau de saturação. Exceção à regra é a classe dos PUFA, que parece ver a sua influência alterar-se consoante a configuração e o grau de insaturação (Smith, 1998). Tanto os animais como os humanos apresentam um ritmo circadiano de síntese de colesterol, com um pico depois várias horas da ingestão de comida, o qual se encontra regulado segundo diferentes mecanismos moleculares que modulam a expressão de genes associados à síntese do colesterol (Stange, 1985).

### Absorção do colesterol

Devido à insolubilidade e à hidrofobicidade desta molécula, a absorção do colesterol acaba por ser um processo complexo, que para tal, requer vários passos: emulsificação, hidrólise da ligação estér (quando se encontra esterificado) por uma enzima pancreática específica, a solubilização micelar, absorção entérica, reesterificação no citoplasma dos enterócitos e transporte até à linfa pelos quilomicrons (Dietschy, 1993, Cariou *et al.*, 2011).

Além do colesterol obtido pelos alimentos, o colesterol intestinal também procede de 2 fontes endógenas: a bílis e a descamação do epitélio intestinal, que representa uma parte quantitativamente pequena (Pujol, 2014).

O colesterol absorvido tem como destino final o fígado, que é o principal órgão responsável pela produção e diminuição das LDL (Osono *et al.*, 1995, Cariou *et al.*, 2011). As variações do colesterol induzidas pela dieta podem não estar associadas com as variações das concentrações de LDL circulante no plasma sanguíneo. Fatores do tipo dietético, luminais, celulares, biliares, genéticos ou farmacológicos, podem influenciar a taxa de absorção do colesterol a nível intestinal (Xie *et al.*, 1999, Woollett *et al.*, 2006, Wang, 2007). Por exemplo, compostos estruturalmente similares como os fitoesteróis e os estanóis, usualmente presentes na dieta ocidental típica, encontram-se relacionados com uma diminuição da taxa de absorção intestinal do colesterol (Ikeda *et al.*, 1988, Ostlund *et al.*, 2002).

### Excreção do colesterol

O transporte reverso do colesterol consiste no fluxo de colesterol desde os tecidos periféricos até o fígado, mediado principalmente pelas HDL (Leaf, 2003, Trejo-Gutierrez e Fletcher, 2007) e a sua posterior excreção pela bílis, que é libertada no lúmen intestinal, dando lugar à excreção fecal do colesterol. O colesterol pode ser excretado pelas fezes através de

duas formas: como esteróis neutros (colesterol e seus metabolitos intestinais resultantes da degradação bacteriana) e na forma de sais biliares (Pujol, 2014).

Uma outra via para a excreção de colesterol é denominada via de excreção transintestinal de colesterol. Esta via contribui de forma significativa para a excreção de esteróis neutros (Pujol, 2014), através da parte proximal do intestino delgado, cuja capacidade de secretar colesterol constitui uma via de excreção ativa (Van der Velde *et al.*, 2007, Vrins, 2010).

### **3.2. O colesterol e sua repartição em suínos**

Segundo Harris *et al.* (1993) o aumento do teor em colesterol nos tecidos de porcos em crescimento não é geralmente influenciado pela concentração de colesterol a nível linfático ou pela gordura e colesterol presente na dieta. Segundo estes autores, as concentrações de colesterol dos tecidos mantêm-se contantes devido ao resultado da presença do colesterol como componente integral das membranas celulares e pelo equilíbrio dos níveis de colesterol através da sua homeostase pelo fígado e outros tecidos.

O colesterol total representa cerca de 0,2% do peso corporal (Lutton, 1990). Nos suínos, ele representa pelo menos 98% dos esteróis totais dos tecidos e órgãos, com exceção dos pelos e da medula óssea, onde atinge valores inferiores (Aigueperse, 1979). Na maioria dos mamíferos adultos, o seu conteúdo médio varia entre 1 e 2 mg/g de tecido fresco. Em tecidos específicos como o muscular e o cardíaco, essa concentração é geralmente inferior a 1 mg/g. No trato digestivo e eritrócitos, ela encontra-se entre 1 e 2 mg/g, mas no fígado, rins, supra-renais, baço e sistema nervoso, a concentração em colesterol atinge valores mais elevados (Kellogg *et al.*, 1977, Lutton, 1990). Nos suínos, a maior parte encontra-se sob a forma não esterificada (colesterol livre), apesar de no plasma e em órgãos como o fígado, as supra-renais e os ovários, a proporção de colesterol esterificado ser importante. Por fim, os tecidos destes animais contêm concentrações fracas em esteróis percursors do colesterol e em fitosteróis de origem alimentar (< 0,2 mg/g). Os seus pelos são uma exceção, com uma forte proporção do precursor desmosterol (Aigueperse, 1979).

Uma fração mais ou menos importante do colesterol presente nos órgãos, suscetível de se trocar com o colesterol plasmático, é denominada de colesterol móvel ou livre. Esta fração representa apenas 25 a 30% do colesterol total na pele e no cérebro, chegando a atingir 100% nos órgãos, incluindo o fígado (Chevallier, 1967). No suíno, Marsh *et al.* (1972) e Aigueperse (1979) definiram vários grupos de tecidos e órgãos, tendo em conta a rapidez com

que se dá a troca do seu colesterol livre por colesterol livre plasmático: o primeiro, onde tal troca é muito rápida, inclui os pulmões e o fígado; o segundo grupo, muito próximo deste, reúne as supra-renais e a medula óssea; o terceiro, onde as trocas são nitidamente mais lentas, inclui a pele, o tecido adiposo, o intestino delgado, o coração, a aorta, os rins e os ovários; o quarto e último grupo, com trocas muito lentas, inclui o cérebro e a medula espinal.

No músculo LD de porcos cruzados de raças industriais, criados em diferentes condições alimentares e ambientais, e abatidos com diferentes idades e PV, diversos autores (Bohac e Rhee, 1988, Harris *et al.* 1993, Bragagnolo e Rodriguez-Amaya, 2002) obtiveram valores médios de colesterol entre os 42 e os 60,4 mg/100g. Por sua vez, Rey *et al.* (2004) e Brito (2014), para porcos Alentejanos/ Ibéricos encontraram valores de colesterol para o músculo LD entre 35 e 49,89 mg/100g.

No que toca aos valores de CT no plasma sanguíneo de suínos, a informação é reduzida. Contudo, segundo Abreu (2004), para suínos Alentejanos estabulados individualmente, sujeitos à mesma dieta comercial e abatidos aos 100 kg/PV, é referido o valor de 3,17 mmol/L de CT plasmático. Silva, (2005) encontrou valores semelhantes, para Alentejanos sujeitos a sistema intensivo e semi-intensivos, bem como a regimes alimentares diferentes e abatidos ao mesmo PV (valores entre 2,92 e 3,22 mmol/L). Por sua vez, Martins *et al.* (2007) encontraram uma influência do peso vivo no nível de CT de animais da raça Alentejana, alimentados com a mesma dieta e confinados individualmente. Para animais abatidos aos 40, 70, 80, 90, 100 e 110 kg/PV foram encontrados valores de 2,44, 2,84, 2,86, 2,93, 3,17, e 3,04 mmol/L, respetivamente.

### **3.3. O colesterol e a saúde pública**

O colesterol é uma substância complexa que apresenta inúmeras funções no organismo. Problemas no seu metabolismo podem levar a um aumento da sua concentração no sangue e, consequentemente, problemas de saúde. Está comprovado que o consumo de colesterol é um fator de risco para pessoas que apresentam problemas genéticos na regulação do seu metabolismo (Ludke e Lopez, 1999).

Desde a década de 90 que o uso de alimentos com altos níveis de colesterol tem sido condenado pela maioria dos médicos. Este facto levou a que o consumidor passasse a evitar o consumo de alimentos nutritivos como por exemplo, a carne suína que não apresenta teor de colesterol maior do que a carne bovina ou a carne de frango. O problema não se encontra

relacionado diretamente com a carne, mas com o tipo de gordura (monoinsaturada, poliinsaturada ou saturada) que está presente na dieta (Ludke e Lopez, 1999).

Na década de 60, foi demonstrado por Keys *et al.* (1965) e Hegsted *et al.* (1965), que a dieta baseada em AG monoinsaturados, especificamente com a presença do AG oleico, diminuía a concentração de CT no plasma sanguíneo em comparação com uma dieta com AG do tipo saturado. O aumento das LDL é promovido pelo aumento dos AG saturados na dieta cuja ação passa pela inibição dos receptores de LDL, o que acaba por provocar o seu aumento no plasma sanguíneo (Goldstein e Brown, 1977, Spady e Dietschy, 1985, Grundy 1989). Como tal, a presença do oleico acaba por permitir a normal atividade dos receptores de LDL (Grundy, 1989).

Os cálculos biliares e aterosclerose são dois exemplos de doenças associadas a desequilíbrios na homeostase do colesterol e dos ácidos biliares (Piste e Patil, 2006). Existem evidências epidemiológicas de que os AG monoinsaturados presentes na dieta desempenham um efeito benéfico na luta contra o risco de doenças coronárias. Comparando com os AG saturados, os AG monoinsaturados baixam os níveis de CT e LDL, aumentam o colesterol das HDL e diminuem os níveis de triacilgliceróis no plasma sanguíneo (Kris-Etherton, 1999). Os mecanismos pelos quais a gordura monoinsaturada aumenta o colesterol das HDL estão longe de ser compreendidos (Jenkins *et al.*, 2010). O exercício, o consumo moderado de álcool, a perda de peso e o deixar de fumar, encontram-se relacionados com o aumento de HDL no plasma sanguíneo (Trejo-Gutierrez e Fletcher, 2007, Jenkins *et al.*, 2010).

A atividade física regular promove trocas benéficas nas subclasses de lipoproteínas, induzindo a proteção contra doenças cardiovasculares. A atividade física aeróbica induz alterações a nível do plasma sanguíneo, nomeadamente na diminuição de triacilgliceróis e no aumento do colesterol HDL (Sondergaard *et al.*, 2014). Cerca de 3 a 5% da redução do risco de ocorrer uma doença arterial coronária deve-se ao aumento dos níveis de HDL no sangue (Leaf, 2003), pelo que níveis elevados da capacidade de respiração aeróbica estão associados com o aumento da esperança média de vida e com a redução da morte via doença arterial coronária (Lee *et al.*, 2001, Kohl *et al.*, 2001). Estima-se que o exercício regular pode aumentar os níveis de HDL no plasma entre 4 a 43% (Leaf *et al.*, 1997).

## **4. A ATIVIDADE FÍSICA**

A atividade física pode ser definida como “qualquer movimento corporal produzido pelos músculos esqueléticos e resultante num gasto energético” (Bouchard *et al.*, 1990).

As necessidades de sobrevivência, a adaptação do animal em função das condições envolventes, a procura pelo alimento, entre outras, representam parte do quotidiano das atividades realizadas pelos suínos cuja realização é desencadeada via esforço físico.

### **4.1. Exercício aeróbio vs. Anaeróbio**

A energia obtida através dos diferentes alimentos presentes na dieta tem como principal finalidade produzir ATP celular e é dele que provém a energia necessária para todos os processos biológicos, incluindo a atividade física. A produção de energia necessita de ocorrer através de reações sequenciais e não processar-se num só tempo. Assim, o ATP pode ser obtido por três vias distintas (Teixeira *et al.*, 2008):

- Via anaeróbia aláctica;
- Via anaeróbia láctica que só opera a partir da glucose;
- Vias aeróbias que procedem de todos os macronutrientes.

Os dois primeiros modos de produzir energia operam sem necessidade da presença de oxigénio e por isso são denominados anaeróbios, originando oxidações incompletas, ou seja, gerando desperdício. A primeira via não produz ácido láctico pelo que se denomina de via anaeróbia aláctica e a segunda origina ácido láctico pelo que se chama via anaeróbia láctica. O terceiro grupo de mecanismos apenas funciona consumindo oxigénio enquanto decorre e por isso se designa de aeróbio. O exercício aeróbico é aquele em que as vias aeróbias são produzem toda a energia necessária. As vias aeróbicas são vias limpas e as mais económicas, pois ao promoverem a oxidação completa dos substratos, originam como produtos residuais apenas CO<sub>2</sub> e água, facilmente elimináveis. São as vias preferencialmente usadas pelas células para produzir ATP, para a maioria dos fenómenos vitais e para a maioria das atividades motoras. É no interior das mitocôndrias que tem lugar a formação aeróbia do ATP, numa cadeia denominada de transporte de eletrões ou cadeia respiratória (ver Figura 6) (Teixeira *et al.*, 2008).

### Adaptações metabólicas na capacidade de utilização de oxigénio

O aumento da quantidade de oxigénio que se difunde do sangue para as mitocôndrias envolve, em primeiro lugar, um maior aporte sanguíneo e de oxigénio por aumento do número de capilares. Em segundo lugar, o aumento da quantidade de mioglobina facilita a difusão do oxigénio entre o sangue e as mitocôndrias. O exercício de características aeróbicas é igualmente responsável por uma maior capacidade de síntese de ATP com utilização do oxigénio, devido ao aumento do número e tamanho das mitocôndrias e do teor em enzimas necessário aos processos oxidativos. A par destas adaptações, regista-se um declínio da capacidade glicolítica, com redução do número de enzimas da glicólise. Este conjunto de adaptações diminui a participação do metabolismo anaeróbio e reduz a quantidade de ácido láctico produzido para uma mesma intensidade de exercício (Correia e Silva, 2012).

### Adaptações metabólicas na capacidade de utilização da glicose

Os hidratos de carbono na forma de glicose constituem, juntamente com os lípidos, a principal fonte energética do músculo esquelético durante o exercício. Durante a contração muscular, as fibras musculares fazem uso das suas reservas em glicogénio e da glicose em circulação. A proporção de utilização de glicose endógena ou proveniente do plasma está dependente da intensidade e duração do exercício. Esforços de curta duração utilizam quase em exclusivo o glicogénio muscular, aumentando a utilização de glicose exógena à medida que o exercício se prolonga e se vão gastando as reservas musculares. O aumento das reservas de glicogénio pode ser conseguido através de uma dieta rica em hidratos de carbono. Este aumento das reservas de glicogénio muscular, dá-se geralmente apenas nos músculos solicitados pelo exercício e não nos músculos em geral (Correia e Silva, 2012).

### Adaptações metabólicas na capacidade de utilização dos lípidos

O exercício físico aumenta a capacidade do músculo para utilizar lípidos no metabolismo energético. Com o treino aeróbio e para intensidades moderadas de exercício, diminui a utilização de glicose como fonte energética e aumenta a utilização dos AG. Este aumento de utilização é devido a 3 fatores: 1) aumento do número de mitocôndrias, 2) maior capacidade de transporte de AG para o interior das fibras musculares, e/ou 3) aumento da reserva de moléculas lipídicas no interior das fibras musculares (Correia e Silva, 2012).

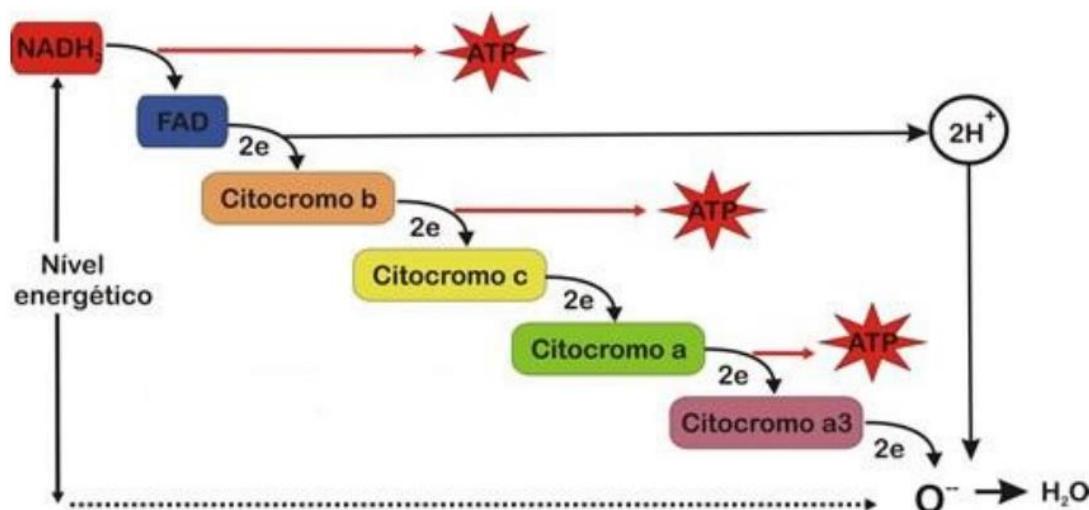
A atividade física faz aumentar a quantidade da enzima lipoproteína lipase (LPL), presente nos capilares, que promove a libertação dos lípidos das lipoproteínas circulantes, o

que disponibiliza uma maior fonte de lípidos a utilizar pelo músculo esquelético. Paralelamente, o exercício físico aumenta a concentração intracelular da proteína de ligação aos lípidos, necessária para o transporte citoplasmático dos AG (Correia e Silva, 2012).

#### 4.1.1. Cadeia de transporte de eletrões ou cadeia respiratória

Em qualquer substância os eletrões podem ter diversos níveis de energia consoante o seu orbital. Quando ocorre uma passagem de uma órbita de maior nível energético, para outra de menor nível energético, ocorre libertação de energia (Teixeira *et al.*, 2008).

O Ciclo de Krebs é o mecanismo responsável pela produção de átomos de hidrogénio dissociados nos seus dois constituintes, ou seja, em protões e eletrões com altos níveis energéticos. Isto consegue-se pela oxidação ou desidrogenação das coenzimas 1 e 2, mediante a ação de enzimas específicas que por esta razão se denominam de desidrogenases. Estes eletrões assim surgidos vão depois passar sequencialmente por uma série de compostos, e a sua ligação a cada um deles é numa órbita de menor nível de energia que no composto anterior, portanto, à medida que os eletrões transitam de composto em composto ocorre libertação de energia. Os compostos em causa são os citocromos e as coenzimas NAD<sup>+</sup> e FAD. Constitui-se assim uma cadeia transportadora de eletrões, com eletrões provenientes de átomos de hidrogénio previamente libertado no Ciclo de Krebs. Cada eletrão destes, quando já vem com baixo nível de energia por a ter perdido nestas sucessivas mudanças de órbita, une-se ao protão de que se havia separado e ao oxigénio para formar água (Teixeira *et al.*, 2008) (Figura 6).

