

# **Imunocastração de frangos, uma alternativa não cirúrgica à produção de Capão:**

**Avaliação do efeito do Improvac®.**

**Isabel Maria de Melo Pinho Ferreira**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Zootécnica- Produção Animal**

## **Orientadores:**

Professor Mário Alexandre Gonçalves Quaresma

Professora Maria Fernanda Pires Ribeiro

## **Júri:**

Presidente: Doutor José Pedro da Costa Cardoso Lemos, Professor Associado da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa

Vogais: Doutor Rui José Branquinho de Bessa, Professor Associado da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa

Doutor Mário Alexandre Gonçalves Quaresma, Professor Auxiliar da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa

**Lisboa,**

**2017**

**Aos Meus Pais e Avós,**

## Agradecimentos

Aos meus pais, por todas as oportunidades e apoio que me levaram a finalizar com sucesso esta etapa académica.

Ao Professor Doutor Mário Quaresma por ter aceite orientar-me neste trabalho e por todo o apoio e dedicação ao longo deste período.

À empresa Campoaves, onde os animais permaneceram durante o período de teste, e ao Matadouro Lusíaves, onde decorreu o abate. Um agradecimento especial ao Engenheiro Rúben Fonseca, Doutor Fernando Moreira e Doutor Luís Valente. Também à Engenheira Manuela Valente, responsável pela caponização das aves.

À Unidade Laboratorial do Departamento Técnico de Tecnologia Alimentar, Biotecnologia e Nutrição DTABN da Escola Superior Agrária de Santarém (ESAS), do Instituto Politécnico de Santarém (IPS), onde foram realizadas as análises da composição proximal e colorimetria das amostras. Um agradecimento especial à Doutora Fernanda Ribeiro e Engenheira Conceição Faro por todo o apoio e disponibilidade durante e após a elaboração das análises.

À Doutora Susana Prazeres do Laboratório de Endocrinologia, do Instituto Português de Oncologia de Lisboa (EPE), pela realização das análises de testosterona.

À Doutora Susana Alves e ao Professor Doutor Rui Bessa, da Faculdade de Medicina Veterinária de Lisboa (FMV), pela realização das análises de ácidos gordos e disponibilidade no esclarecimento de dúvidas.

Ao Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar (ICBAS), da Universidade do Porto, em especial ao Professor Paulo Martins Costa pela realização das análises aos ossos.

Ao Centro de Investigação Interdisciplinar em Sanidade Animal (CIISA) e à Zoetis pelo financiamento do estudo.

## Resumo

Pela realização deste trabalho avaliou-se a eficiência da Improvac® (solução injetável destinada a suínos) na imunocastração de frangos bem como, os respectivos efeitos sobre os níveis de testosterona plasmática, pesos das aves à idade de abate, composição da carcaça, qualidade nutricional da carne e características dos principais ossos longos (fêmur, tíbia e úmero). Para isso foram selecionados 45 frangos da raça Redbro que aleatoriamente foram divididos em 3 grupos: 1º galos (sem intervenção); 2º capões (frangos caponizados cirurgicamente aos 28 dias de idade); 3º Improvac (frangos sujeitos ao tratamento com Improvac®). Todas as aves foram abatidas aos 154 dias de idade.

Os resultados das análises realizadas permitiram concluir que este medicamento foi eficiente na redução da testosterona plasmática destes animais, que revelaram concentrações desta hormona cerca de 79 % menores que os galos (28,3 vs 134,7 ng/100 dL,  $p < 0,01$ ). Além disso, notou-se uma tendência crescente nos pesos vivos destes animais à idade de abate ( $5011,3 \pm 402,4$  g), associada a uma maior homogeneidade entre indivíduos do mesmo grupo, comparativamente às aves caponizadas cirurgicamente (capões e rinchões) ou galos. Relativamente aos pesos e rendimentos das principais porções da carcaça (perna, peito e asa) ou miudezas (fígado, moela e coração) não foram observadas diferenças significativas entre grupos ( $p > 0,05$ ). Porém, foram observadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) nas quantidades e percentual de gordura abdominal nas carcaças, com os indivíduos tratados a revelarem acumulações de gordura abdominal superior às dos galos (137,9 vs 92,92 g), mas semelhante às das aves caponizadas cirurgicamente. Sobre a componente óssea o efeito do Improvac® assemelhou-se ao da caponização cirúrgica influenciando negativamente o comprimento do fêmur.

Assim, foi possível verificar efeitos semelhantes aos de uma imunocastração na medida em que, o tratamento de frangos com Improvac® (Zoetis, Portugal) se revelou eficaz na redução da produção endógena de testosterona destes animais, sem afetar negativamente o seu crescimento, a respetiva composição da carcaça ou a qualidade nutricional da carne.

Palavras Chave: Improvac®; capão; imunocastração; carne de capão; qualidade nutricional

## Abstract

The aim of this study was to determine how efficient was Improvac® (usually used for pigs) in the induction of immunocastration in male cockerels and the effects on serum testosterone levels, live weights, carcass composition, meat quality and bone characteristics (femur, tibia and humerus). To realize this experiment 45 Redbro chicken males were randomly assigned in 3 groups: 1<sup>st</sup>) cockerels (without any intervention); 2<sup>nd</sup>) capons (surgically caponized birds at 28 days of age); 3<sup>rd</sup>) birds subjected to Improvac® treatment (two injections with 0,2 ml of Improvac® at 28 and 91 days old). All birds were slaughtered at 154 days old.

The results showed that Improvac® was responsible for a reduction of testosterone serum levels (almost 79 %) comparatively to roosters ( $p < 0,05$ ). Besides that, birds from Improvac group displayed the highest live weights at slaughter ( $5011,3 \pm 402,4$  g), associated with lowest standard deviations, comparatively to birds submitted to surgical caponization (capon and slips) or roosters. No differences were observed among experimental groups on weights and yields of the prime meat portions (wing, breast and leg) or giblets (liver, gizzard and heart) ( $p > 0,05$ ), however significant differences ( $p < 0,001$ ) appeared on abdominal fat pad weight and yield where the Improvac group showed an intermediate amount of abdominal fat, not significantly different ( $p > 0,05$ ) from capons or slips but highest than cockerels (137,9 vs 92,92 g,  $p < 0,05$ ). The results for physical bone characteristics only showed differences for femur length with cockerels showing a much longer femur than capons (100,86 vs 96,42 mm,  $p < 0,001$ ). No differences were observed on humerus or tibia for weight, length, width, weight/length between capons and cockerels.

As conclusion, these findings support the hypothesis that Improvac effects on chicken males can be compared to a immunocastration, inducing a negative effect in the endogenous testosterone production without affect negatively their growth, weight or proximal composition of meat.

Key words: Improvac®, Capon, immunocastration, capon meat, nutritional quality

# Índice Geral

<b>Agradecimentos</b> .....	iii
<b>Resumo</b> .....	lv
<b>Abstract</b> .....	v
<b>Índice Geral</b> .....	Vi
<b>Índice de Figuras</b> .....	vii
<b>Índice de Tabelas</b> .....	viii
<b>Lista de Abreviaturas</b> .....	lx
<b>Introdução</b> .....	1
<b>Revisão Bibliográfica</b> .....	2
1. Produção de Capão.....	2
1.1. Capão de Freamunde.....	3
2. Aparelho Reprodutor do Galo.....	4
2.1. Endocrinologia Reprodutiva.....	5
2.2. O Papel dos Androgénios no Organismo do Galo.....	6
3. Caponização de Frangos.....	6
3.1. Métodos de Caponização.....	8
4. Alternativas à Castração Cirúrgica.....	10
4.1. Imunocastração.....	10
4.2. Castração Hormonal.....	11
5. Características Nutricionais da Carne.....	13
5.1. Carne de Frango.....	13
5.2. Carne de Capão.....	14
6. Lípidos Totais.....	16
6.1 Ácidos Gordos.....	16
<b>Material e Métodos</b> .....	19
1. Caracterização dos Animais e Amostras Recolhidas.....	19
2. Análise Físico-Química da Carne.....	21
2.1 Cor e pH.....	21
3. Análise Endocrinológica.....	22
3.1 Testosterona.....	22
4. Análise Centesimal e Nutricional da Carne.....	22
4.1 Humidade.....	22
4.2 Cinza.....	23
4.3 Proteína Bruta.....	24