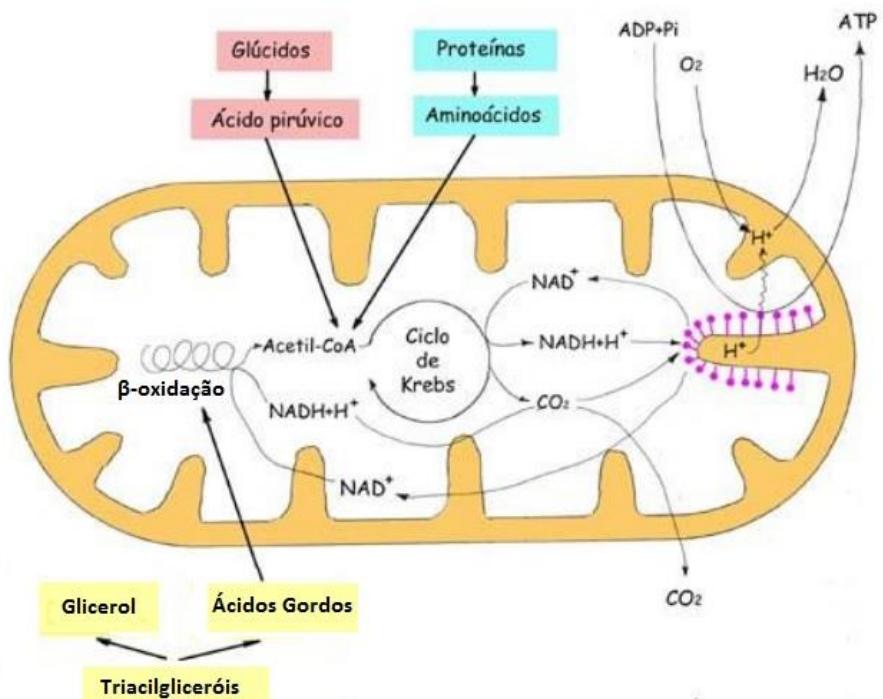


**Figura 6. Cadeia de transporte de eletrões ou cadeia respiratória**  
*(Adaptado de Teixeira *et al.*, 2008).*

É neste transporte de eletrões que é produzida energia. É nisto que consiste a oxidação daqueles substratos: a perda de eletrões. Esta oxidação só pode ocorrer se no final da cadeia houver oxigénio disponível para ser o aceitador final dos eletrões. Em certos passos da cadeia, a energia libertada é suficiente para fosforilar uma molécula de ADP, regenerando-se uma molécula de ATP, pelo que esta cadeia também tem a designação de cadeia de fosforilação oxidativa. Contudo é também importante referir, que em outras passagens, a energia libertada não é suficiente para promover esta fosforilação e apenas se produz calor. É possível realçar que o consumo de oxigénio é proporcional à intensidade do metabolismo e portanto do esforço aeróbio (Teixeira *et al.*, 2008).

#### **4.1.2. Ciclo de Krebs como principal produtor de eletrões livres**

O Ciclo de Krebs é a via bioquímica acima da cadeia respiratória e a sua função é produzir os eletrões para seguidamente serem transportados nessa cadeia, no interior das mitocôndrias. Este ciclo começa e acaba no mesmo composto, o oxaloacetato (ver Figura 7). Uma molécula de oxaloacetato tem quatro carbonos e reage com a acetil-CoA, que pode ser originado da oxidação das gorduras, dos glúcidos e/ou dos prótidos. A acetil-CoA tem dois carbonos e quando se une ao oxaloacetato forma-se um ácido de seis carbonos, o ácido cítrico. A partir daqui há um conjunto de reações em que se libertam eletrões e em que se eliminam duas moléculas de CO<sub>2</sub>, pelo que no final duma volta se regenera o oxaloacetato de quatro carbonos. É aqui que é produzido o CO<sub>2</sub> do metabolismo (Teixeira *et al.*, 2008).



**Figura 7. Ciclo de Krebs e integração de vias aeróbias**

Fonte:[http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/2bachillerato/Fisiologia\\_cellular/contenidos7.htm](http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/2bachillerato/Fisiologia_cellular/contenidos7.htm)

Data de acesso: 14-11-2015

#### 4.1.3. Produção de energia a partir das gorduras

Os macronutrientes ingeridos contribuem para a formação de reservas ou são oxidados até originarem acetil-CoA. A produção de energia através das gorduras dá-se através da degradação oxidativa dos ácidos gordos livres (AGL) pela via da  $\beta$ -oxidação dos AG, estando assim na origem da formação do acetil-CoA. Os ácidos gordos são provenientes ou da alimentação ou dos triacilgliceróis de reserva no tecido adiposo, muscular ou hepático. À mobilização dos triacilgliceróis com libertação de AGL e glicerol dá-se o nome de lipólise. Durante este processo, por cada três moléculas de AGL, liberta-se uma de glicerol, sendo este alvo de oxidação pela via glicolítica. Uma vez libertados, os AGL são submetidos à  $\beta$ -oxidação, processo moroso e complexo. Estas vias lipolíticas só funcionam na presença de oxigénio, e por isso, são vias intramitocondriais. Pelo facto de implicar a travessia da membrana mitocondrial pelos AG e porque a  $\beta$ -oxidação comporta múltiplas reações intermédias, a produção de energia a partir das gorduras é um processo lento, apesar de muito eficiente (Teixeira *et al.*, 2008).

#### **4.2. A atividade física em suínos**

A atividade física encontra-se positivamente correlacionada com o bem-estar do animal. O comportamento desenvolvido pelos animais é uma das características mais importantes, pois é fundamental nas adaptações das funções biológicas e representa a parte do organismo que interage com o ambiente (Snowdon, 1999).

O fornecimento de uma dieta adequada é de uma extrema importância e deve ser baseada num sólido conhecimento das necessidades nutricionais e energéticas em todas as fases de produção. A atividade física em suínos criados ao ar livre, especificamente a energia despendida para a locomoção, pode aumentar consideravelmente a energia requerida para a manutenção, quando comparado com animais confinados (Lachica e Aguilera, 2000).

Segundo McDonald *et al.*, (1988) a energia despendida durante o tempo em que o animal se encontra em pé está longe de ser constante devido ao seu movimento, o baixar e levantar da cabeça e ao comportamento exploratório. Também durante o tempo em que se encontra deitado, as mexidas e mudanças de posição resultam numa produção de calor resultante da produção de energia. Em suínos de crescimento rápido, a atividade física aumenta a produção de calor de 95 (em eventos que duram mais do que 3 a 4 minutos - McDonald *et al.*, 1988, Van Milgen *et al.*, 1997) até 119% (para eventos de curta duração - McDonald *et al.*, 1988). Estes resultados indicam que em porcos em crescimento a contribuição limitada de atividade para a produção total de energia encontra-se mais relacionada com a duração do que o custo energético da atividade (Van Milgen *et al.*, 1997).

Suínos criados em sistemas intensivos e confinados despendem a maioria da sua atividade espontânea mantendo-se de pé, a andar e em lutas sociais. Nestas condições, cerca de 15 a 30% da energia requerida para a manutenção é causada pela atividade física. Por outro lado, em animais criados em sistemas ao ar livre, a energia despendida para a locomoção tende a aumentar o índice de conversão alimentar entre 7 a 10 % (Jakobsen *et al.*, 1994).

Quando abordamos o exercício como tema nos sistemas de produção do porco Alentejano, torna-se necessário caracterizar o sistema de produção tradicional em que o animal está inserido, a montanheira. Uma das qualidades para a vida em pastoreio é a pronunciada sensibilidade que estes animais têm para procurar e selecionar os alimentos, podendo realizar grandes caminhadas, de vários quilómetros, até encontrar o lugar ideal para se alimentar.

O porco Alentejano/Ibérico apresenta uma marcha viva, em linha recta, livre e sem claudicações e obstruções, definindo-se como um bom caminhante e podendo pastorear zonas com um declive muito acentuado quando não estão devidamente saciados (Martin, 1995). O intenso exercício realizado pelos animais durante o pastoreio em montanheira promove a gordura formada, resultante da alimentação rica em hidratos de carbonos, em depósitos de pequeno tamanho, infiltrando-se entre as fibras musculares de todos os músculos do organismo. Esta deposição de gordura é responsável pela ternura apresentada pela carne e pelo gosto e sabor característicos (Carbó e Andrada, 2001).

Segundo Daza *et al.* (2009) a gordura subcutânea e os lípidos neutros presentes no músculo de porcos exercitados e alimentados com bolota, apresentam uma maior percentagem em MUFA e menor percentagem de ácido palmítico e outros SFA quando comparado com o tecido adiposo de animais que estiveram confinados. O facto dos animais exercitados apresentarem uma menor concentração em SFA, nomeadamente de ácido palmítico na gordura subcutânea e apresentarem concentrações mais elevadas de ácidos oleico e linolénico e outros PUFA a nível dos lípidos neutros, pode indicar uma maior atividade da Δ-9 desaturase nos animais exercitados em relação aos animais com um regime mais sedentário. É ainda possível afirmar que o exercício moderado aumenta a atividade enzimática a nível lipídico, contudo não apresenta efeito nas concentrações de α-tocoferol nem na oxidação lipídica a nível muscular.

Os porcos, ao contrário de outras espécies, precisam de bastante energia para manter-se de pé (ARC, 1981, Edwards, 2003). Estima-se que um porco gaste 4,3 kcal EM/kg PV<sup>0,75</sup> por hora para tal função (ARC, 1981). No sistema de produção tradicional, em algumas situações pode ser necessário procurar alimento de forma minuciosa e em algumas ocasiões o animal pode saborear e escolher ao seu gosto, pelo que é normal que o animal passe muito tempo em pé. Como exemplo, para um porco de 140 kg permanecer uma hora extra de pé por dia são necessárias cerca de 175 kcal EM (equivalente a 100 g de bolota ou 300 g de erva) sem considerar os gastos de energia em deslocamento (Carbó e Andrada, 2001).

Segundo Lachica e Aguilera (2000), considera-se que as necessidades energéticas limpas para o deslocamento em terreno plano ou com declive negativo rondem os 0,74 e 0,65 kcal por kg PV e por metro, respetivamente para porcos leves e pesados. Por outro lado, para uma elevada mobilidade, um porco com 140 kg que se desloque cerca de 3 km por dia e suba uma altura de 250 metros, o conjunto das necessidades rondam as 500 kcal EM por dia, equivalente a cerca de 300 g de bolota ou 800 g de erva.

A mobilidade dos porcos no início da montanheira é elevada. Não é fora do comum considerar que existem animais que caminhem cerca de 5 a 8 km por dia para obter alimento nas zonas mais distantes do montado. Contrariamente, no final da montanheira os animais apresentam escassa mobilidade, permanecendo a maior parte do tempo deitados ao sol. As necessidades para o deslocamento, sem considerar o gasto energético de manutenção para o porco se manter de pé, ronda os 2 a 4% das necessidades energéticas totais durante a montanheira (Carbó e Andrada, 2001).

### **III. MATERIAIS E MÉTODOS**

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da atividade física nas características físico-químicas e no perfil lipídico da gordura subcutânea dorsal (GSD) e do músculo *Longissimus dorsi* (LD) do porco Alentejano. Para tal, estabeleceu-se o desenho experimental que passamos a apresentar.

#### **1. Desenho experimental**

Dois grupos experimentais de animais ( $n=10$  por cada grupo) consumindo rações comerciais foram implementados. Um dos grupos foi mantido em parques individuais cobertos ( $\sim 3\text{ m}^2$ ), com atividade física restrita (grupo SE) e o outro foi mantido num parque coletivo com o bebedouro afastado 200 metros da zona dos comedouros, obrigando os animais a deslocações mínimas de 800 metros diários (grupo CE). Todos os animais estavam identificados individualmente através de um brinco. Os animais iniciaram o ensaio com um peso vivo (PV) médio por grupo de  $\sim 87\text{ kg}$  e foram abatidos com peso médio de  $160\text{ kg PV}$ . O ensaio ocorreu nas instalações da Herdade da Mitra, Universidade de Évora, ao longo de 17 semanas.

<hr/> n=10	Atividade Física
<hr/>	
n=10	Estabulados Individualmente
<hr/> Dia 1	Dia 132
<hr/>	
Peso vivo médio (kg)	
<hr/> ~87 kg PV	~160 kg PV

**Figura 8. Desenho experimental**

## **1.1. Animais**

Na experiência foram utilizados animais castrados (neutralização do sexo) de raça Alentejana, inscritos no Livro Genealógico Português de Suínos – Secção Raça Alentejana, nascidos e criados na Herdade do Pigeiro, Sociedade Agrícola da Herdade do Pigeiro, Alandroal.

## **1.2. Alimentos e regimes alimentares**

Durante o primeiro mês de ensaio, os animais foram sujeitos a um regime alimentar constituído por um alimento comercial (Salsicharia Crescimento, ANCPA). Após esta fase, foi administrado outro alimento comercial até ao fim do ensaio (Salsicharia Acabamento, ANCPA) (Quadro II). Ambos os alimentos eram do tipo granulado e foram produzidos pela Nutricampo, Produção de Rações, S.A..

Todos os animais foram alimentados uma vez ao dia, no período da manhã e de forma individual. A quantidade diária de alimento fornecida variou entre 1,5 e 3% do PV do animal, de acordo com o Quadro III.

**Quadro II. Ingredientes e composição química da ração consumida pelos animais no ensaio**

	Crescimento (80-100 kg)	Acabamento (100-160 kg)
<b>Ingredientes (g/100g):</b>		
Milho híbrido	20.000	20.000
Cevada	15.000	40.000
Trigo	33.090	28.635
Sêmea de trigo	9.000	
Bagaço de girassol	8.600	5.940
Bagaço de colza	8.504	
Gordura	2.695	2.160
Sal	0.400	0.400
Fosfato bicálcico	0.665	0.540
Carbonato de cálcio	1.118	1.399
L-lisina	0.374	0.353
DL-metionina		0.009
L-treonina	0.054	0.064
Premix vitamínico e mineral	0.500	0.500
<b>Composição química (g/100g DM):</b>		
Matéria seca (MS) (g/100g)	89,3	89,2
Cinzas totais	5.118	4.596
Proteína bruta (N x 6.25)	14.000	10.500
Lisina	0.814	0.622
Metionina	0.256	0.181
Metionina + cistina	0.589	0.455
Treonina	0.542	0.401
Triptofano	0.162	0.120
Arginina	0.810	0.540
Valina	0.648	0.476
Isoleucina	0.496	0.359
Fibra bruta	5.351	4.473
Fibra neutro detergente (NDF)	17.008	14.970
Fibra ácido detergente (ADF)	6.798	5.403
Lenhina	2.031	1.341
Amido	43.482	50.991
Lípidos totais	4.873	4.254
Ácido palmítico (16:0)	0.812	0.710
Ácido esteárico (18:0)	0.403	0.326
Ácido oleico (18:1n-9)	1.420	1.144
Ácido linoleico (18:2n-6)	1.154	1.094
Ácidos gordos saturados	1.271	1.085
Ácidos gordos insaturados	3.007	2.600
Energia digestível (Kcal/kg)	3228.2	3219.0
Energia metabolizável (Kcal/kg)	3120.0	3129.6
Energia limpa (Kcal/kg)	2350.0	2450.0

**Quadro III. Períodos das quantidades de alimento diário**

<b>Período</b>	<b>Quantidade diária (kg)</b>
Dias 1 e 2	1,5
Dias 2 e 3	1,7
Dia 4	1,9
Dias 5 e 6	2
Dia 7	2,2
Dia 8	2,4
Dias 9 a 15	2,5
Dias 16 a 21	2,6
Dias 22 a 31	2,8
Dias 32 a 62	3
Dias 63 a 75	3,2
Dias 76 a 89	3,5
Dia 90 ao fim do ensaio	3,8

Ambos os grupos experimentais tiveram acesso a água *ad libitum*, o grupo com atividade física por intermédio de um bebedouro comum e o grupo estabulado por tetinas individuais (Figura 9).



**Figura 9. Bebedouro comum (esquerda) e tetinas individuais (direita) para abeberamento dos animais**

### **1.3. Pesagem, ecografias, abate e preparação das carcaças**

No decorrer do ensaio foram efetuadas pesagens aos dois grupos de animais com um intervalo de duas semanas entre as mesmas. As ecografias para cálculo da espessura da GSC e do LD foram realizadas nas semanas 2 e 18 do ensaio, recorrendo a um ecógrafo Esaote, modelo Tringa Linear Vet equipado com uma sonda linear de 5 MHz. A última pesagem foi feita no dia do carregamento para o matadouro. Após 24 horas de repouso, sem alimento e apenas com água disponível, os animais foram abatidos no matadouro de Reguengos de Monsaraz – MAPORAL. Os animais foram abatidos com uma média de 160 kg PV, via insensibilização através de CO<sub>2</sub> seguida de sangria vertical, escaldão, depilação, chamusco e evisceração vertical. Após estes processos, as carcaças foram pesadas e desmanchadas após 2 horas de refrigeração. Na linha de desmancha, foram retirados, pesados e identificados os lombos (*Longissimus dorsi*) de cada meia-carcaça dos animais do ensaio. Foram também retirados, pesados e identificados os fígados e vesículas correspondentes a cada animal.

### **2. Colheita e preparação das amostras**

Para o estudo do tecido muscular, aquando da desmancha das carcaças, foram recolhidas de cada porco, amostras (500 g) do músculo *Longissimus dorsi* (LD) ao nível da última costela. Por outro lado, para o estudo do tecido adiposo subcutâneo foram recolhidas amostras (300 g) da gordura subcutânea dorsal (GSD) também ao nível da última costela. Estas amostras foram identificadas individualmente com o número de cada animal, embaladas em vácuo e congeladas no túnel de refrigeração do matadouro a uma temperatura de -18 °C, antes de serem transportadas para as instalações do Laboratório de Nutrição Animal, Herdade da Mitra, Universidade de Évora.

### **3. Procedimento analítico**

#### **3.1. Composição química bruta**

##### **3.1.1. Humididade**

###### **Tecido muscular**

A humidade foi calculada a partir de uma porção de 10g de amostra triturada que se colocava num cadiño previamente identificado. A amostra era depois misturada com areia tratada e eram adicionados 10 mL de etanol, sendo de seguida colocada na estufa ( $102 \pm 2$  °C) até ocorrer uma estabilização de peso (figura 10). A primeira pesagem efetuou-se após 2 horas de secagem, as posteriores com um intervalo de 30 minutos. Entre as pesagens as amostras arrefeciam cerca de 10 minutos nos exsicadores. Considerou-se a estabilização de peso, quando a diferença entre duas pesagens era inferior a 10 mg. O resultado foi determinado em função da perda de massa da amostra quando submetida à secagem, e pela média aritmética de duas repetições, sendo expresso em percentagem de produto (NP-1614, 2002).



**Figura 10. Amostras de carne antes e após mistura com areia tratada e etanol (esquerda) e arrefecimento nos exsicadores (direita)**

### **Tecido adiposo**

O procedimento analítico foi idêntico ao efetuado para o tecido muscular, tendo no entanto sido apenas considerada uma porção de 5g de amostra. As amostras foram sempre recolhidas na capa interna da amostra de tecido adiposo.

#### **3.1.2. Proteína total**

A determinação do teor em azoto total foi realizada em amostras de 0,5 g, de acordo como método de combustão de Dumas (Método 992.15, AOAC (2011)) num LECO FP-528 Nitrogen/ Protein Determinator (Leco, USA). As análises foram realizadas em duplicado. A média das repetições foi multiplicada pelo fator 6.25 para se obter o valor da % de proteína total.

#### **3.1.3. Lípidos do tecido muscular**

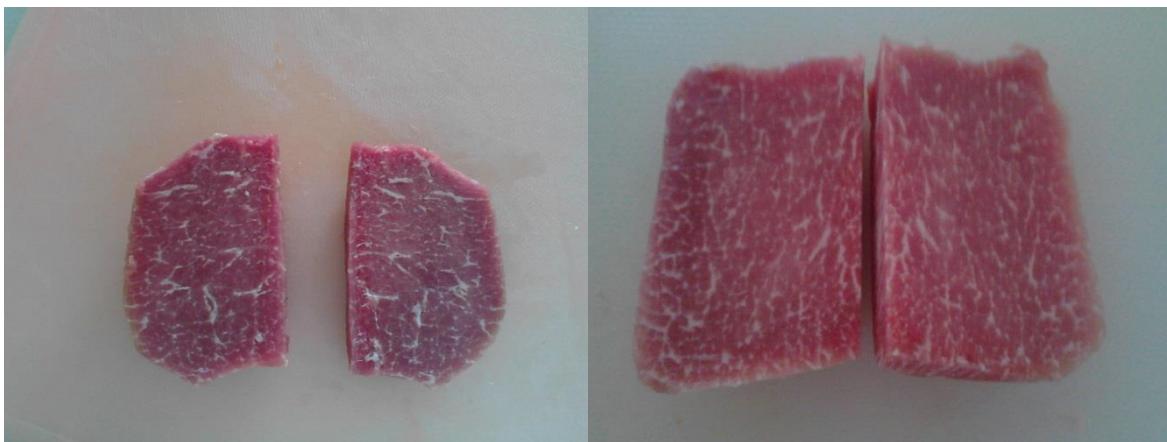
Os lípidos totais do LD foram extraídos de amostras liofilizadas (~1.5 g) com recurso a um extrator ASE Dionex 100 (Dionex Corporation, USA) e a uma mistura de clorofórmio e metanol (60:40, v/v) à qual foi adicionado 100 mg/L do antioxidante BHT. A extração foi realizada a 100°C e 12.4 MPa de pressão.

O extrato obtido foi evaporado num evaporotor Vacobox B-177 (Buchi, Suiça) equipado com um controlador de vácuo B-720 (Buchi, Suiça) e um banho-maria B-480 (Buchi, Suiça). A quantificação do extrato (g/100g de amostra) foi realizada por pesagem dos balões previamente tarados, após 12 h em exsicador. O extrato final foi por fim ressuspenso em hexano (em duplicado) e acondicionado a -30 °C até determinação dos ácidos gordos por cromatografia gasosa.

#### **3.1.4. Lípidos do tecido adiposo**

Os lípidos totais da GSD foram extraídos de amostras (~1 g) por micro-ondas, de acordo com o método de De Pedro *et al.* (1997).

O extrato obtido foi ressuspenso em hexano (em duplicado) e acondicionado a -30 °C até à determinação dos ácidos gordos por cromatografia gasosa.



**Figura 11. Corte horizontal do músculo *Longissimus dorsi***

### **3.2. Composição em ácidos gordos**

A composição em ácidos gordos foi determinada nos lípidos totais intramusculares e na capa interna da amostra de GSD através de uma prévia metilação dos lípidos e posterior análise cromatográfica.

#### **3.2.1. Obtenção dos ésteres metílicos**

De acordo com o procedimento descrito por Bannon *et al.* (1985), aos extratos lipídicos obtidos adicionou-se uma solução de hidróxido de potássio 2N, utilizado como agente catalisador da hidrólise dos triacilgliceróis e agitou-se durante 1 minuto. Após um período de repouso de 6 minutos, o hidróxido de potássio foi neutralizado por adição de igual volume de ácido clorídrico 2N, usando como indicador uma solução aquosa de laranja de metilo 1%.

#### **3.2.2. Identificação e quantificação por cromatografia gasosa**

A análise foi feita por cromatografia gasosa através da utilização de um cromatógrafo Hewlett Packard HP 6890 Series GC System (HP, USA), equipado com um injetor split-splitless, um detector de ionização de chama (FID) e uma coluna capilar SP-2560 (75m x 0.18mm I.D., 0.14 $\mu$ m) (Supelco, USA). O volume de amostra injetado foi 1  $\mu$ L. As condições cromatográficas utilizadas foram as seguintes: temperatura do injetor a 250 °C; temperatura

do detetor a 270 °C; temperatura do forno a 200 °C. O gás de arrasto utilizado foi o H<sub>2</sub>, a um fluxo de 1.2 mL/min.

Os ácidos gordos foram identificados por comparação dos tempos de retenção dos picos da amostra analisada, com os de misturas padrão de composição conhecida (Supelco cat. no. 47801 e 47885-U). Faziam parte das misturas padrão, os ácidos gordos que de acordo com a bibliografia existem em maior quantidade nos lípidos da carne de porco, nomeadamente o mirístico (C14:0), o palmítico (C16:0), o palmitoleico (C16:1), o esteárico (C18:0), o oleico (C18:1), o linoleico (C18:2), o linolénico (C18:3), o eicosamonoenoico (C20:1) e o araquidónico (C20:4).

O teor de ácidos gordos foi expresso em g/100 g do total de ésteres metílicos identificados.

### **3.3. Parâmetros físico- químicos**

#### **3.3.1. pH**

As medições do pH ocorreram diretamente no músculo, após a descongelação, a remoção da gordura envolvente e a Trituração da amostra. A medição foi feita através de um eletródo penetrante Ingold, modelo Lot406-M6-DXK-S7 ligado a um potenciômetro, sendo as medições corrigidas para a temperatura da amostra.

As medições foram feitas em triplicado e o valor de pH foi dado pela média aritmética das medições.

#### **3.3.2. Capacidade de retenção de água (CRA)**

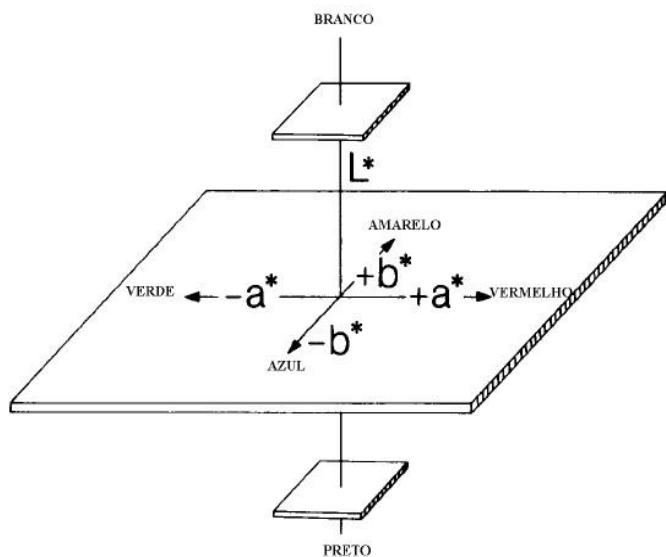
A capacidade de retenção de água foi determinada segundo a técnica de pistometria, baseada no procedimento descrito por Goutefongea (1966). Resumidamente, 5g de amostra triturada foram colocadas entre dois pedaços de papel de filtro Whatman (3 mm), e sujeitas a uma pressão constante com um pistão, durante 2 minutos. O resultado foi expresso em % de água perdida pela amostra, sendo obtida através da diferença de peso antes e após o método, como vem indicado na fórmula (1):

$$(1) \frac{\text{Peso Inicial} - \text{Peso Final}}{\text{Peso Final}} \times 100$$

O procedimento foi efetuado em duplicado por cada amostra de músculo, correspondendo o valor de CRA à respetiva média aritmética.

### 3.3.3. Cor

A cor foi determinada no músculo e GSC através do sistema CIELAB. Foram obtidos os valores de  $L^*$ , que representa a luminosidade e que varia de 0 (preto) a 100 (branco), de  $a^*$ , que, quando é superior a 0 nos dá o vermelho (+a) e se for inferior nos dá o verde (-a), e de  $b^*$  que se for superior a 0 nos dá o amarelo (+b) e se for inferior nos dá o azul (-b) (ver Figura 11). Através destes parâmetros pudemos calcular os seguintes atributos psicométricos: ângulo de tono ou tonalidade ( $\arctg(b^*/a^*)$ ), cromatocidade ou intensidade de cor ( $\sqrt{a^2 + b^2}$ ) e saturação (cromatocidade/ $L^*$ ) (CIE, 1976).



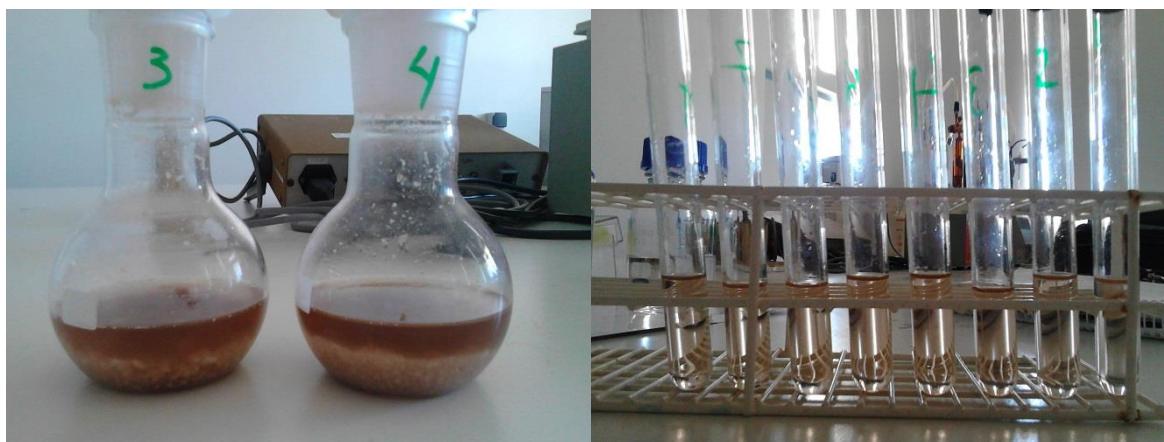
**Figura 12. Espaço de cor CIELAB (adaptado do manual do colorímetro Minolta CR-300)**

Para a determinação foi utilizado um colorímetro Minolta CR-300 (Minolta GmbH, Ahrensburg, Alemanha), com o iluminante D65, sendo realizadas seis medições na zona interna do músculo após este estar descongelado e na zona interna da capa interna do tecido adiposo subcutâneo, estruturalmente intacta.

### 3.3.4. Mioglobina

A determinação da mioglobina do LD iniciou-se com a determinação do seu conteúdo em pigmentos totais pelo método de Hornsey (1956). Este método tem como objetivo a separação do grupo heme da globina de uma amostra de 10 g de músculo triturado. À amostra, adicionaram-se 40 mL de acetona, 2 mL de água destilada e 1 mL de ácido clorídrico (12N), agitou-se e deixou-se em repouso durante uma hora na obscuridade e à temperatura de 4°C. De seguida procedeu-se à filtração com papel de filtro Watman nº 40, fazendo-se depois a leitura num espectrofotômetro à absorbância de 640 nm. O resultado obtido, foi multiplicado pelo fator 0.026 (Cava *et al.*, 2003) para se obter o valor final de mioglobina presente na amostra.

O procedimento foi efetuado em duplicado por cada amostra de músculo, correspondendo o valor de mioglobina à respetiva média aritmética.



**Figura 13. Processo para a quantificação da mioglobina no músculo LD – separação da hematina (sobrenadante)**

### 3.4. Parâmetros sanguíneos

Os níveis plasmáticos de proteína total, glucose, triacilgliceróis, fosfolípidos e cortisol foram determinados com recurso a testes de análise comercialmente disponíveis (Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, Alemanha) em analisadores automáticos (Hitachi 704 e Hitachi 917 Automatic Analyser, Tóquio, Japão). O colesterol total foi determinado num analisador automático (Hitachi 917 Automatic Analyser), por teste enzimático (Roche Diagnostics). As concentrações em colesterol das LDL e das HDL foram também determinadas por testes enzimáticos (Roche Diagnostics) num analisador automático (Hitachi

917 Automatic Analyser). O colesterol das LDL foi determinado de acordo com o método descrito por Nakamura *et al.* (1997) e o das HDL segundo o método descrito por Sugiuchi *et al.* (1995).

### **3.5. Análise estatística**

Os resultados nesta tese são apresentados sob a forma de média  $\pm$  erro padrão.

A análise estatística foi realizada através de uma análise de variâncias univariada (ANOVA) com o software estatístico Statview 5.0 (SAS Institute Inc, Cary, NC, USA). Para os dados de carcaça, o peso da carcaça quente foi introduzido no modelo estatístico como co-variante.

As diferenças foram consideradas significativas quando  $P < 0,05$ .

## **IV. RESULTADOS**

Os animais permaneceram em bom estado de saúde durante o período experimental com exceção de um animal do grupo CE. No caso deste animal, foi detetado um problema do foro respiratório, tendo sido administrado um tratamento antibiótico. Visto esta situação do foro sanitário ter tido repercussões na sua produtividade, este animal foi excluído do tratamento estatístico.

Ao longo do ensaio, no decorrer dos meses de Maio, Junho, Julho, Agosto e Setembro de 2014, os animais experimentais estiveram sujeitos a temperaturas médias de 16,9, 20,3, 23,2, 21,4 e 20,5 °C, e a humidades relativas médias de 52,4, 53,8, 49, 48,7 e 63,8%, respetivamente.

### **1. EFEITO DA ATIVIDADE FÍSICA AERÓBICA SOBRE A PERFORMANCE ZOOTÉCNICA**

#### **1.1. Parâmetros zootécnicos e características de peças de talho e vísceras**

De acordo com os dados expressos na Quadro IV, a média do PV final diferiu significativamente entre os dois grupos ( $P<0,05$ ), apresentando o grupo CE um PV médio superior. O ganho médio diário (GMD) foi também superior ( $P<0,01$ ) nos suínos do grupo CE em relação aos do grupo SE. No entanto, a ingestão voluntária de alimento não diferiu significativamente. Como consequência, o IC foi menor no grupo CE ( $P<0,01$ ) (Quadro IV).

O peso da carcaça quente revelou uma forte tendência para ser superior ( $P=0,05$ ) no grupo CE, tendo-se registado diferenças significativas entre o rendimento da carcaça dos dois grupos experimentais. Neste caso, os animais do grupo CE apresentaram rendimentos de carcaça superiores ( $P<0,05$ ) aos dos do grupo SE. O peso em fresco do lombo, lombinho, fígado e vesicula não foi afetado pelos tratamentos experimentais (Quadro IV).

**Quadro IV. Parâmetros Zootécnico e características de peças de talho e vísceras de suínos alentejanos mantidos em parques individuais (SE) ou com acesso a área de exercício (CE) dos 90 aos 160 kg de peso vivo (PV)**

	SE (n=10)	CE (n=9)	SIG.
<b>Peso final (kg)</b>	160.1 ± 1.0	163.4 ± 0.9	*
<b>Ganho médio diário (GMD) (g/dia)</b>	550.7 ± 7.1	578.7 ± 5.1	**
<b>Ingestão voluntária (IV) (kg/dia)</b>	3.09 ± 0.00	3.09 ± 0.00	NS
<b>Índice de conversão alimentar (IC)</b>	5.63 ± 0.07	5.35 ± 0.05	**
<b>Carcaça quente (kg)</b>	125.1 ± 1.3	129.0 ± 1.3	0.05
<b>Rendimento de carcaça (%)</b>	78.0 ± 0.4	79.1 ± 0.4	*
<b>Lombo (kg)</b>	2.05 ± 0.08	2.05 ± 0.07	NS
<b>Lombinho (g)</b>	237.8 ± 6.6	263.3 ± 13.9	NS
<b>Fígado (kg)</b>	1.81 ± 0.05	1.73 ± 0.02	NS
<b>Vesícula (g)</b>	64.4 ± 6.3	65.6 ± 5.6	NS

Notas: \*\* - P<0.01; \* - P<0.05; NS – Não significativo (P≥0.05).

## **1.2. Parâmetros da espessura do músculo *Longissimus dorsi* e da gordura subcutânea dorsal**

Não foram encontradas diferenças significativas em relação à profundidade da espessura do músculo LD na última semana de ensaio entre os tratamentos experimentais. O incremento da profundidade do músculo LD entre os 90 e os 160 kg PV não foi significativamente afetada pelos tratamentos experimentais. No entanto, verificou-se a existência de diferenças significativas quanto à profundidade da GSD (P<0,05) na última semana de ensaio e ao incremento de profundidade da GSD entre os 90 e os 160 kg PV (P<0,01), apresentando o grupo CE valores superiores em ambos os parâmetros (Quadro V).

**Quadro V. Parâmetros da espessura do músculo *Longissimus dorsi* e da gordura subcutânea dorsal de suínos alentejanos mantidos em parques individuais (SE) ou com acesso a área de exercício (CE) dos 90 aos 160 kg de peso vivo (PV)**

	SE (n=10)	CE (n=9)	SIG.
<b>Profundidade <i>m. Longissimus dorsi</i> (cm)</b>	3.83 ± 0.06	3.94 ± 0.05	NS
<b>Incremento de profundidade <i>m. Longissimus dorsi</i> entre os 90 e os 160 kg PV (cm)</b>	0.99 ± 0.06	1.06 ± 0.06	NS
<b>Profundidade gordura subcutânea dorsal (cm)<sup>4</sup></b>	4.31 ± 0.15	4.72 ± 0.10	*
<b>Incremento de profundidade da GSC entre os 90 e os 160 kg PV (cm)</b>	2.72 ± 0.10	3.10 ± 0.07	**

Notas: \*\* - P<0.01; \* - P<0.05; NS – Não significativo (P≥0.05).

## **2. EFEITO DA ATIVIDADE FÍSICA AERÓBICA SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DO TECIDO ADIPOSO SUBCUTÂNEO DORSAL**

### **2.1. Composição química bruta**

Não foram registadas diferenças significativas para a humidade, proteína total e lípidos totais da GSD entre os tratamentos (Quadro VI)

**Quadro VI. Composição química bruta da gordura subcutânea dorsal de suínos alentejanos mantidos em parques individuais (SE) ou com acesso a área de exercício (CE) 90 aos 160 kg de peso vivo (PV)**

	SE (n=10)	CE (n=9)	SIG.
<b>Gordura subcutânea dorsal</b>			
<b>Humidade (g/100g)</b>	5.35 ± 0.23	5.02 ± 0.15	NS
<b>Proteína total (g/100g)</b>	0.98 ± 0.03	1.02 ± 0.10	NS
<b>Lípidos neutros (g/100g)</b>	93.7 ± 0.3	94.0 ± 0.2	NS

Notas: NS – Não significativo (P ≥ 0.05).

## 2.2. Composição em ácidos gordos

De acordo com os valores apresentados no Quadro VII, para a composição em ácidos gordos da GSD, observou-se uma tendência ( $P=0,08$ ) para o ácido oleico (C18:1) diminuir a sua proporção nos animais do grupo CE, quando comparados com os do grupo SE. Por outro lado, os valores do ácido linoleico (C18:2) variaram significativamente entre os tratamentos ( $P<0.05$ ) observando-se no grupo CE valores superiores aos do grupo SE.