4.4 Gordura Bruta.....	25
4.5 Ácidos Gordos.....	26
5. Análise Osteológica.....	28
5.1 Características dos principais ossos longos Fémur, Tíbia e Úmero.....	28
6. Análise Estatística.....	28
<b>Resultados</b> .....	29
1. Peso Vivo e Composição da Carcaça.....	29
2. Cor e pH.....	30
3. Testosterona.....	31
4. Composição Centesimal .....	32
5. Perfil de Ácidos Gordos.....	33
6. Características dos principais ossos longos Fémur, Tíbia e Úmero.....	39
<b>Discussão de Resultados</b> .....	40
1. Peso Vivo e Composição da Carcaça.....	40
2. Cor e pH.....	40
3. Testosterona.....	41
4. Composição Centesimal.....	42
5. Ácidos Gordos.....	43
6. Características dos principais ossos longos Fémur, Tíbia, Úmero.....	43
<b>Conclusão</b> .....	45
<b>Bibliografia</b> .....	46
<b>Anexo</b> .....	58

## Índice de Figuras

<b>Figura 1-</b> Sistema reprodutor do galo.....	4
<b>Figura 2-</b> Aparência da crista e barbilhões em Galos, Rinchões e Capões.....	8
<b>Figura 3-</b> A- Ferramentas tradicionais japonesas de caponização de frangos; B- Caponização de um frango.....	9
<b>Figura 4-</b> A- Aparência dos testículos em machos suínos inteiros e machos imunocastrados com Improvac; B-Níveis de testosterona plasmática em suínos vacinados com Improvac®.....	11

<b>Figura 5-</b> Quantidade de alimento ingerido por frangos tratados com dietilestilbestrol e quantidade de azoto libertado na urina.....	12
--	----

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1-</b> Efeito do tipo de alimentação sobre o peso da carcaça (g) e composição centesimal (%) da carne (peito e perna) de Capão.....	14
<b>Tabela 2-</b> Perfil lipídico (%) da gordura intramuscular da carcaça do Capão de Freamunde e do Frango de Aviário.....	15
<b>Tabela 3-</b> Recomendações Nutricionais para a ingestão de ácidos gordos.....	15
<b>Tabela 4-</b> Peso vivo, peso da carcaça quente e fria, peso das principais porções corporais e miudezas (g), e respetivos rendimentos de estiva (%) para os diferentes grupos experimentais.....	30
<b>Tabela 5-</b> Parâmetros Colorimétricos.....	31
<b>Tabela 6-</b> Concentrações séricas de testosterona nos diferentes grupos experimentais (ng/100 dl) .....	32
<b>Tabela 7-</b> Composição centesimal (g/100 g de porção edível) da carne do peito e da perna dos diferentes grupos experimentais.....	33
<b>Tabela 8-</b> Conteúdo total de ácidos gordos (expresso em mg/100 g de carne fresca) e perfil lipídico da carne do peito (expresso em g/100 g de ácidos gordos) para os diferentes grupos experimentais.....	35
<b>Tabela 9-</b> Conteúdo total de ácidos gordos (expresso em mg/100 g de carne fresca) e perfil lipídico da carne da perna (expresso em g/100 g de ácidos gordos totais) para os diferentes grupos experimentais.....	36
<b>Tabela 10-</b> Somas parciais dos principais grupos de ácidos gordos (expresso em g/100 g de ácidos gordos totais) e índices de qualidade lipídica para as porções do peito e perna dos diferentes grupos experimentais.....	38

## Lista de Abreviaturas

- AA- aminoácidos
- ADN- ácido desoxirribonucleico
- AG- ácido gordo
- ALA- ácido alfa-linolénico
- ATP- adenosina trifosfato
- BEA- bem-estar animal
- CLA- ácido linoleico conjugado
- °C- graus Celsius
- cm- centímetro
- CEE- Comunidade Económica Europeia
- CF- Capão de Freamunde
- d- dia
- DHA- ácido docosahexaenóico
- dl- decilitro
- EPA-ácido eicosapentaenóico
- ESAS- Escola Superior Agrária de Santarém
- EUA- Estados Unidos da América
- FA- frango de aviário
- FC- frango do campo
- FMV- Faculdade de Medicina Veterinária
- FSH- hormona folículo estimulante
- g- grama
- GnRH- hormona libertadora de gonadotropinas
- h- hora
- hab- habitante
- HDL- lipoproteínas de alta densidade
- IGP- indicação geográfica protegida
- IDL- lipoproteínas de densidade intermédia

kcal- quilocaloria  
kg- quilograma  
LA- ácido linoleico  
LH- hormona luteinizante  
LDL- lipoproteínas de baixa densidade  
ml- mililitro  
mg- miligrama  
min- minuto  
MUFA- ácidos gordos monoinsaturados  
nm- nanómetro  
NADPH- nicotinamida adenina dinucleótido fosfato  
NRC- National Research Committee on Animal Nutrition  
PUFA- ácidos gordos poliinsaturados  
SFA- ácidos gordos saturados  
UE- União Europeia  
UFA- ácidos gordos insaturados  
VLDL- lipoproteínas de muito baixa densidade  
WHO- World Health Organization

## Introdução

A elaboração deste trabalho teve como objetivo verificar a possibilidade de induzir a imunocastração em frangos, recorrendo à vacina usada para o mesmo efeito, mas em suínos (Improvac®), de forma a encontrar uma solução alternativa ao processo de castração cirúrgico (caponização). Os dois grandes impulsionadores deste trabalho foram a crescente preocupação com questões relacionadas com o bem-estar animal e a mortalidade, e morbilidade, resultantes da caponização dos frangos. Atualmente, a imunocastração é vista como uma alternativa aos métodos cirúrgicos de castração, que ao mesmo tempo não compromete a saúde dos consumidores.

Para realizar este trabalho foram utilizados três grupos diferentes de animais: um grupo de galos (frangos inteiros), um grupo de frangos caponizados, recorrendo ao processo tradicional de caponização de frangos e um grupo de frangos tratados com Improvac® (Zoetis, Portugal), uma vacina licenciada para imunocastração de suínos. No final do estudo os animais foram abatidos à mesma idade, recolheram-se amostras de sangue para determinação de testosterona e a sua carcaça e carne foram analisadas.

Pela vacinação dos frangos com Improvac esperava-se uma estimulação do sistema imunitário, ou seja, tal como se observa nos suínos, esperava-se que o organismo dos frangos iniciasse uma produção endógena de anticorpos anti-GnRH. Desta forma, cessaria a estimulação pela Hormona Libertadora de Gonadotropinas (GnRH) da hipófise à produção das Hormonas Luteinizante (LH) e Folículo Estimulante (FSH), duas hormonas responsáveis pelos processos de gametogénese, produção de hormonas sexuais e intervenientes no desenvolvimento dos comportamentos sexuais dos indivíduos. A suposição de que a vacinação dos frangos com o medicamento destinado a suínos seria uma solução viável baseou-se no fato da sequencia peptídica da GnRH endógena de ambos os animais diferir apenas em 3 aminoácidos. Ora vejamos, nos mamíferos a sequência de aminoácidos da molécula GnRH segue a forma pGlu-His-Trp-Ser-Tyr-Gly-Leu-Arg-Pro-Gly-NH<sub>2</sub> (Mylonas & Zohar, 2001) e nas galinhas as 2 formas identificadas desta hormona a GnRH-I e a GnRH-II possuem as seguintes sequências: pGlu-His-Trp-Ser-Tyr-Gly-Leu-Gln-Pro-Gly-NH<sub>2</sub> e pGlu-His-Trp-Ser-His-Gly-Trp-Tyr-Pro-Gly-NH<sub>2</sub>, respetivamente (King & Millar, 1982; Miyamoto et al., 1984; Mylonas & Zohar, 2001). Assim, a primeira (GnRH-I) difere da GnRH no 8º aminoácido enquanto a segunda (GnRH-II) difere nos 5º, 7º e 8º aminoácidos.