**Quadro VII. Perfil dos ácidos gordos (%) da gordura subcutânea dorsal de suínos alentejanos mantidos em parques individuais (SE) ou com acesso a área de exercício (CE) dos 90 aos 160 kg de peso vivo (PV)**

	SE (n=10)	CE (n=9)	SIG.
<b>14:0</b>	1.27 ± 0.03	1.34 ± 0.05	NS
<b>16:0</b>	24.0 ± 0.1	24.2 ± 0.4	NS
<b>16:1n-7</b>	2.19 ± 0.07	2.24 ± 0.07	NS
<b>18:0</b>	13.0 ± 0.4	13.4 ± 0.3	NS
<b>18:1n-9</b>	48.2 ± 0.5	46.9 ± 0.5	0.08
<b>18:2n-6</b>	8.1 ± 0.2	8.6 ± 0.2	*
<b>18:3n-3</b>	0.76 ± 0.07	0.80 ± 0.04	NS
<b>20:1n-9</b>	1.31 ± 0.05	1.23 ± 0.05	NS
<b>Σ SFA</b>	38.8 ± 0.4	39.6 ± 0.6	NS
<b>Σ MUFA</b>	52.2 ± 0.5	50.9 ± 0.5	0.08
<b>Σ PUFA</b>	9.0 ± 0.2	9.5 ± 0.2	0.06
<b>Σ UFA/SFA</b>	1.58 ± 0.03	1.53 ± 0.04	NS
<b>Σ PUFA/SFA</b>	0.23 ± 0.01	0.24 ± 0.01	NS
<b>Σ n-3</b>	0.76 ± 0.07	0.80 ± 0.04	NS
<b>Σ n-6</b>	8.2 ± 0.2	8.7 ± 0.2	*
<b>Σ n-6/n-3</b>	11.3 ± 0.7	11.2 ± 0.6	NS
<b>Σ n-9</b>	49.7 ± 0.4	48.4 ± 0.5	0.06
<b>Índice de saturação (SAT)<sup>1</sup></b>	2.17 ± 0.04	2.17 ± 0.06	NS
<b>Índice aterogénico (ATH)<sup>2</sup></b>	1.65 ± 0.02	1.65 ± 0.04	NS

Notas: \* -  $P<0.05$ ; NS – Não significativo ( $P\geq0.05$ );

<sup>1</sup> Índice de saturação (SAT) = (14:0+16:0+18:0)/( $\Sigma$ MUFA+ $\Sigma$ PUFA);

<sup>2</sup> Índice aterogénico (ATH) = [12:0+(4x14:0)+16:0]/( $\Sigma$ MUFA+  $\Sigma$ n-6+ $\Sigma$ n-3).

Refletindo o efeito da atividade física no teor em oleico e linoleico, o somatório dos MUFA revelou uma tendência ( $P=0,08$ ) para ser inferior no grupo CE, enquanto, que o dos PUFA revelou um forte tendência ( $P=0,06$ ) para ser superior no mesmo grupo, quando

comparado com o grupo SE. O somatório dos AG n-6 revelou diferenças significativas ( $P<0.05$ ) entre os grupos, sendo superior para o grupo CE. Por sua vez, o somatório dos AG n-9 revelou uma forte tendência ( $P=0,06$ ) para ser inferior no grupo CE.

No restante perfil lipídico não houve quaisquer diferenças significativas.

### **2.3. Cor**

Não foram verificadas diferenças significativas para os valores da cor da GSD entre os tratamentos (Quadro VIII).

**Quadro VIII. Cor da gordura subcutânea dorsal de suínos alentejanos mantidos em parques individuais (SE) ou com acesso a área de exercício (CE) dos 90 aos 160 kg de peso vivo (PV)**

	<b>SE (n=10)</b>	<b>CE (n=9)</b>	<b>SIG.</b>
<b><i>Gordura subcutânea dorsal</i></b>			
<b>Luminosidade (L*)</b>	$80.5 \pm 0.5$	$80.2 \pm 0.5$	NS
<b>Coordenada cromática a*</b>	$4.31 \pm 0.37$	$4.29 \pm 0.31$	NS
<b>Coordenada cromática b*</b>	$4.96 \pm 0.26$	$4.78 \pm 0.31$	NS
<b>Tonalidade<sup>1</sup></b>	$49.6 \pm 1.4$	$48.2 \pm 1.1$	NS
<b>Intensidade da cor (Croma)<sup>2</sup></b>	$6.6 \pm 0.4$	$6.4 \pm 0.4$	NS
<b>Saturação<sup>3</sup></b>	$0.08 \pm 0.01$	$0.08 \pm 0.01$	NS

Notas: NS – Não significativo ( $P\geq 0.05$ );

<sup>1</sup>Tonalidade =  $\text{arctg}(b^*/a^*)$ ;

<sup>2</sup>Intensidade cor (Croma) =  $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ ;

<sup>3</sup>Saturação = Croma/L\*.

### **3. EFEITO DA ATIVIDADE FÍSICA AERÓBICA SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DO TECIDO MUSCULAR**

#### **3.1. Composição química bruta**

Não foram registadas diferenças significativas para a humidade e lípidos intramusculares totais para o LD entre os tratamentos (Quadro IX). No entanto, verificou-se uma forte tendência ( $P=0,06$ ) para a percentagem de proteína total do músculo LD ser superior no grupo CE, quando comparada com a do grupo SE.

**Quadro IX. Composição química bruta do músculo *Longissimus dorsi* de suínos alentejanos mantidos em parques individuais (SE) ou com acesso a área de exercício (CE) 90 aos 160 kg de peso vivo (PV)**

	<b>SE (n=10)</b>	<b>CE (n=9)</b>	<b>SIG.</b>
<b><i>Longissimus dorsi</i></b>			
<b>Humidade (g/100g)</b>	$70.5 \pm 0.4$	$71.1 \pm 0.5$	NS
<b>Proteína total (g/100g)</b>	$20.4 \pm 0.6$	$22.1 \pm 0.6$	0.06
<b>Lípidos intramusculares totais (g/100g)</b>	$7.2 \pm 0.3$	$6.9 \pm 0.2$	NS

Notas: NS – Não significativo ( $P \geq 0.05$ ).

#### **3.2. Composição em ácidos gordos**

De acordo com os valores apresentados no Quadro X para a composição em ácidos gordos do músculo LD, observaram-se diferenças significativas para o ácido palmitoleico (C16:1) e para o ácido linolénico (C18:3) entre os tratamentos ( $P < 0.05$ ), apresentando o grupo CE valores superiores na proporção destes ácidos em comparação com o grupo SE. A percentagem de ácido gadoleico (C20:1) diferiu significativamente ( $P < 0.05$ ) entre os grupos, sendo inferior no grupo CE.

A razão  $\Sigma n-3$  revelou diferenças significativas ( $P < 0.05$ ) entre os grupos sendo superior para o grupo CE.

No restante perfil lipídico não houve quaisquer diferenças significativas.

**Quadro X. Perfil dos ácidos gordos (%)do músculo *Longissimus dorsi* de suínos alentejanos mantidos em parques individuais (SE) ou com acesso a área de exercício (CE) dos 90 aos 160 kg de peso vivo (PV)**

	SE (n=10)	CE (n=9)	SIG.
<b>14:0</b>	$1.45 \pm 0.07$	$1.39 \pm 0.06$	NS
<b>16:0</b>	$23.4 \pm 0.3$	$23.3 \pm 0.2$	NS
<b>16:1n-7</b>	$4.33 \pm 0.11$	$4.69 \pm 0.07$	*
<b>18:0</b>	$10.7 \pm 0.2$	$10.4 \pm 0.1$	NS
<b>18:1n-9</b>	$52.3 \pm 0.3$	$51.8 \pm 0.3$	NS
<b>18:2n-6</b>	$5.1 \pm 0.3$	$5.6 \pm 0.3$	NS
<b>18:3n-3</b>	$0.33 \pm 0.02$	$0.37 \pm 0.01$	*
<b>20:1n-9</b>	$0.76 \pm 0.02$	$0.68 \pm 0.02$	*
<b>20:4n-6</b>	$1.01 \pm 0.12$	$1.13 \pm 0.14$	NS
<b><math>\Sigma</math> SFA</b>	$35.8 \pm 0.4$	$35.4 \pm 0.2$	NS
<b><math>\Sigma</math> MUFA</b>	$57.7 \pm 0.3$	$57.5 \pm 0.2$	NS
<b><math>\Sigma</math> PUFA</b>	$6.4 \pm 0.4$	$7.1 \pm 0.4$	NS
<b><math>\Sigma</math> UFA/SFA</b>	$1.79 \pm 0.03$	$1.82 \pm 0.02$	NS
<b><math>\Sigma</math> PUFA/SFA</b>	$0.18 \pm 0.01$	$0.20 \pm 0.01$	NS
<b><math>\Sigma</math> n-3</b>	$0.33 \pm 0.02$	$0.37 \pm 0.01$	*
<b><math>\Sigma</math> n-6</b>	$6.1 \pm 0.4$	$6.7 \pm 0.4$	NS
<b><math>\Sigma</math> n-6/n-3</b>	$18.7 \pm 1.2$	$18.1 \pm 1.2$	NS
<b><math>\Sigma</math> n-9</b>	$53.2 \pm 0.3$	$52.6 \pm 0.3$	NS
<b>Índice de saturação (SAT)<sup>1</sup></b>	$0.55 \pm 0.01$	$0.54 \pm 0.01$	NS
<b>Índice aterogénico (ATH)<sup>2</sup></b>	$0.46 \pm 0.01$	$0.45 \pm 0.01$	NS

Notas: \* - P < 0.05; NS – Não significativo (P≥0.05);

<sup>1</sup> Índice de saturação (SAT) = (14:0+16:0+18:0)/(ΣMUFA+ΣPUFA);

<sup>2</sup> Índice aterogénico (ATH) = [12:0+(4x14:0)+16:0]/(ΣMUFA+ Σn-6+Σn-3).

### 3.3. Parâmetros físico-químicos

Não foram verificadas diferenças significativas para os valores dos parâmetros físico-químicos do LD entre os tratamentos (Quadro XI).

**Quadro XI. Parâmetros físico-químicos do músculo *Longissimus dorsi* de suínos alentejanos mantidos em parques individuais (SE) ou com acesso a área de exercício (CE) dos 90 aos 160 kg de peso vivo (PV)**

	SE (n=10)	CE (n=9)	SIG.
<b><i>Longissimus dorsi</i></b>			
pH	5.70 ± 0.03	5.70 ± 0.03	NS
Mioglobina (mg/100g)	1.43 ± 0.11	1.56 ± 0.09	NS
Luminosidade (L*)	47.7 ± 0.6	48.9 ± 1.1	NS
Coordenada cromática a*	15.3 ± 0.4	15.2 ± 0.4	NS
Coordenada cromática b*	8.2 ± 0.4	8.6 ± 0.3	NS
Tonalidade <sup>1</sup>	28.3 ± 1.0	29.4 ± 0.8	NS
Intensidade da cor (Croma) <sup>2</sup>	17.4 ± 0.4	17.4 ± 0.5	NS
Saturação <sup>3</sup>	0.36 ± 0.01	0.36 ± 0.01	NS
Perda de água (g/100g)	24.1 ± 1.1	22.4 ± 0.8	NS

Notas: NS – Não significativo ( $P \geq 0.05$ );

<sup>1</sup>Tonalidade =  $\text{arctg}(b^*/a^*)$ ;

<sup>2</sup>Intensidade cor (Croma) =  $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ ;

<sup>3</sup>Saturação = Croma/L\*.

#### **4. EFEITO DA ATIVIDADE FÍSICA AERÓBICA SOBRE OS TEORES DE COLESTEROL**

##### **4.1. Parâmetros plasmáticos**

Os parâmetros plasmáticos foram avaliados ao longo do ensaio, nas semanas 2, 11, 18 e ao abate (semana 19) (ver Quadro XII). Foram medidos parâmetros plasmáticos dos níveis de glucose, proteína total, colesterol total, colesterol das LDL (LDLc), colesterol das HDL (HDLc), triacilgliceróis, fosfolípidos e cortisol. Foi também calculada a relação entre o HDLc e o colesterol total.

## Semana 2 de ensaio

Na segunda semana de ensaio não foram verificadas diferenças significativas para os parâmetros avaliados entre os tratamentos.

## Semana 11 de ensaio

A meio do ensaio a percentagem de CT plasmático revelou uma forte tendência ( $P=0,06$ ) para ser inferior no grupo CE. Esta diferença, bem como o conteúdo em HDLc ligeiramente superior (NS) no grupo CE, levou a que a razão HDLc/CT apresentasse valores significativamente superiores ( $P<0.05$ ) para o grupo CE.

Foram também verificadas diferenças significativas ( $P<0.05$ ) para a média do nível de cortisol plasmático apresentando valores inferiores para o grupo CE.

Para os níveis dos restantes parâmetros plasmáticos observados não foram verificadas diferenças significativas.

## Semana 18 de ensaio

Na última semana do ensaio, a diferença de CT plasmático evoluiu para significativa ( $P<0.05$ ) entre os tratamentos, sendo inferior no grupo CE. Os animais do grupo CE apresentaram uma tendência ( $P=0,06$ ) para a média de LDLc ser inferior em relação ao grupo SE. Por fim, a média da razão HDLc/CT continuou a ser superior ( $P<0.05$ ) para o grupo CE enquanto que, a média de cortisol plasmático continuou a ser inferior ( $P<0.05$ ).

## Abate

Pelos dados recolhidos ao abate, verificou-se que a média de CT plasmático apresentou uma forte tendência ( $P=0.06$ ) para ser inferior nos animais do grupo CE. Tal como verificado nas amostras recolhidas durante a última semana do ensaio, os níveis de LDLc apresentaram uma tendência ( $P=0,08$ ) para ser inferior nos animais do grupo CE em relação ao grupo SE. Por sua vez, a razão entre o HDLc e o CT tornou-se mais pronunciada ( $P<0.01$ ) voltando o grupo CE a apresentar valores superiores.

Desta vez, ao contrário das amostras recolhidas nas fases anteriores, foram registadas diferenças significativas ( $P<0.05$ ) para o nível de triacilgliceróis plasmáticos, apresentando o grupo SE valores superiores.

Ao contrário do registado nas fases anteriores, não foram detetadas diferenças significativas nos níveis de cortisol plasmático, sendo de realçar que o grupo CE apresentou valores superiores (NS) ao contrário do revelado nas fases anteriores.

**Quadro XII. Parâmetros sanguíneos de suínos alentejanos mantidos em parques individuais (SE) ou com acesso a área de exercício (CE) dos 90 aos 160 kg de peso vivo (PV)**

**Tabela 2. Parâmetros sanguíneos de suínos Alentejanos mantidos em parques individuais (SE) ou com acesso a área de exercício (CE) dos 90 aos 160 kg de peso vivo (PV)**

	Segunda semana do ensaio			Meio do ensaio			Última semana de ensaio			Abate		
	SE (n=10)	CE (n=9)	SIG.	SE (n=10)	CE (n=9)	SIG.	SE (n=10)	CE (n=9)	SIG.	SE (n=10)	CE (n=9)	SIG.
<b>Glucose (mmol/L)</b>	4.04 ± 0.08	3.90 ± 0.06	NS	4.49 ± 0.16	4.47 ± 0.16	NS	4.12 ± 0.11	4.22 ± 0.10	NS	6.13 ± 0.20	5.97 ± 0.19	NS
<b>Proteína total (g/L)</b>	77.1 ± 1.0	76.0 ± 0.7	NS	71.6 ± 0.9	71.0 ± 1.3	NS	73.3 ± 0.7	73.5 ± 0.6	NS	75.1 ± 1.0	75.1 ± 1.2	NS
<b>Colesterol total (CT) (mmol/L)</b>	2.87 ± 0.11	2.83 ± 0.08	NS	3.23 ± 0.11	2.96 ± 0.07	0.06	2.92 ± 0.07	2.71 ± 0.07	*	3.18 ± 0.08	2.96 ± 0.08	0.06
<b>Colesterol das LDL (LDLc) (mmol/L)</b>	1.41 ± 0.06	1.41 ± 0.07	NS	1.49 ± 0.03	1.42 ± 0.07	NS	1.38 ± 0.05	1.24 ± 0.04	0.06	1.49 ± 0.07	1.35 ± 0.04	0.08
<b>Colesterol das HDL (HDLc) (mmol/L)</b>	1.40 ± 0.03	1.41 ± 0.05	NS	1.49 ± 0.03	1.53 ± 0.02	NS	1.41 ± 0.02	1.46 ± 0.04	NS	1.48 ± 0.02	1.50 ± 0.04	NS
<b>HDLc/CT (mmol/L)</b>	0.49 ± 0.01	0.50 ± 0.02	NS	0.47 ± 0.02	0.52 ± 0.02	*	0.48 ± 0.01	0.54 ± 0.02	*	0.47 ± 0.01	0.51 ± 0.01	**
<b>Triacilgliceróis (mmol/L)</b>	0.48 ± 0.02	0.44 ± 0.03	NS	0.57 ± 0.07	0.48 ± 0.04	NS	0.59 ± 0.05	0.55 ± 0.04	NS	1.52 ± 0.13	1.08 ± 0.11	*
<b>Fospolípidos (mmol/L)</b>	1.66 ± 0.07	1.67 ± 0.07	NS	2.29 ± 0.09	2.24 ± 0.14	NS	1.84 ± 0.05	1.75 ± 0.07	NS	2.02 ± 0.06	2.04 ± 0.10	NS
<b>Cortisol (mmol/L)</b>	201.5 ± 24.2	147.4 ± 23.0	NS	216.1 ± 30.0	129.4 ± 18.9	*	169.0 ± 23.6	109.8 ± 8.5	*	395.2 ± 36.8	418.7 ± 37.9	NS

Notas: \*\* - P<0.01; \* - P < 0.05; NS – Não significativo (P ≥ 0.05).

## V. DISCUSSÃO

O trabalho experimental efetuado pretendeu examinar o efeito da atividade física em suínos Alentejanos sobre a performance zootécnica, características do tecido adiposo e muscular, bem como sobre determinados parâmetros sanguíneos que ajudassem a caracterizar o metabolismo animal, com especial ênfase no metabolismo do colesterol.

### 1. EFEITO DA ATIVIDADE FÍSICA AERÓBICA SOBRE A PERFORMANCE ZOOTÉCNICA

Em relação aos parâmetros zootécnicos, o grupo CE, quando comparado com o SE, demonstrou resultados mais favoráveis, pois apresentou um maior PV ganho no mesmo espaço de tempo (160,1 kg PV vs 163,4 kg PV) o que nos indica que os animais criados sob o tratamento CE apresentariam uma menor idade ao abate para o mesmo PV. Lopez-Bote *et al.* (2008) não verificaram diferenças significativas do efeito do exercício sobre o PV em porcos Ibéricos, mas Lebret *et al.* (2006) verificaram as mesmas diferenças que foram detetadas neste ensaio.

Os animais do grupo CE apresentaram GMD superiores aos dos animais do grupo SE (550,7 vs. 587,7 g/dia). Uma vez que a IV foi igual para ambos os grupos (Quadro IV), verificou-se que o IC foi menor para os animais do grupo CE: 5,63 vs. 5, 35. Freitas *et al.* (2004), para suínos Alentejanos entre os 37,5 e os 110 kg PV, referem GMD de 498 g/dia com um nível alimentar (NA) de 0,85 x *ad libitum* em regime semi-extensivo. Já Lança (2004) e Silva (2005) apresentam GMD de 446,6 e 466,75 g/dia para animais entre os 35 e os 100 kg PV sujeitos a diferentes níveis alimentares. Martins *et al.* (2015) num estudo com animais sujeitos a regime intensivo e semi-extensivo, obteve valores médios de GMD de 449,5 e 533 g/dia, respetivamente. Lopez-Bote *et al.* (2008) verificaram valores absolutos semelhantes aos constatados neste ensaio para animais abatidos aos 172 kg PV, mas os valores mais elevados de GMD foram detetados nos animais estabulados individualmente e não nos animais obrigados a caminhar pelo menos 2000 m por dia (531,5 vs. 529,9 g/dia, respetivamente). Daza *et al.* (2010) também verificaram valores de GMD superiores para animais estabulados individualmente em comparação animais com acesso a área de exercício. Por sua vez, estudos levados a cabo por Gentry *et al.* (2004) e por Lebret *et al.* (2006) encontram-se de acordo com os verificados neste ensaio. Esta discrepância de resultados vem

comprovar que o efeito da atividade física/exercício nos animais deverá depender de vários factores, entre eles a sua intensidade.

O efeito da atividade física na deposição de proteína pode ter tido um efeito benéfico no grupo CE, uma vez que, a principal diferença entre ambos os tratamentos foi a existência de uma área exterior que induziu à atividade física/exercício. Esta pode ser importante para o bem-estar animal, visto que afeta positivamente o tônus muscular (logo a síntese proteica) e resistência óssea, apesar de aumentar as necessidades energéticas (Edwards, 2003). Além disso, uma maior área disponível para cada animal melhora as condições gerais de ambiente e bem-estar, comportamentais e sociais (Honeyman, 2005, Edwards, 2005) e, consequentemente, diminui as situações de “stress” a que os animais estão sujeitos. Estes factos, juntamente com a linha genética dos animais alvo de ensaio, poderão ter influenciado uma diferente utilização dos nutrientes alimentares, tornando-a mais eficiente nos animais submetidos ao tratamento CE.

O peso de carcaça quente revelou uma forte tendência para ser superior ( $P=0,05$ ) no grupo CE em relação ao grupo SE: 129,0 vs. 125,1 kg. Levando em consideração o peso de abate, também superior no grupo CE, não é claro que esta diferença ao nível das carcaças seja devida ao peso das vísceras. Por outro lado, o rendimento de carcaça também foi significativamente superior no grupo CE. Tal como neste ensaio, Gentry *et al.* (2002b) e Daza *et al.* (2010) verificaram que animais criados sob um regime com acesso a exercício apresentaram um maior rendimento de carcaça. Daza *et al.* (2009) e Lopez-Bote *et al.* (2008) verificaram valores de rendimento de carcaça semelhantes aos nossos em porcos Ibéricos sujeitos a exercício (79% e 79,8% respetivamente), mas quando comparados com os de animais estabulados sem acesso a uma área de exercício, foram inferiores (81,3%).

O peso em fresco das peças de talho ajustado em função do peso de carcaça não demonstrou diferenças significativas entre os tratamentos. Os mesmos resultados foram verificados por Lebret *et al.* (2006) e por Lopez-Bote *et al.* (2008).

Não foram encontradas diferenças significativas em relação aos valores da espessura do músculo LD entre os tratamentos experimentais nem quanto à variação da espessura do músculo ao longo do ensaio. Estes valores encontram-se de acordo com o constatado por Gentry *et al.* (2002b) que concluiu que o exercício não afetou o crescimento do músculo. Provavelmente neste ensaio os animais não se exercitaram o suficiente para que tenham ocorrido diferenças a nível da espessura do músculo LD. Por sua vez, verificou-se a existência de diferenças significativas quanto à espessura da GSD, apresentando o grupo CE valores superiores: 4,31 vs. 4,72 cm. Quanto à variação da espessura da GSD entre os 90 e os 160 kg

PV, foram novamente detetadas diferenças significativas, voltando o grupo CE a apresentar valores superiores: 2,72 vs. 3,10 cm. Nos ensaios de Lopez-Bote *et al.* (2008) e Daza *et al.* (2009) em animais Ibéricos foram encontrados valores de 4,52 cm para animais com acesso a exercício e de 4,42 e 4,43 cm para animais confinados, valores semelhantes aos encontrados neste ensaio. Por sua vez Gondret *et al.* (2005), Lopez-Bote *et al.* (2008) e Daza *et al.* (2009) não verificaram diferenças significativas quanto à espessura da GSD. Já Gnanaraj *et al.* (2002) observaram que porcos sujeitos a exercício apresentaram menor espessura de GSD, enquanto que Gentry *et al.* (2002b) e Lebret *et al.* (2006) verificaram o seu aumento significativo em animais exercitados quando comparados com animais confinados. Perante o resultado encontrado, a melhor explicação para o facto dos animais do grupo CE apresentarem uma maior espessura da GSD encontra-se relacionada com a maior rapidez no ganho de peso e num maior PV destes animais, o que levou a uma maior deposição de gordura, tal como anteriormente verificado por Gentry *et al.* (2002b).

## **2. EFEITO DA ATIVIDADE FÍSICA AERÓBICA SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DO TECIDO ADIPOSO**

Não foram registadas diferenças significativas para a humidade, proteína total e lípidos totais da GSD dos animais experimentais, o que nos leva a crer que o nível de exercício ao qual os animais do grupo CE foram sujeitos não foi suficiente para induzir diferenças na composição físico-química da GSD.

De acordo com os valores apresentados para a composição em ácidos gordos da GSD, observou-se para o ácido oleico uma tendência para apresentar uma proporção inferior ( $P=0,08$ ) no grupo CE em relação ao grupo SE: 46,9 vs. 48,2 %. Por sua vez, os valores do ácido linoleico variaram significativamente entre os tratamentos observando-se no grupo CE valores superiores: 8,1 vs. 8,6 %. Estes valores influenciaram as percentagens de MUFA e de PUFA, inferiores (52,2 vs. 50,9 %) e superiores (9,0 vs. 9,5 %) no grupo CE quando comparado com o grupo SE. Desta forma, o somatório dos AG n-6 apresentou valores superiores para o grupo CE (8,2 vs. 8,7 %) e o somatório dos AG n-9 revelou uma forte tendência ( $P=0,06$ ) para ser inferior no grupo CE (49,7 vs. 48,4 %).

Os resultados obtidos neste ensaio diferem dos resultados obtidos por Rey *et al.* (2006), Carrapiso *et al.* (2007) e Daza *et al.* (2007, 2010), em que foram verificados valores superiores de ácido oleico e de MUFA no tecido adiposo de animais criados em regime semi-extensivo quando comparados com animais em confinamento. Tal como constatado na

bibliografia, a produção de ácido oleico e o nível de insaturação do tecido adiposo do porco são determinados pela dieta e pela insaturação endógena através da enzima Δ9 desaturase (Narváez-Rivas *et al.*, 2009). Dietas ricas em PUFA, bem como altas quantidades de SFA e situações de jejum prolongadas promovem a inibição desta enzima (Martin, 1992). Segundo Daza *et al.* (2010), a ação da enzima Δ-9 desaturase tende a ser superior em porcos criados em regime extensivo, o que sugere que o exercício tem um efeito positivo na atividade desta enzima.

A explicação encontrada para o facto de neste ensaio os animais do grupo CE apresentarem menores valores de oleico encontra-se relacionada com dois fatores: o primeiro deve-se ao facto do ácido oleico ser preferencialmente oxidado quando existem necessidades energéticas que exijam a mobilização lipídica por parte do animal. Uma vez que a locomoção dos suínos neste ensaio é uma atividade que se baseia no metabolismo aeróbico, metabolismo com base no recurso a obtenção de energia através dos lípidos, o ácido oleico acaba por apresentar menores valores nos animais que apresentam necessidades energéticas maiores, neste caso os animais com maior atividade física. O segundo fator encontra-se relacionado com os PUFA que, como referido anteriormente, são considerados como exercendo um efeito inibidor na atividade da Δ-9 desaturase. Assim, a presença significativamente superior de PUFA na GSC dos animais do grupo CE pode ter também contribuído para a redução da monoinsaturação do ácido esteárico (de resto, com uma percentagem ligeiramente superior na gordura dos animais do grupo CE). Tal levaria à diminuição da produção endógena de oleico, não compensando aquele que teria sido utilizado como fonte de energia.

### **3. EFEITO DA ATIVIDADE FÍSICA AERÓBICA SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DO TECIDO MUSCULAR**

Em relação aos parâmetros químicos do músculo LD, não foram registadas diferenças significativas para a humidade e lípidos intramusculares totais entre os tratamentos. Alguns autores (Fernandez *et al.*, 1999, Font-i-Furnols *et al.*, 2012) apontam para um teor mínimo de gordura intramuscular desejável entre 2,5 e 3,5%, de modo a haver uma melhoria na percepção por parte dos consumidores da textura e sabor, afetando assim a aceitabilidade sensorial da carne. No caso do ensaio realizado, verificamos que ambos os tratamentos revelam valores de lípidos intramusculares significativamente maiores que o mínimo desejado, não sendo assim um fator limitante ao nível das suas propriedades sensoriais.

Verificou-se uma forte tendência ( $P=0,06$ ) para a percentagem de proteína total ser superior no grupo CE (20,4 vs. 22,1 g/100g). Esta diferença entre os grupos poderá estar relacionada com o facto dos animais do grupo CE apresentarem um maior GMD demonstrando no final do ensaio um PV superior traduzido num maior rendimento de carcaça. Por outro lado, também indica que nos animais do grupo CE o balanço entre a síntese e o catabolismo proteico foi mais positivo que nos animais do grupo SE. Tal pode estar relacionado com o facto da atividade física desenvolvida pelos animais do grupo CE não ter sido muito pronunciada, induzindo assim um aumento da síntese proteica e minorando o catabolismo muitas vezes presente em esforços físicos intensos (Goldspink, 1991).

De acordo com os valores apresentados para a composição em AG do músculo LD, observaram-se diferenças significativas para o ácido palmitoleico (4,33 vs. 4,69 %) e para o ácido linolénico (C18:3) (0,33 vs. 0,37 %) entre os os grupos SE e CE respetivamente. A percentagem de ácido gadoleico (C20:1) diferiu significativamente (0,76 vs. 0,68 %) entre os grupos sendo inferior no grupo CE. O somatório dos AG n-3 revelou diferenças significativas entre os grupos sendo superior para o grupo CE devido à elevada percentagem ácido linolénico apresentada no LD dos porcos desse grupo.

Daza *et al.* (2009) (2010) encontraram uma maior concentração de ácido linoleico no músculo *Psoas major* tal como verificado no LD no presente estudo. A maior percentagem de ácido palmitoleico pode estar relacionada com a inibição da atividade da Δ-9 desaturase pelos PUFA previamente referida e verificada no grupo CE. Esta inibição levaria à menor utilização de palmitoleico como precursor das reações de elongamento e monoinsaturação conducentes à produção de oleico, com o correspondente acumular do AG nos tecidos.

No restante perfil lipídico do músculo LD não houve quaisquer diferenças significativas. É possível deduzir que a quantidade de exercício não foi suficiente para provocar alterações nos restantes tipos de AG.

Segundo diversos autores (Gentry *et al.*, 2002b, Gentry *et al.*, 2004) animais criados sobre um sistema extensivo apresentam um maior valor da coordenada cromática a\* (cor vermelha) quando comparados com animais criados em confinamento. Este valor pode ser desencadeado pelo aumento do exercício espontâneo desenvolvido por porcos em regime de acabamento numa área com maior espaço (Gentry *et al.*, 2002a). Não foram verificadas diferenças significativas quanto a este e aos restantes parâmetros (pH, mioglobina, parâmetros da cor, perda de água) entre os animais confinados e os com acesso a área de exercício no presente ensaio. No caso da mioglobina, apesar de não se terem verificado diferenças significativas entre os dois tratamentos, a sua concentração foi superior no grupo

CE (1,43 vs 1,56 mg/ 100g). Segundo Lefaucheur (2010), o exercício afeta o teor de pigmentos totais pela conversão do tipo fibras em fibras vermelhas. A ausência de diferenças significativas para estes parâmetros foram verificadas por diversos autores (Carrapiso *et al.*, 2007, Lopez-Bote *et al.*, 2008) validando os resultados neste ensaio quanto à inexistência de diferenças significativas provocadas pelo exercício.

#### **4. EFEITO DA ATIVIDADE FÍSICA AERÓBICA SOBRE OS TEORES DE COLESTEROL**

Alguns parâmetros sanguíneos podem ser usados como indicadores para prever a resistência a doenças, estado sanitário, qualidade da carne e/ou a performance zootécnica do animal (Lingaas, *et al.*, 1992). Por sua vez os níveis de colesterol sanguíneos estão positivamente correlacionados com a deposição de gordura e são indicadores valiosos quanto à composição corporal do animal e não só pelo valor enquanto dados individuais (Taylor, *et al.*, 1992).

A informação sobre a influência do modo de criação sobre os parâmetros sanguíneos mais comuns é escassa para o porco de raça Alentejana. Estudos levados a cabo por alguns autores (Lebret *et al.*, 2006, Daza *et al.*, 2009) não verificaram a existência de diferenças significativas nos parâmetros sanguíneos de animais criados em sistemas de produção diferentes, mas diversos autores (Abreu, 2004, Silva, 2005, Martins *et al.*, 2015) comprovaram tal influência.

Verificou-se na primeira recolha de sangue, à 2<sup>a</sup> semana de ensaio, a inexistência de diferenças quanto aos parâmetros sanguíneos. Tal sugere que os animais se encontravam em estado metabólico semelhante ao início do ensaio. Com o decorrer do tempo, foram detetadas diferenças significativas quanto ao teor em CT plasmático entre os tratamentos, apresentando valores inferiores o grupo CE. O mesmo foi verificado para o teor de LDLc e o de cortisol plasmático.

A razão entre o teor de HDLc e de CT foi superior para o grupo CE. O exercício físico é reconhecido como um fator que aumenta a quantidade de colesterol transportado pelas HDL, tendo efeitos sobre o transporte reverso de colesterol (via HDL) e redução da retenção do cLDL (Leaf, 2003, Sondergaard *et al.*, 2014).

Aquando do abate estas evidências foram novamente confirmadas, acrescidas da existência de diferenças a nível dos triacilgliceróis plasmáticos, apresentando o grupo CE

valores significativamente inferiores, confirmando o efeito do exercício na utilização dos triacilgliceróis como fonte de energia (Sondergaard *et al.*, 2014). Apesar deste grupo ter apresentado ao longo do ensaio valores de triacilgliceróis sempre inferiores aos do grupo SE, só na colheita do abate tal diferença se mostrou significativa. O principal processo fisiológico de obtenção de energia é a contração dos músculos esqueléticos, tendo como fonte primária de energia para a contração aquela produzida pelo metabolismo aeróbico (oxidativo) da glucose, dos lípidos e das proteínas, por esta ordem (Judy, 1984). O maior teor de triacilgliceróis no sangue na altura do abate em ambos os grupos encontra-se relacionada com a necessidade de mobilizar AG com vista à obtenção de energia relacionados com os fatores de “stress” anteriormente mencionados. É de realçar que, apesar de não existirem diferenças significativas quanto ao teor de glucose no sangue entre os dois tratamentos ao longo do ensaio, na altura do abate os níveis de glucose aumentaram. O aumento do teor de glucose plasmática ocorreu em cerca de 42 (CE) e 49% (SE) durante o abate em relação à última recolha efetuada durante o ensaio de campo e pode dever-se ao aumento das necessidades energéticas associadas ao transporte, alojamento e processo de abate.

Por sua vez, os níveis de cortisol apresentaram um comportamento interessante. Apesar de não terem sido detetadas diferenças significativas na semana 2, o grupo CE já apresentava um teor em cortisol plasmático ~37% inferior ao verificado nos animais do grupo SE. Esta diferença acentuou-se na semana 11 (~67%, P<0.05) e voltou a reduzir-se na semana 18 (54%, P<0.05), sugerindo uma adaptação às condições “stressantes” por parte dos animais do grupo SE. Por outro lado, ao contrário do ocorrido durante o período de ensaio, o grupo CE apresentou valores mais elevados de cortisol em relação ao grupo SE na colheita realizada à altura do abate. Tal facto poderá ser associado a uma resposta aguda dos animais do grupo CE às condições de “stress” das operações de abate, mais importante que a dos animais do grupo SE, cujo contacto prévio e prolongado com condições de desconforto podem ter ajudado a minorar tal resposta.

A maior concentração de cortisol plasmático nos animais estabulados encontra-se relacionada com uma situação de desconforto ambiental. Segundo Silva, (2008) os índices zootécnicos e os parâmetros fisiológicos dos animais alojados com uma maior área útil, apresentam valores produtivos mais elevados associados ao bem-estar animal ao qual estão sujeitos. Este factor pode assim estar também associado à melhor performance zootécnica dos animais do grupo CE.

## **5. CONCLUSÕES GERAIS**

Os sistemas de criação extensivos estão associados à saúde, ao bem-estar animal, à sustentabilidade e à segurança alimentar, tornando-se por estas razões altamente desejáveis pelo consumidor.

Neste ensaio foi possível confirmar que a atividade física animal, fator preponderante nos sistemas de produção tradicionais e extensivos do porco Alentejano, influencia o bem-estar animal e os resultados dos parâmetros zootécnicos e bioquímicos. Com base nestes resultados, dever-se-á equacionar os impactos que a intensificação (com a consequente redução do espaço vital de cada animal) poderá ter no bem-estar animal e na qualidade da carne obtida.

Assim, conclui-se que o grupo CE apresentou melhores resultados. A atividade física originou melhores condições de bem-estar animal, o que levou a que os animais apresentassem melhores performances zootécnicas. Podemos comprovar, através dos parâmetros sanguíneos, que os animais do grupo SE apresentaram um maior desconforto ambiental o que levou a que não apresentassem performances zootécnicas semelhantes ao grupo CE. Nesta perspetiva, o sistema CE apresenta maiores vantagens para os produtores, pois os suínos conseguem atingir o mesmo peso de abate em menos tempo e com menores custos de alimentação.

A carne obtida dos animais do grupo CE, quando comparada com a do grupo SE, não apresentou diferenças significativas ao nível da gordura intramuscular, mantendo os seus níveis acima do limiar proposto por Fernandez *et al.* (1999) e Font-i-Furnols *et al.* (2012) de modo a haver uma melhoria na percepção por parte dos consumidores da textura e sabor. Por outro lado, e baseado num metabolismo aeróbico, foram verificadas as hipóteses de Leyton *et al.* (1986) e Bruininx *et al.* (2011). Os AG oleico presente na GSC foi preferencialmente oxidado por parte dos animais que apresentaram maiores necessidades energéticas devido à atividade física. No LD tal não se verificou, mantendo-se os níveis deste AG acima dos 51.8%.