Assim, os resultados apresentados nesta Dissertação de Mestrado tiveram por objetivo avaliar os efeitos do Improvac® (Zoetis, Portugal) enquanto vacina de imunocastração e respetivos efeitos sobre o desenvolvimento do frango e qualidade da carne.

# Revisão Bibliográfica

## 1. Produção de Capão

Os capões resultam de frangos cujos testículos são removidos cirurgicamente antes que atinjam a maturidade sexual (Chen et al., 2007). Posteriormente à caponização, a deficiência em androgénios no seu organismo influencia positivamente a acumulação de lípidos, favorecendo o *flavour*, a textura e a suculência desta carne (Chen et al., 2005; Chen et al., 2007; Symeon et al., 2009). Esta prática ter-se-á iniciado durante do período Romano (Chen et al., 2005; Calik, 2014). Conta a lenda que Caio Cânio, um Cônsul Romano, incomodado com a perda de sono que o cantar dos galos lhe causava conseguiu fazer aprovar uma lei que impedia a existência destes animais na cidade de Roma. De forma a contornar esta nova imposição alguém se terá apercebido que capando estes animais poderia continuar a usufruir da sua carne, sem que os mesmos incomodassem o “sono alheio”. Assim, terá surgido o Capão que logo se viu ultrapassar o galo em termos de tamanho, sabor e beleza. Mais tarde, tanto a expansão do território romano como o passar do saber de “boca em boca” terão contribuído para que tradição se mantivesse em algumas localidades. Atualmente a produção de capão tem pouca representatividade dentro do setor da avicultura, mas continua a subsistir em algumas regiões de países como os EUA, França, Itália, Espanha (Symeon et al., 2009) e Portugal.

Para a produção de capão pode ser utilizada qualquer raça (Payne, 1936; Durán, 2004), alguns avicultores optam pelas destinadas à produção de carne (Rikimaru et al., 2011), enquanto outros optam por utilizar raças autóctones, contribuindo para a conservação dos recursos genéticos da galinha (Durán, 2004). A caponização dos frangos é praticada antes que atinjam a maturidade sexual, entre as 8 e as 9 semanas de idade, sendo possível a um operador experiente caponizar cerca de 40 aves por hora (Payne, 1936). Os animais passam então a um período de engorda, de duração variável. Tradicionalmente, nesta fase, as aves eram criadas ao ar livre e a sua dieta baseada em cereais e batata. Atualmente são alimentadas à base de rações comerciais, destinadas à produção avícola, até ao penúltimo mês de vida e, a partir daí, alimentadas com milho até ao dia de abate (Díaz et al., 2010). Os capões têm índices de conversão alimentar maiores que os galos tornando o custo por quilograma de carne produzida mais elevado (Durán, 2004), pelo que, o valor económico destes animais aumentará à medida que o período de engorda diminui (Chen et al., 2007).

Relativamente ao peso dos animais, nos meses que se seguem à cirurgia os capões tendem a ser mais leves que os galos, até aos 5-6 meses de idade, altura a partir da qual o peso dos

dois se torna semelhante. A esta altura os galos abrandam o seu crescimento e os capões continuam a aumentar de peso, principalmente através da deposição de tecido adiposo, chegando a pesar mais 0,45-0,9 kg (Payne, 1936).