## VI. BIBLIOGRAFIA

- ABREU, R. A. F. (2004). *Efeito do peso ao abate e do sistema de produção em parâmetros plasmáticos e em parâmetros bioquímicos no músculo semi-membranoso e tecido adiposo de suínos de raça alentejana*. Trabalho de fim de curso. Universidade de Évora. 54 pp.
- AIGUEPERSE, J. (1979). *Le système cholestérol du porc*. Thèse d'Etat, Centre Orsay, Université Paris-Sud.
- ALASNIER, C., REMIGNON, H., GANDEMÉR, G. (1996). Lipid characteristics associated with oxidative and glycolitic fibres in rabbit muscles. *Meat Science*, **43**, 213–224.
- ALLEE, G. L., BAKER, D. H., LEVEILLE, G.A. (1971a) Influence of level of dietary fat on adipose tissue lipogenesis and enzymatic activity in the pig. *Journal of Animal Science*, **33**, 1248–1254.
- ALLEE, G., ROMSOS, D., LEVEILLE, G., BAKER, D. (1971b). Influence of age on in vitro lipid biosynthesis and enzymatic activity in pig adipose tissue. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, **137**, 449.
- ALLEN, C.E., FOEDING E.A. (1981). Some lipid characteristics and interactions in muscle foods. A review. *Food Technology*, **35**, 253-257.
- ALLEN, R. E., MERKEL, R.A., YOUNG, R. B. (1979). Cellular aspects of muscle growth: myogenic cell proliferation. *Journal of Animal Science*, **49**, 115-127.
- ANCPA. (s.d.). Associação Nacional dos Criadores do Porco Alentejano. Comunicação pessoal.
- ANDERSON, D. B., KAUFFMAN, R. G., KASTENSCHMIDT, L. L. (1972a). Lipogenic enzyme activities and cellularity of porcine adipose tissue from various anatomical locations. *Journal of Lipid Research*, **13**, 593–599.
- ANDERSON, D.B., KAUFFMAN, R.G., BENEVENGA, N.J. (1972b) Estimate of fatty acid turnover in porcine adipose tissue. *Lipids*, **7**, 488–9.
- ANDRÉS, A.I., CAVA, R., MAYORAL, A.I., TEJEDA, J. F., MORCUENDE, D. E RUIZ, J. (2001). Oxidative stability and fatty acid composition of pig muscles as affected by rearing system, crossbreeding and metabolic type of muscle fibre. *Meat Science*, **59**, 39-47.
- ANDRÉS, A.I., RUIZ, J., MAYORAL, A.I., TEJEDA, J. F., CAVA, R. (2000). Influence of rearing conditions and crossbreeding on muscle colour in Iberian pigs. *Food Science and Technology International*, **6**, 315–321.

- ANDRÉS, A.I., RUIZ, J., VENTANAS, J., TEJEDA, J. F., MAYORAL, A.I. (1999). Muscle fibre types in Iberian pigs: influence of crossbreeding with Duroc breed and rearing conditions. *Annales de Zootechnie*, **48**, 397–405.
- AOAC (2011). Official Methods of Analysis of AOAC International. AOAC, Gaithersburg, MD.
- A. R. C. (1981). The Nutrient Requirements of Pigs. Commonwealth Agricultural Bureaux. Reino Unido.
- BANNON, C., CRASKE, J., HILLIKER, A. (1985). Analysis of fatty acid methyl esters with high accuracy and reliability. IV. Fats with fatty acids containing four or more carbon atoms. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **62**, 1501-1507.
- BARBUT, S., SOSNICKI, A. A., LONERGAN, S.M., KNAPP, T., CIOBANU, D. C., GATCLIFFE, L. J., HUFF-LONERGAN, E., WILSON, E. W. (2008). Progress in reducing the pale, soft, and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat Science*, **79**, 46–63.
- BEE, G., GEBERT, S., & MESSIKOMMER, R. (2002). Effect of dietary energy supply and fat source on the fatty acid pattern of adipose and lean tissues and lipogenesis in the pig. *Journal of Animal Science*, **80**, 1564–1574.
- BERG, J.M., TYMOCZKO, J.L. E STRYKER, L. (2012). Biochemistry. W.H. Freeman, New York.
- BOHAC, C.E., RHEE, K.S. (1988) Influence of animal diet and muscle location on cholesterol content of beef and pork muscles. *Meat Science*, **23**, 71-75.
- BOUCHARD, C., SHEPHARD, R. J., STEPHENS, T., SUTTON, J. R., MCPHERSON, B. D. E. (1990). Exercise, Fitness and Health: A Concensus of Current Knowledge. Champaign, IL: Human Kinetics.
- BRAGAGNOLO, N., RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. (2002) Simultaneous determination of total lipid, cholesterol and fatty acids in meat and backfat of suckling and adult pigs. *Food Chemistry*, **79**, 255–260.
- BRITO, M.R. (2014). *Efeito da suplementação alimentar de betaína no perfil lipídico de dois músculos de suínos Alentejanos*. Tese de Mestrado em Engenharia Zootécnica. Universidade de Évora, Évora, 68 pp.
- BRUININX, E., VAN DEN BORNE, J., VAN HEUGTEN, E., VAN MILGEN, J., VERSTEGEN, M., GERRITS, W. (2011) Oxidation of dietary stearic, oleic, and linoleic acids in growing pigs follows a biphasic pattern. *The Journal of Nutrition*, **141**, 1657 -1663.

- BUCHARLES, C., GIRARD, J.P. (1987). Effet de la localisation anatomique des tissus adipeux de porcs sur leur composition. *Cahier scientifique et technique*, Juin, 523-527.
- CARBÓ, C. B., ANDRADA, A. D. (2001). Capitulo X. Porcino Ibérico: aspectos claves. Ediciones Mundi-Prensa. 224-238.
- CARIOU, B., LE MAY, C., COSTET, P. (2011). Clinical aspects of PCSK9. *Atherosclerosis*, **216**, 258-65.
- CARRAPISO, A. I., BONILLA, F., GARCÍA, C. (2003). Effect of crossbreeding and rearing system on sensory characteristics of Iberian ham. *Meat Science*, **65**, 623 – 629.
- CARRAPISO, A. I., JURADO, Á., MARTÍN, L., GARCÍA, C. (2007). The duration of the outdoor rearing period of pigs influences Iberian ham characteristics. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, **46**, 105–115.
- CASABIANCA, F. (1996). Optimization des systèmes traditionnels du porc méditerranéen. *Produzione Animale*, **IX (III SERIE)**: 51-57.
- CASABIANCA, F., LUCIANI, A. (1989). Caractéristiques de la viande de porc issu d'élevage extensif. I- Qualités technologiques et maturité de la viande. In: *I Colloque de production porcine en Europe Méditerranéenne*. Ajaccio. FranceFrance, 14- 16 novembre 1989..
- CASSENS, R. G., COOPER, C. C. (1971). Red and white muscles. *Advances in Food Research*, **19**, 1–74.
- CAVA, R., ESTÉVEZ, M., RUIZ, J., MORCUENDE, D. (2003). Physicochemical characteristics of three muscles from free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 kg live weight. *Meat Science*, **63**, 533-541.
- CAVA, R., RUIZ, J., LOPEZ-BOTE, C. J., MARTÍN, L., GARCIA, C., VENTANAS, J., ANTEQUERA, T. (1997). Influence of finishing diet on fatty acid profiles of intramuscular lipids, triglycerides and phospholipids in muscles of Iberian pig. *Meat Science*, **45**, 263 – 270.
- CAVA, R., RUIZ, J., VENTANAS, J., ANTEQUERA, T. (1999). Oxidative and lipolytic changes during ripening of Iberian hams as affected by feeding regime: Extensive feeding and alpha-tocopheryl acetate supplementation. *Meat Science*, **52**, 165–172.
- CAVA, R., VENTANAS, J., TEJEDA, J. F., RUIZ, J., ANTEQUERA, T. (2000). Effect of free-range rearing and alpha-tocopherol and copper supplementation on fatty acid

- profiles and susceptibility to lipid oxidation of fresh meat from Iberian pigs. *Food Chemistry*, **68**, 51–59.
- CHAMPE, P.C., HARVEY, R.A. (1994). Lippincott's illustrated reviews: biochemistry, 2. ed. Philadelphia: Lippincott, 443 p.
- CHAPMAN, M. J. (1980). Animal lipoproteins: chemistry, structure, and comparative aspects. *Journal of Lipid Research*, **21**, 789 – 853.
- CHAPMAN, M. J., FORGEZ, P. (1985). Lipid transport systems: some recent aspects in swine, cattle and trout during development. *Reproduction, Nutrition, Development*, **25**, 217 – 226.
- CHEVALLIER, F. (1967). Dynamics of cholesterol in rats, studied by the isotopic equilibrium method. *Advances in Lipid Research*, **5**, 209 – 239.
- CHOE, J. H., CHOI, Y. M., LEE, S. H., SHIN, H. G., RYU, Y. C., HONG, K. C., et al. (2008). The relation between glycogen, lactate content and muscle fiber type composition, and their influence on postmortem glycolytic rate and pork quality. *Meat Science*, **80**, 355–362.
- CHOI, Y. M., JUNG, K. C., CHOE, J. H., KIM, B. C. (2012). Effects of muscle cortisol concentration on muscle fiber characteristics, pork quality, and sensory quality of cooked pork. *Meat Science*, **91**, 490–498.
- CHRISTENSEN, K. (1975). *In vitro* studies on the synthesis of intramuscular fat in the longissimus dorsi muscle of pigs. *Livestock Production Science*, **2**, 59-68.
- CIE (1976). Commission Internationale de l'Eclairage, 18th Session. CIE Publication 36, London, UK.
- COBOS, A., HOZ, L. DE LA, CAMBERO, M.I., ORDÓÑEZ, J.A. (1994). Revisión: Influencia de la dieta animal en los ácidos grasos de los lípidos de la carne. *Revista española de ciencia y tecnología de alimentos*, **34** (1), 35-51.
- CORREIA, A. A. D., CORREIA, J. H. R. (1985) Bioquímica Animal. 2<sup>a</sup> edição. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.
- CORREIA, P. P., SILVA, P. A. (2012). Parte III. Aparelho Locomotor. Função neuromuscular e adaptações à atividade física. Volume 2. Ed. Pedro Pezarat Correia. Faculdade de Motricidade Humana. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. 202-204.
- DAVEY, C.L. (1984). The structure of muscle and its properties as meat. In: Recent advances in the chemistry of meat. (Ed. Allen J. Bailley), *The Royal Society of Chemistry*, UK, 1-21.

- DUBOWITZ, V. (1960). A comparative histochemical study of oxidative enzyme and phosphorylase activity in skeletal muscle. *Histochemie*, **2**, 105–117.
- DAVENEL, A., RIAUBLANC, A., MARCHAL, P., GANDEMÉR, G. (1999). Quality of pig adipose tissue: relationship between solid fat content and lipid composition. *Meat Science*. **51**, 73–79.
- DAZA, A., MENOYO, D., OLIVARES, A., CORDERO, G., LOPEZ-BOTE, C. J. (2007). Effect of Iberian pig feeding system on tissue fatty-acid composition and backfat rheological properties. *Journal of Animal and Feed Sciences*, **16**, 408-419.
- DAZA, A., REY, A.I., OLIVARES, A., CORDERO, G., TOLDRÁ, F., LOPEZ-BOTE, C. J. (2009). Physical activity-induced alterations on tissue lipid composition and lipid metabolism in fattening pigs. *Meat Science*, **81**, 641 – 646.
- DAZA, A., ESTEBAN, M., DE MERCADO, E., GOMEZ, E. (2010). Short communication. Effect of housing system during the finishing period on growth performance and quality fat of Iberian pigs. *Spanish Journal of Agricultural Research*, **8(4)**, 971-975.
- DE PEDRO, E. (1989). Efecto del peso de sacrificio y el sexo sobre la características de la canal de cerdo Iberico. In: *I Colloque de production porcine en Europe Méditerranéenne*, Ajaccio, France, P. 13.
- DE PEDRO, E., CASILLAS, M., MIRANDA, C.M. (1997). Microwave oven application in the extraction of fat from the subcutaneous tissue of Iberian pig ham. *Meat Science*, **45**, 45-51.
- DEL PORTILLO, M., MACARULLA, M. T., RUIZ-GUTIÉRREZ, V. (2000) Importancia de la composición de la grasa dietética en el metabolismo del tejido adiposo. *Grasas y Aceites*, **51**, 461-468.
- DIETSCHY, J.M., TURLEY, S.D., SPADY, D.K. (1993). Role of liver in the maintenance of cholesterol and low density lipoprotein homeostasis in different animal species, including humans. *Journal of Lipid Research*, **34**, 1637-59.
- DOMÍNGUEZ, R., MARTÍNEZ, S., CARBALLO, J., FRANCO, I. (2014). Fatty acid profile and cholesterol and retinol contents in different locations of Celta pig breed. *Grasas y Aceites*. **65**, P. 13.
- DUGAN, L. R. (1986). Fats. Part 2. In: *The Science of meat and meat products*. Ed. By James Price and Bernard Schweigert. 103-114.
- DUPONT, J.L. (2006). Basic Lipidology. In: Moffatt, R.J., Stamford, B. (eds.) *Lipid Metabolism and Health*. Boca Raton, Taylor & Francis Group, LLC, 31-46.
- EDWARDS, S.A. (2003). Intake of nutrients from pasture by pigs. *Proceedings of the Nutrition Society*, **62**, 257–265.

- EDWARDS, S.A. (2005). Product quality attributes associated with outdoor pig production. *Livestock Production Science*, **94**, 5-14.
- EKSTEDT, B., OLIVECRONA, T. (1970) Uptake and release of fatty acids by rat adipose tissue: last in-first out? *Lipids*, **5**, 858–60.
- ENGEL, W. K. (1962). The essentiality of histo- and cytochemical studies in the investigation of neuromuscular disease. *Neurology*, **12**, 778–784.
- FERNANDES, L. S., FREITAS, A. B., D'ABREU, M. C. (2008). Evolução dos sistemas de produção de porco Alentejano e efeitos do aumento de preço dos alimentos compostos na viabilidade económica da atividade. *Revista de Suinicultura*, **78**, 54-63.
- FERNANDEZ, X., MONIN, G., TALMANT, A., MOUROT, J., LEBRET, B. (1999). Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat - 2. Consumer acceptability of m. longissimus lumborum. *Meat science*, **53**, 67–72.
- FLORES, J. Y., NIETO, P. (1985). Composición y características de los lípidos de los tejidos adiposo y muscular del cerdo. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, **25**, (3), 305- 315.
- FONT-I-FURNOULS, M., TOUS, N., ESTEVE-GARCIA, E., GISPERT, M. (2012). Do all the consumers accept marbling in the same way? The relationship between eating and visual acceptability of pork with different intramuscular fat content. *Meat Science*, **91**, 448–453.
- FORREST, J., ABERLE, E., HEDRICK, H., JUDJE, M., MERKEL, R. (1975). Tecido muscular e anejos. In: *Fundamentos de la ciencia de la carne*. Ed. Acribia. 21-69.
- FRANDSON, R.D., SPURGEON, T.L. (1995). Capítulo 8. Anatomía microscópica y fisiología del músculo. Em: *Anatomía y fisiología de los animales domésticos*. (5<sup>a</sup> edición) Nueva Editorial Interamericana-McGraw Hill, 110-131.
- FRAZÃO, T. L. (1965). O porco alentejano. *Boletim pecuário*, **XXXIII**, 5-33.
- FRAZÃO, T.L. (1984). O porco Alentejano melhorado. Boletim Pecuário L, 13-75.
- FREITAS, A. A. G. B. (1998). *Influência do nível e regime alimentar em pré-acabamento sobre o crescimento e desenvolvimento do porco Alentejano e suas repercussões sobre o acabamento em montanheira e com alimento comercial*. Tese de Doutoramento. Universidade de Évora. 305 pp.
- FREITAS, A. A. G. B., NEVES, J., BENTO, P., CHARNECA, R., NUNES, J.T. (2004). Peso óptimo de abate do Porco Alentejano destinado à produção de carne para consumo em fresco. In: *XIII Congresso De Zootecnia*.

- FREITAS, A. A. G. B. (2006) Alimentação em regime extensivo: Raça Suína Alentejana. *IV Jornadas Internacionais de Suinicultura*. 12-13 Maio 2006. UTAD. Vila Real. 12pp.
- FREITAS, A. A. G. B. (2011). Porco Alentejano de Montanheira. Universidade de Évora - Departamento de Zootecnia, Évora.
- FREITAS, A. A. G. B. (2013). Optimização da matéria-prima com base no peso de abate. VII Congresso Mundial do Presunto. Ourique.
- GANDEMÉR, G. (1997). Phospholipides, lipolyse, oxydation et flaveur des produits carnés. *OCL*, **4**, 1-7.
- GANDEMÉR, G. (1999). Lipids and meat quality: lipolysis, oxidation, maillard reaction and flavour. *Science Aliments*, **19**, 439–458.
- GANDEMÉR, G. (2002). Lipids in muscles and adipose tissues, changes during processing and sensory properties of meat products. *Meat Science*, **62**, 309-321.
- GENTRY, J. G., MCGLONE, J. J., BLANTON JR, J. R., MILLER, M. F. (2002a). Impact of spontaneous exercise on performance, meat quality, and muscle fiber characteristics of growing/finishing pigs. *Journal of Animal Science*, **80**, 2833–2839.
- GENTRY, J. G., MCGLONE, J. J., MILLER, M. F., BLANTON JR, J. R. (2002b). Diverse birth and rearing environment effects on pig growth and meat quality. *Journal of Animal Science*, **80**, 1707–1715.
- GENTRY, J. G., MCGLONE, J. J., MILLER, M. F., BLANTON JR, J. R. (2004). Environmental effects on pig performance, meat quality and muscle characteristics. *Journal of Animal Science*, **82**, 209–217.
- GERI, G. (1988). Characteristics of fat and meat quality. In: *Proceedings of the meeting Pig carcass and meat quality*. Università di Bologna. Reggio Emilia, Italy, June 2-3.
- GIRARD, J. P., BOUT, J., SALORT, D. (1988). Lipids et qualités du tissu adipeux, facteurs de variation. *Journées Rech. Porcine en France*, **20**, 255-278.
- GLOMSET, J. A. (1970). Physiological role of lecithin-cholesterol acyltransferase. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **23**, 1129-36.
- GNANARAJ, P. T., SIVAKUMAT, T., ARUNACHALAN, S. (2002). Effect of exercise on carcass traits and blood of growing finishing pigs. *Cheiron*, **31**, 137-139.
- GOLDSPINK, D.F. (1991). Exercise-related changes in protein turnover in mammalian striated muscle. *Journal of Experimental Biology*, **160**, 127-148.
- GOLDSTEIN, J. L., BROWN, M. S. (1977). The low density lipoprotein pathway and its relation to atherosclerosis. *Annual Review of Biochemistry*, **46**, 897-930.

- GOLDSTEIN, J.L., BROWN, M.S. (1990). Regulation of the mevalonate pathway. *Nature*, **343**, 425-30.
- GONDRET, F., COMBES, S., LEFAUCHEUR, L., LEBRET, B. (2005). Effects of exercise during growth and alternative rearing systems on muscle fibers and collagen properties. *Reproduction Nutrition Development*, **45**, 69-86.
- GOUTEFONGEA, R. (1966). Étude comparative de différentes méthodes de mesure du pouvoir de rétention d'eau de la viande de porc. *Annales de Zootechnie*, **15**, 291-295.
- GRAVE, M. M. F. C. (2015). *Características da carcaça em suínos de raça Alentejana e cruzados Large White x Landrace terminados em montanheira*. Tese de Mestrado. Universidade de Lisboa. 100 p.
- GRUNDY, S. M. (1983). Absorption and metabolism of dietary cholesterol. *Annual Reviews of Nutrition*, **3**, 71-96.
- GRUNDY, S. M. (1989). Monounsaturated Fatty Acids and Cholesterol Metabolism: Implications for Dietary Recommendation. *The Journal of Nutrition*, 529 – 533.
- GURR, M. I. (1988). Comparative aspects of nutrient metabolism: lipid metabolism. In: *Comparative Nutrition*, Eds. K. Blaxter and I. Macdonald, pp. 73–90. John Libbey, London.
- HARPER, A. E. (1993). Dietary guidelines challenge animal product consumption. *Feedstuffs*, **August**, 2, p. 13-17.
- HARRIS, K. B., CROSS, H. R., POND, W. G., MESRMANN, H. J. (1993). Effect of dietary fat and cholesterol level on tissue cholesterol concentrations of growing pigs selected for high or low serum cholesterol. *Journal of Animal Science*, **71**, 807–810.
- HEGSTED, D. M., MCGANDY, R. B., MYERS, M. L., STARE, F. I. (1965). Quantitative effects of dietary fat on serum cholesterol in man. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **17**, 281-295.
- HEINZ, G., HAUTZINGER, P. (2007). *Meat processing technology for small- to medium-scale producers*. Bangkok, Food and Agriculture Organization of the United Nations regional office for Asia and the Pacific, 456 pp.
- HENCKEL, P., OKSBJERG, N., ERLANDSEN, E., BARTON-GADE, P., BEJERHOLM, C. (1997). Histo and biochemical characteristics of the longissimus dorsi muscle in pigs and their relationships to performance and meat quality. *Meat Science*, **47**, 311–321.

- HENRY, Y. (1977). Developpement morphologique et métabolique du tissu adipeux chez le porc: influence de la selection, de l'alimentation et du mode d'élevage. *Ann. Biol. anim. Biochim Biophys*, **17**, 923-952.
- HERVIEU, B., HANSEN, B. (2002). How can Research on Food and Agriculture in Europe Better Respond to Citizens' Expectations and Demands?; Science for Society-Science with Society: Brussels, Belgium, p. 32
- HONEYMAN, M. S. (2005). Extensive bedded indoor and outdoor pig production systems in USA: current trends and effects on animal care and product quality. *Livestock Production Science*, **94**, 15–24.
- HOOD, R.L., ALLEN, D. (1973). Lipogenic enzyme activity in adipose tissue during the growth of swine with different properties to fatten. *Journal of Nutriton*, **103**, 353-361.
- HORNSEY, H.C. (1956). The colour of cooked cured pork. I. - Estimation of the Nitric oxide-Haem Pigments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **7**, 534-540.
- HUERTAS, M. C. (1990). *Lipolisis, autooxidacion lipidica y evolucion de los carbonilos y aminas volateis en la maduracion del jamon de Jabugo*. Tesis doctoral. Universidade de Leon.
- IKEDA, I., TANAKA, K., SUGANO, M., VAHOUNY, G.V., GALLO, L.L. (1988). Inhibition of cholesterol absorption in rats by plant sterols. *Journal of Lipid Research*, **29**, 1573-82.
- IKONEN, E. (2008). Cellular cholesterol trafficking and compartmentalization. Nature reviews. *Molecular Cell Biology*, **9**, 125-138.
- JAKOBSEN, K., CHWALIBOG, A., HENCKEL, S., THORBEK, G. (1994). Heat production and quantitative oxidation of nutrients by physical activity in pigs. *Annals of Nutrition and Metabolism*, **38**, 1-7.
- JANSS, L.L.G., VAN ARENDONK, J.A.M. E BRASCAMP, E.W. (1994). Identification of a single gene affecting intramuscular fat in Meishan crossbreds using Gibbs sampling. In Proceedings of the 5th World Congress of Genetics applied to livestock production, Guelph, pp. 361-364.
- JENKINS, D. J. A., CHIAVAROLI, L., WONG , J. M. W., KENDALL, C., LEWIS, G. F., VIDGEN E., CONNELLY, P. W., LEITER, L. A., JOSSE, R. G., LAMARCHE, B. (2010). Adding monounsaturated fatty acids to a dietary portfolio of cholesterol-lowering foods in hypercholesterolemia. *Canadian Medical Association Journal*, **182**, 1961-1967.

- JEONG, D. W., CHOI, Y. M., LEE, S. H., CHOE, J. H., HONG, K. C., PARK, H. C., *et al.* (2010). Correlations of trained panel sensory values of cooked pork with fatty acid composition, muscle fiber type, and pork quality characteristics in Berkshire pigs. *Meat Science*, **86**, 607–615.
- JONES, P. J. H., JEW, S., ABUMWEIS, S. (2008). The effect of dietary oleic, linoleic, and linolenic acids on fat oxidation and energy expenditure in healthy men. *Metabolism*, **57**, 1198–203.
- JOO, S. T., KIM, G.D., HWANG, Y.H., RYU, Y. C. (2013). Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. *Meat Science*, **95**, 828-836.
- JUDY, W. V. (1984). Fisiologia do exercício. In: Fisiologia. 5<sup>a</sup> edição. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 536-557.
- JURIE, C., PICARD, B., GEAY, Y. (1999). Changes in the metabolic and contractile characteristics of muscle in male cattle between 10 and 16months of age. *The Histochemical Journal*, **31**, 117–122.
- KARLSSON, A., ENFALT, A. GUSTAVSSON, B. E., LUNDSTROM, K., RYDHMER, L., STERN, S. (1993). Muscle histochemical and biological properties in relation to meat quality during selection for increased lean tissue growth rate in pigs. *Journal of Animal Science*, **71**, 930-938.
- KARLSSON, A., KLONT, R. H., FERNANDEZ, X. (1999). Skeletal muscle fibres as factors for pork quality. *Livestock Production Science*, **60**, 255-269.
- KAUFFMAN, R. G., SAFANI, A. H. (1967). Influence of porcine muscle structure on its lipid accumulation during growth. *Journal of Food Science*, **32**, 283–286.
- KELLOGG, T.F., ROGERS, R.W., MILLER, H.W. (1977). Differences in tissue fatty acids and cholesterol of swine from different genetic backgrounds. *Journal of Animal Science*, **44**, 47 – 52.
- KEYS, A., ANDERSON, J. T., GRANDE, F. (1965). Serum cholesterol response to changes in the diet. I. Iodine value of dietary fat versus 2S-P. *Metabolism*, **14**, 747-758.
- KLONT, R. E., HULSEGGE, B., HOVING-BOLINK, A. H., GERRITZEN, M. A., KURT, E., WINKELMAN-GOEDHART, H. A., DE JONG, I. C., KRANEN, R. W. (2001). Relationships between behavioral and meat quality characteristics of pigs raised under barren and enriched housing conditions. *Journal of Animal Science*, **79**, 2835–2843.
- KOHL, H. W. (2001). Physical activity and cardiovascular disease: Evidence for a dose response. *Medicine & Science in Sports & Medicine*, **33**, 472-483.

- KOUTSARI, C., SIDOSSIS, L. S. (2003) Effect of isoenergetic low- and high-carbohydrate diets on substrate kinetics and oxidation in healthy men. *British Journal of Nutrition*, **90**, 413–8.
- KRIS-ETHERTON, P. M. (1999). Monounsaturated Fatty Acids and Risk of Cardiovascular Disease. *Circulation*, **14**, 1253 – 1258.
- KRIS-ETHERTON, P. M., P. M., KRUMMEL, D., RUSSELL, M. E., et al. (1988). The effect of diet on plasma lipids, lipoproteins and coronary heart disease. *Journal of the American Dietetic Association*, **v. 88**, p. 1373.
- LACHICA, M., AGUILERA, J. F. (2000). Estimation of energy costs of locomotion in Iberian pig (*Sus Mediterraneus*). *British Journal of Nutrition*, **83**, 35-41.
- LANÇA, M. S. (2004) *Efeito do regime alimentar no crescimento e nas características da carcaça em Porcos de Raça Alentejana*. Trabalho de fim de curso. Universidade de Évora. 74 pp.
- LARICK, D. K., TURNER, B. E. (1990) Flavour characteristics of forage and grain-fed beef as influenced by phospholipid and fatty acid compositional differences. *Journal of Food Science*, **55**, 312-368.
- LAURIDSEN, C., NIELSEN, J. H., HENCKEL, P., SORENSEN, M. T. (1999). Antioxidative and oxidative status in muscles of pigs fed rapeseed oil, vitamin E, and copper. *Journal of Animal Science*, **77**, 105–115.
- LAWRIE, R. (1985). Chemical and biochemical constitution of muscle. In: *Meat Science*. Ed. M.C. Robert Maxwell. Pergamon Press. Oxford. 43.
- LAWRIE, R. (1988). The structural and physiological basis of meat quality with particular reference to pork. In: Proceedings of the meeting, *Pig carcass and meat quality*. Università di Bologna. Reggio Emilia, Italy, June 2-3.73.
- LAWRIE, R. (2005). Ciência da carne (6th ed.). Porto Alegre: Artmed.
- LEAF, D. A. (2003). The effect of physical exercise on reverse cholesterol transport. *Metabolism*, **Vol 52, 8**, 950-957.
- LEAF, D. A., PARKER, D. L., SCHAAD, D. (1997). Changes in VO<sub>2max</sub>, physical activity, and body fat with chronic exercise: Effects on plasma lipids. *Medicine & Science in Sports & Medicine*, **29**, 1152-1159.
- LEBRET, B., MEUNIER-SALAUN, M. C., FOURY, A., MORMÈDE, P., DRANSFIELD, E., DOURMAD, J. Y. (2006). Influence of rearing conditions on performance, behavioral, and physiological responses of pigs to preslaughter handling, carcass traits, and meat quality. *Journal of Animal Science*, **84**, 2436–2447.
- LEBRET, B. (2008). Effects of feeding and rearing systems on growth, carcass composition

- and meat quality in pigs. *Animal*, **2(10)**, 1548-58
- LEE, I-M., SKERRETT, P. J. (2001). Physical activity and all-cause mortality: What is the dose-response relation? *Medicine & Science in Sports & Medicine*, **33**, 459-471.
- LEE, S.H., JOO, S.T., RYU, Y.C. (2010) Skeletal muscle fiber type and myofibrillar proteins in relation to meat quality. *Meat Science*, **86**, 166-170.
- LEE, Y. B., KAUFFMAN, R.G. (1974). Cellularity and Lipogenic Enzyme Activities of Porcine Intramuscular Adipose Tissue. *Journal of Animal Science*, **38**, 532-537.
- LEFAUCHEUR, L. (1989). Les différents types de fibres musculaires chez le porc. Consequences sur la production de viande. *INRA Production Animales*, **2** (3), 205-213.
- LEFAUCHEUR, L. (2010). A second look into fibre typing — Relation to meat quality. *Meat Science*, **84**, 257-270.
- LESEIGNEUR-MEYNIER, A., GANDEMÉR, G. (1991). Lipid composition of pork muscle in relation to the metabolic type of the fibres. *Meat Science*, **29**, 229-241.
- LEYTON, J., DRURY, P. J., CRAWFORD, M. A. (1986). Differential oxidation of saturated and unsaturated fatty acids in vivo in the rat. *British Journal of Nutrition*, **57**, 383-393.
- LINDSAY, D.B. (1983). Growth and fattening. Section 7. In: *Nutritional physiology of farm animals*. Eds J. A. F. Rook and P.C. Thomas, Longman Inc., New York.
- LINGAAS, F., BRUN, E., AARSKAUG, T., HAVRE, G. (1992). Biochemical blood parameters in pigs. 2. Estimates of heritability for 20 blood parameters. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, **109**, 281-290.
- LOPEZ-BOTE, C. J., TOLDRÁ, F., DAZA, A., FERRER, J. M., MENOYO, D., SILIÓ, L., RODRÍGUEZ, M. C. (2008). Effect of exercise on skeletal muscle proteolytic enzyme activity and meat quality characteristics in Iberian pigs. *Meat Science*, **79**, 71-76.
- LUDKE, M. C. M. M., LÓPEZ, J. (1999). Colesterol e composição dos ácidos graxos nas dietas para humanos e na carcaça suína. *Ciência Rural*, Santa Maria, **29**, 181-187.
- LUTTON, C. (1990). Dynamique du cholestérol et des acides biliaires. Aspects comparatifs. *Reproduction, Nutrition, Development*, **30**, 145 – 160.
- MALTIN, C. A., WARKUP, C. C., MATTHEWS, K. R., GRANT, C. M., PORTER, A. D., DELDAY, M. I. (1997). Pig muscle fibre characteristics as a source of variation in eating quality. *Meat Science*, **47**, 237 – 248.

- MARSH, A., KIM, D.N., LEE, K.T., REINER, J.M., THOMAS, W.A. (1972). Cholesterol turnover, synthesis and retention in hypercholesterolemic growing swine. *Journal of Lipid Research*, **13**, 600 – 615.
- MARTIN, A. (1992). Métabolisme intracellulaire des acides gras. In: Les lipides. Dossiers Scientifiques de L'institut Français pour la Nutrition. France. 49-57.
- MARTIN, A. D. P. (1995). El Cerdo Ibérico y Su Entorno. Diputación de Badajoz, Departamento de Publicaciones. Badajoz
- MARTÍNEZ-RAMÍREZ, H.R., DE LANGE, C.F.M. (2011). Oxidation of U-13C-α-linolenic acid is low and independent of body weight and previous nutrition in pigs fed flaxseed containing diets. Section Meeting Abstracts, *Journal of Animal Science*, **89**, E-suppl.2, 48.
- MARTINS, J.M., NEVES, J., FREITAS, A., NUNES, J. (2007). Effects of body weight on some blood plasma parameters of pigs from the Alentejano breed. *Options Méditerranéennes*, **76**, 123-128.
- MARTINS, J.M., NEVES, J., FREITAS, A., NUNES, J. L. T. (2015). Rearing system and oleic acid supplementation effect on carcass and lipid characteristics of two muscles from an obese pig breed. *Animal*, **9**, 1721-30.
- MATEUS, J.M.M. (2001). *Influência da Dieta de Engorda e do Peso de Abate Sobre as Características Físico-químicas dos Tecidos Muscular e Adiposo Subcutâneo do Porco de Raça Alentejana*. Tese de mestrado. Universidade de Évora, Évora, P.81.
- MAYORAL, A. I., VIVO, J. M., GUILLÉN, M. T., REGODÓN, S. (1995). Etude radiologique du membre thoracique chez le porc ibérique en croissance (de la naissance à 16 mois). *Revue Medicine Vétérinaire*, **146**, 255-264.
- MCCOMBICK, R. J. (1992). The flexibility of the collagen compartment of muscle. In: *proceedings of meat Science and technology*, Clermont-Ferrand, France, 51-59.
- MCDONALD, T. P., JONES, D. D., BARRETT, J. R., ALBRIGHT, J. L., MILES, G. E., NIENABER, J. A., HAHN, G. L. Hahn. (1988). Measuring the heat increment of activity in growing-finishing swine. *Transactions of the ASAE*, **31**, 1180-1186.
- MCDONALD, P., EDWARDS, R.A., GREENHALGH, J.F.D., MORGAN, C.A. (2006). Nutrición animal. 6<sup>a</sup> edición. ACRIBIA S.A. Zaragoza, P. 587.
- METZ, S. H. M. (1983). Genetic effects on fat deposition and fat quality in growing lean pigs. In: Fat Quality in Lean Pigs. (Edited by J.P. Wood). Meat Research Institute, Special Report N°2, 1984, 109-115.

- METZ, S. H. M., WIJS, M., DE DEKKER, R.A. (1980). The composition of adipose tissue and its usefulness as a parameter for carcass composition in growing pigs. *Livestock Production Science, Livest. Prod. Sci.* **7**, :291-296.
- MILLES, R.D. (1989). Eggs important in diet, unfairly criticized as heart disease risk. Feedstuffs, **September**, p. 26-51.
- MILLER, G. J., FIELD, R. A., MEDIEROS, L., NELMS, G. E. (1987). Lipid Characteristics in Fresh and Broiled Loin and Round Steaks from Concentrate Fed and Pasture Grazed Steers. *Journal of Food Science*, **52**, 526.
- MILLER, N. E., LEWIS, B. (1981). Lipoproteins, atherosclerosis and coronary heart disease. Elsevier, Amsterdam.
- MIRANDA DO VALE, J. (1949) *Gado Bissulco. Colecção A Terra e o Homem*. Vol.17. Ed. Livraria Sá da Costa, pp. 35-69.
- MONZIOLS, M., BONNEAU, M., DAVENEL, A., KOUBA, M. (2007). Comparison of the lipid content and fatty acid composition of intermuscular and subcutaneous adipose tissues in pig carcasses. *Meat Science*, **76**, 54-60.
- MOTTA, V. F., DE LACERDA, C. A. M. (2012). Beneficial Effects of Exercise Training (Treadmill) on Body Mass and Skeletal Muscle Capillaries/Myocyte Ratio in C57BL/6 Mice Fed High-Fat Diet. *International Journal of Morphology*, **30**, 205–210.
- MOUROT, J., HERMIER, D. (2001). Lipids in monogastric animal meat. *Reproduction, Nutrition, Development*, **41**, 109-118.
- MULLER, E., ROGDAKIS, E. (1985). Genetic regulation of fat metabolism in pigs. In: *36th Annual Meeting of the Study Comission EAAP*, Kallithea, Halkidiki, Greece, 30 Sep. - 3 Oct.
- MURPHY, M. C., ZAMPELAS, A., PUDDICOMBE, S. M., FURLONGER, M. P., MORGAN, L. M., WILLIAMS, C. M. (1993). Pretranslational regulation of the expression of the lipoprotein-lipase gene by dietary fatty acids in the rat. *British Journal of Nutrition*, **70**, 727-736.
- NAKAMURA, M., TANIGUCHI, Y., YAMAMOTO, M., HINO, K., MANABE, M. (1997). Homogenous assay of serum LDL-cholesterol on an automatic analyzer. *Clinical Chemistry*, **43**, 260-261.
- NAM, Y. J., CHOI, Y. M., LEE, S. H., CHOE, J. H., JEONG, D. W., KIM, Y. Y., et al. (2009). Sensory evaluations of porcine *longissimus dorsi* muscle: Relationships with postmortem meat quality traits and muscle fiber characteristics. *Meat Science*, **83**, 731–736.

- NARVÁEZ-RIVAS, M., LEÓN-CAMACHO, M., VICARIO, I.M. (2009). Fatty acid and triacylglycerol composition of the subcutaneous fat from iberian pigs fattened on the traditional feed: "Montanera", Effect of anatomical location and length of feeding, *Grasas y Aceites*, **60**, 238-247.
- NEVES, J.A. COSTA, A.M., NUNES, J.L.T. (1996a). L'effet du genotype sur les caractéristiques finales du jambon traditionel de Barrancos. *Produzione Animale*, **IX**, 235-238.
- NEVES, J. A., SABIO, E., FREITAS, A., E ALMEIDA, J.A.A. (1996b) Déposition des lipides intramusculaires dans le porc Alentejano. L'effet du niveau nutritif pendant la croissance et du régime alimentaire pendant l'engraissement. *Produzione Animale* **9**, 93-97.
- NEVES, J. A. (1998) *Influencia de Engorda em Montanheira sobre as Características Bioquímicas e Tecnológicas da Matéria Prima e do Presunto Curado de Porco Alentejano*. Tese de doutoramento. Universidade de Évora, Évora, 244 pp.
- NEVES, J. A., FREITAS, A., MARTINS, J.M., NUNES, J.L.T. (2010). Physical measures of the carcass and the chemical composition of Longissimus dorsi muscle of Alentejano pigs between 70 and 110 kg LW. *7th International Symposium on Mediterranean Pig*, Universidad de Córdoba, Córdoba, Espanha, 14-16.
- NEVES, J. A., FREITAS, A., MARTINS, J.M., NUNES, J. L. T. (2012). Physical measures of the carcass and the chemical composition of *Longissimus dorsi* muscle of Alentejano pigs between 70 and 110 kg LW. *Options Méditerranéennes*, **101**, 475-478.
- NIETO, R., RIVERA, M., GARCÍA, M. A., AGUILERA, J. F. (2002). Amino acids availability and energy value of acorn in the Iberian pig. *Livestock Production Science*, **77**, 227-239.
- NP-1614 (2002). Meat and Meat Products. Determination of Moisture Content. Reference Method. In: Instituto Português da Qualidade, Lisboa.
- NUNES, J. L. T. (1993). Contributo para a reintegração do porco alentejano no montado. Tese de doutoramento. Universidade de Évora.
- OSONO, Y., WOOLLETT, L.A., HERZ, J., DIETSCHY, J.M. (1995). Role of the low density lipoprotein receptor in the flux of cholesterol through the plasma and across the tissues of the mouse. *The Journal of Clinical Investigation*, **95**, 1124-32.
- OSORIO, E., BODES, F., ALMEIDA, M. (1985). Influencia de la alimentacion del cerdo Ibérico sobre el contenido en acidos grasos de su tejido adiposo. II. Efecto de la suplementacion proteica con harina de soja y montanera. *An. INIA*, **2** (1), 113-130.

- OSTLUND JR, R.E., RACETTE, S.B., OKEKE, A., STENSON, W.F. (2002). Phytosterols that are naturally present in commercial corn oil significantly reduce cholesterol absorption in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **75**, 1000-4.
- PICARD, B., LEFAUCHEUR, L., BERRI, C., DUCLOS, M. J. (2002). Muscle fiber ontogenesis in farm animal species. *Reproduction, Nutrition, Development*, **42**, 415 – 431.
- PISTE, P., PATIL, V. (2006) Cholesterol and Health. Resonance, February, 74-77.
- PUJOL, M.C., (2014). Mecanismos básicos. Absorción y excreción de colesterol y otros esteroles. *Clínica e Investigación en Arteriosclerosis*, **26 (1)**, 41-47.
- RABOT, C., ROSSEAU, F., DUMONT, J. P., REMIGNON, H., GANDEMÉR, G. (1996). Poulets de chair: effects respectifs de l'age et du poids d'abattage sur les caractéristiques lipidiques et sensorielles des muscles. *Viands Prod. Carnés*. **17**, 17-22.
- RACLOT, T., GROSCOLAS, R. (1993) Differential mobilization of white adipose tissue fatty acids according to chain length, unsaturation, and positional isomerism. *The Journal of Lipid Research*, **34**, 1515–26.
- REGULAMENTO LIVRO GENEALOGICO PORCO ALENTEJANO (2014) - Vrs 22.03 V1.
- REHFELDT, C., HENNING, M., FIELDER, I., (2008). Consequences of pig domestication for skeletal muscle growth and cellularity. *Livestock Science*, **116**, 30–41.
- REMACLE, C., HAUSER, N. (1989). The aging fat cell. *Journal. American Geriatrics Society*, **37**, 1171-1187.
- REY, A. I., LOPEZ-BOTE, C. J., BUCKLEY, J. D. (2004). Effect of feed on cholesterol concentration and oxidation products development of *longissimus dorsi* muscle from Iberian pigs. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, **43**, 69–83.
- REY, A. I., DAZA, A., LÓPEZ CARRASCO, C., LOPEZ-BOTE, C. J. (2006). Feeding Iberian pigs with acorns and grass in either free-range or confinement affects the carcass characteristics and fatty acids and tocopherols accumulation in *longissimus dorsi* muscle and backfat. *Meat Science*. **73**, 66-74.
- REZEN, T., ROZMAN, D., PASCUSSI, J., MONOSTORY, K. (2011). Interplay between cholesterol and drug metabolism. *Biochimica et Biophysica Acta*, **1814**, 146-160.
- RIJNEN, M.M.J.A. (2003) *Energetic utilization of dietary fiber in pigs* [Ph.D.thesis]. Wageningen. Wageningen University.

- RYU, Y. C., RHEE, M. S., KIM, B. C. (2004). Estimation of correlation coefficients between histological parameters and carcass traits of pig longissimus dorsi muscle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, **17**, 428–433.
- RYU, Y. C. KIM, B. C. (2005). The relationship between muscle fiber characteristics, postmortem metabolic rate, and meat quality of pig Longissimus dorsi muscle. *Meat Science*, **71**, 351–357.
- SCOTT, R. A., CORNELIUS, S. G., MERSMAN, H. J. (1981). Fatty acid composition of adipose tissue from lean and obese swine. *Journal of Animal Science*, **53** (4), 977- 981.
- SELLIER, P. (1983). Effects de la sélection sur l'adiposité chez le porc. *Etudes et Recherches*, 1, 103-110.
- SILVA, P. (2003). O Porco Alentejano. Boletim informativo - Escola Superior Agrária de Beja, 2, 2-3.
- SILVA, R. J. N. (2005). *Efeito do nível alimentar e do sistema de produção em parâmetros bioquímicos, plasmáticos e dos tecidos muscular e adiposo de suínos de raça Alentejana*. Trabalho fim de curso em Engenharia Zootécnica, Universidade de Évora, Évora. 67pp.
- SILVA, I. J. O., PANDORFI, H., PIEDADE, S. M. S. (2008). Influência do sistema de alojamento no comportamento e bem-estar de matrizes suínas em gestação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **37**, n.7, 1319-1329.
- SMITH, D. R. (1998). Animal models: nutrition and lipoprotein metabolism. *Current Opinion in Lipidology*, **9**, 3-6.
- SNOWDON, C. T. (1999). O significado da pesquisa em Comportamento Animal. *Estudos de Psicologia (Natal)*, **4**, 365-373.
- SONDERGAARD, E., POULSEN, M. K., JENSEN, M. D., NIELSEN, S. (2014). Acute changes in lipoprotein subclasses during exercise. *Metabolism Clinical and Experimental*, **63**, 61-68.
- SPADY, D. K., DIETSCHY, J. (1985). Dietary saturated triglyceride suppress hepatic low density lipoprotein receptors in the hamster. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, **82**, 4526-4530.
- STAMFORD, B., MOFFATT, R.J., (2006). Lipids and Health: Past, Present, and Future. In: Moffatt, R.J., Stamford, B. (eds.) *Lipid Metabolism and Health*. Boca Raton, Taylor & Francis Group, LLC, 1-12.
- STANGE, E.F., DIETSCHY, J.M. (1985). The origin of cholesterol in the mesenteric lymph of the rat. *Journal of Lipid Research*, **26**, 175-84.

- SUGIUCHI, H., UJI, Y., OKABE, H., IRIE, T., UEKAMA, K., KAYAHARA, N., MIYAUCHI, K. (1995). Direct measurement of high-density lipoprotein cholesterol in serum with polyethylene glycol-modified enzymes and sulfated alpha-cyclodextrin. *Clinical Chemistry*, **41**, 717-723.
- SWATLAND, H.J. (1973). Muscle growth in the fetal and neonatal pig. *Journal of Animal Science*, **37**, 536 – 545.
- TAYLOR, J. A., SALTER, D. N., CLOSE, W. H., LASWAI, G. H. (1992). Serum concentrations of insulin-like growth factor 1 and cholesterol in relation to protein and fat deposition in growing pigs. *Animal Production*, **55**, 257-264.
- TEIXEIRA, P., SARDIHA, L. B., BARATA, J. L. T. (2008). Nutrição, Exercício e Saúde. Ed. Lidel. Lousã. 440 pp.
- TEJEDA, J. F., ANTEQUERA, T., RUIZ, J., CAVA, R., VENTANAS, J., GARCIA, C. (1999). Unsaponifiable fraction and n-alkane profile of subcutaneous fat from Iberian ham. *Food Science and Technology International*, **5**, 229–233.
- TEJEDA, J.F., GANDEMÉR, G., ANTEQUERA, T., VIAU, M., GARCÍA, C., (2002) Lipid traits of muscles as related to genotype and fattening diet in Iberian pigs: total intramuscular lipids and triacylglycerols. *Meat Science*, **60**, 357-363.
- TREJO-GUTIERREZ, J. F., FLETCHER, G. (2007). Impact of exercise on blood lipids and lipoproteins. *Journal of Clinical Lipidology*, **1**, 175-181.
- VAN DER VELDE, A.E., VRINS, C.L., VAN DEN OEVER, K., KUNNE, C., OUDE ELFERINK, R.P., KUIPERS, F., *et al.* (2007). Direct intestinal cholesterol secretion contributes significantly to total fecal neutral sterol excretion in mice. *Gastroenterology*, **133**, 967-75.
- VAN DER WAL, P. G., ENGEL, B., HULSEGGE, B. (1997). Causes for variation in pork quality. *Meat Science*, **46**, 319–327.
- VAN MILGEN, J., NOBLET, J., DUBOIS, S. (2001) Energetic efficiency of starch, protein and lipid utilization in growing pigs. *Journal of Nutrition*, **131**, 1309–18.
- VAN MILGEN, J., NOBLET, J., DUBOIS, S., BERNIER, J. F. (1997). Dynamic aspects of oxygen consumption and carbon dioxide production in swine. *British Journal of Nutrition*, **78**, 397-410.
- VERNON, R. G., PEAKER, M. (1983). The regulation of nutrient utilization: basic principles and mechanism. In: Nutritional physiology of farm animals. Ed. J.A.F., Longman, new york, chapter 2-3.
- VIERA-ALCAIDE, I., VICARIO, I.M., GRACIANE, C., LEÓN-CAMACHO, M. (2007). Authentication of fattening diet of Iberian pig according to their triacylglycerols

- profile from subcutaneous fat. *Analytica Chimica Acta*, Anal. Chim. Acta **596**, 319–324.
- VOTRUBA, S.B., ATKINSON, R.L., SCHOELLER, D.A. (2003) Prior exercise increases dietary oleate, but not palmitate oxidation. *Obesity Research*, **11: 12**, 1509–1518.
- VRINS, C.L. (2010). From blood to gut: Direct secretion of cholesterol via transintestinal cholesterol efflux. *World Journal of Gastroenterology*, **16**, 5953-7.
- WANG, D.Q. (2007). Regulation of intestinal cholesterol absorption. *Annual Review of Physiology*, **69**, 221-48.
- WARNER, R. D., GREENWOOD, P. L., PETHICK, D. W., FERGUNSON, D. M. (2010). Genetic and environmental effects on meat quality. *Meat Science*, **86**, 171–183.
- WOOLLETT, L.A., WANG, Y., BUCKLEY, D.D., YAO, L., CHIN, S., GRANHOLM, N., *et al.* (2006). Micellar solubilisation of cholesterol is essential for absorption in humans. *Gut*, **55**, 197-204.
- WU, F., ZUO, J. J., YU, Q. P., ZOU, S. G., TAN, H. Z., XIAO, J., LIU, Y. H., FENG, D. Y. (2015) Effect of skeletal muscle fibers on porcine meat quality at different stages of growth. *Genetics and Molecular research*, **14**, 7873 – 7882.
- XIE, C., TURLEY, S.D., DIETSCHY, J.M. (1999). Cholesterol accumulation in tissues of the Niemann-Pick type C mouse is determined by the rate of lipoprotein cholesterol uptake through the coated-pit pathway in each organ. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **96**, 11992-7.
- ZHANG, S. H., ZOU, C., MA, J., CHEN, L., JIANG, A., ZHU, L., SHUAI, S., WANG, J., LIL, M., LIL, X. (2013). Breed, sex and anatomical location-specific gene expression profiling of the porcine skeletal muscles. *BMC Genetics*, **14:53**, 1-9.



## **VII. ANEXO**



### 3. - Registo de Mérito e Registo de Mérito Genético (Abreviado por RM e MG)

Podem figurar neste registo os suínos da raça alentejana que após terem sido aceites no registo de reprodutores (RD), que reúnam as seguintes condições:

- a) Obtenha na classificação morfológica uma pontuação mínima de Muito Bom (81 pontos, no caso das fêmeas e de 86 pontos, no caso dos machos);
- b) O primeiro parto tenha ocorrido antes dos 15 meses de idade;
- c) Possuírem pelo menos 3 ninhadas e sempre com 6 ou mais leitões inscritos no RN, num prazo inferior a 18 meses e de pai diferente;
- d) As porcas possuírem um mínimo de 5 descendentes aceites no registo de reprodutores (RD), com a classificação morfológica mínima de 81 pontos;
- e) Os varrascos possuírem uma descendência mínima de 12 animais inscritos no registo de definitivo (RD), resultantes de pelas menos 3 porcas distintas, com a classificação morfológica de Muito Bom ou Excelente, sendo pelo menos um macho;
- f) Podem ser classificados como de Mérito Genético, os varrascos ou as porcas já aceites no registo de mérito e que tenham obtido um resultado positivo na avaliação genética.

### Artigo 8º - Registo de Porco Cruzado de Alentejano (PCA).

De forma supletiva ao Livro Genealógico do Porco da Raça Alentejana, é estabelecido o registo zootécnico de híbridos de Porco Alentejano, a animais que possuam pelo menos 50% de genealogia de animais inscritos no Livro Genealógico do Porco da Raça Alentejana, considerando:

- a) – O Porco Cruzado de Alentejano são animais resultantes do cruzamento de uma porca inscrita no RD do Livro com varrascos preferencialmente da linha Duroc e para os quais tenham sido satisfeitas as condições expressas no Registo de Nascimento, com as respetivas adaptações.
- b) – Os animais registados como Porco Cruzado de Alentejano, não podem ser aceites noutra secção do Livro.

### Artigo 9º - Características do Porco Alentejano

Os animais da raça Porco Alentejano são caracterizados pelas seguintes aspetos morfológicos:

**Aspecto Geral** – Animais de corpulência média, esqueleto aligeirado grande rusticidade, temperamento vivo, com pele pigmentada, de coloração variável entre o preto ardósia intenso com cerdas raras finas, ou de cor ruiva / vermelho carregado, pelos ou cerdas débeis, pouco abundantes e em todos os casos da mesma cor da pele. As características sexuais nos machos são bem vincadas, com testículos bem desenvolvidos, simétricos e medianamente volumosos. Nas fêmeas, vulva manifestamente desenvolvida.

**Cabeça e PESCOÇO** - Cabeça comprida e fina, de ângulo frontonasal pouco acentuado, orelhas pequenas e finas, de forma triangular, dirigidas para a frente com a ponta ligeiramente lançada para fora. O pescoço possui um comprimento médio, bem musculado e bem unido à cabeça e ao tronco, podendo ocorrer papada pouco desenvolvida. Alguns animais podem ser mamilados.

**Membros Anteriores e Tronco** – Os membros anteriores apresentam pás longas, ligeiramente inclinadas e bem musculadas, inseridos sobre um tronco com costelas bem arqueadas, mas não muito profundas, com forma harmoniosa.

**Dorso, Lombo e Ventre** – A região dorso lombar é pouco arqueada, com ventre descaído de linha inferior reta ou ligeiramente convexa, com um mínimo de 5 mamilos funcionais e bem implantados de cada lado. Cauda fina de média inserção, terminando com um fluxo de cerdas.

**Garupa e Presuntos** – A garupa é longa, apresentando presuntos descidos e cheios.

**Pernas e Patas** – As pernas apresentam um comprimento médio, delgado, aprumos corretos, articulações limpas e bem definidas, terminando por pés pequenos, de unha rija e de cor uniforme, com andamentos ágeis e elásticos, sem sinais de claudicação ou andar vacilante.

#### **Artigo 10º - Variedades da Raça suína Alentejana**

No âmbito da raça de suínos alentejana, são consideradas as seguintes variedades, com as seguintes características específicas:

a) Lampinha

Caracteriza-se por ter cerdas curtas, finas e escassas na superfície do corpo. Pele delgada e de cor negra. Morfologicamente apresenta uma cabeça bem proporcionada ao desenvolvimento do corpo, com ângulo frontonasal pouco pronunciado, orelhas de tamanho médio, dirigidas quase horizontalmente para a frente ou um pouco caídas, mas sem dificultar a vista no pastoreio. Papada pronunciada especialmente nos animais de engorda, apresentando ainda um abdómen de desenvolvido proporcionado, geralmente descaído em especial nos animais acabados (engorda).

b) Ervideira

Animais de cor ruivos /acastanhados, com cabeça e orelhas sensivelmente mais pequenas do que a variedade negra, pescoço largo, não apresentando pregas na pele. Abdómen menos volumoso, com linha dorso-lombar próxima de retilínea ou ligeiramente arqueada em função do tórax, com costelas menos arqueadas relativamente às outras variedades.

c) Caldeira

Animais de cor preta, com cabeça e orelhas de tamanho médio, sendo estas últimas ligeiramente dirigidas para a frente, pescoço bem unido à cabeça, apresentando ou não papada pouco desenvolvida. Tórax com costelas arqueadas, dorso e lombo retos, bastante musculados. Extremidades finas que proporcionam marcha firme sem claudicações. É uma variedade mais prolífica e com melhor velocidade de crescimento.

d) Mamilada

Os animais caracterizam-se pela cor da pele cinzenta ardósia ou ruiva, com cerdas pretas ou ruivas, curtas finas e escassas em toda a superfície do corpo, com cabeça e orelhas de tamanho médio, dirigidas para frente e com as pontas triangulares viradas ligeiramente para cima, ângulo frontonasal pronunciado e focinho pontiagudo, pescoço bem ligado ao corpo e por vezes com pregas na pele, papada pouco pronunciada e com mamilos uni ou bilateral (característica da variedade), tórax com costelas arqueadas e musculadas e abdómen com desenvolvimento normal, região dorsal retilínea e lombo descaído com inserção média-baixa da cauda, membros com extremidades finas e unhas pretas e rijas. Temperamento vivaço, verdadeiros trepadores, dado que são muito equilibrados de aprumos, podendo percorrer longas distâncias em terrenos accidentados e zonas de serra. O varrasco manifesta “bondade reprodutiva” em relação às outras variedades, quando acasalado com porcas reprodutoras não mamiladas.