No final a produção de capão dá origem a produtos de elevada qualidade (Calik, 2014) que alcançam elevados preços no mercado. O par de capões chega a alcançar os 300 € (Díaz et al., 2009), no entanto, só se tornará lucrativo se todo o processo produtivo for bem planeado, evitando perdas de tempo e de produto. Estes animais são comercializados principalmente durante o período natalício quer pela tradição quer pelo fato da produção de carcaças demasiado grandes dificultar o seu consumo no dia-a-dia (Díaz et al., 2009; Rikimaru et al., 2011).

O regulamento 1538/91 CEE impõem atualmente aos avicultores produtores de capão que as aves sejam caponizadas antes de atingirem a maturidade sexual, que sejam submetidas a um período de engorda de, pelo menos, 77 dias e que sejam abatidas com uma idade mínima de 140 dias. Já no regulamento 543/2008 CEE podem ser consultadas todas as normas impostas à produção de capão em regime extensivo em interior, em semiliberdade, ao ar livre e em liberdade.

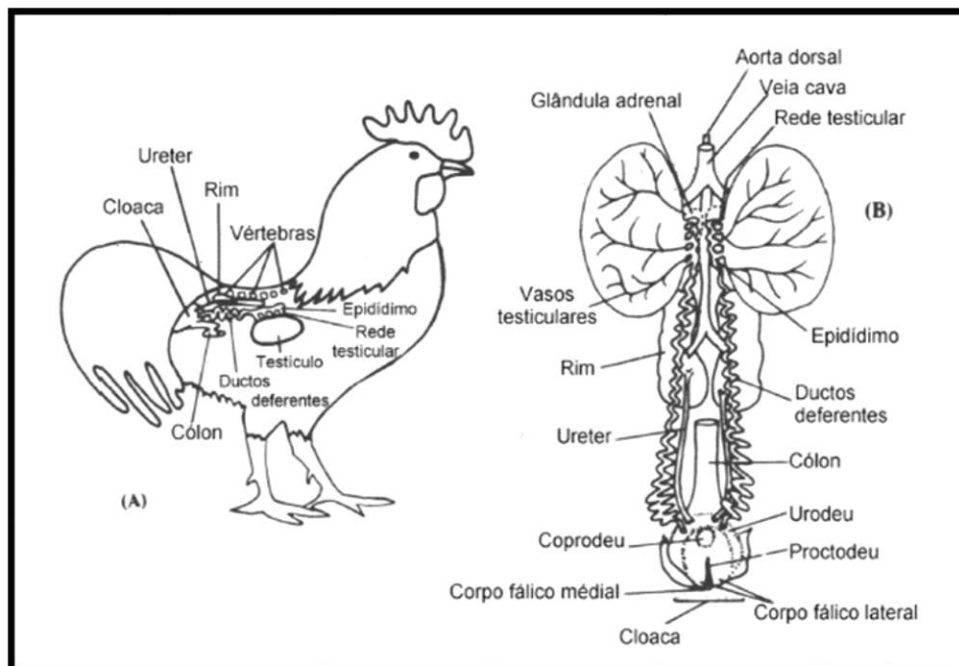
### 1.1 Capão de Freamunde

Em Portugal, a produção de capão remonta do reinado de D. João V (1706-1750) sendo, atualmente, reconhecido como a iguaria gastronómica da freguesia de Freamunde. A comercialização (sazonal) deste produto está, principalmente, associada à época natalícia e à Feira de Santa Luzia, também conhecida por Feira dos Capões (Brito et al., 2009). Na produção do Capão de Freamunde são usadas raças autóctones como a Pedrês Portuguesa, a Preta Lusitânica e a Amarela (Caderno Especificações, 2011) e algumas estirpes comerciais como a RedBro (Brito et al., 2009). Estas aves são produzidas na sua maioria em explorações familiares, com bastantes semelhanças a um sistema de produção tradicional (Brito et al., 2009). A caponização é realizada antes das aves alcançarem a maturidade sexual passando então ao período de engorda que dura até aos 7 ou 8 meses de idade, altura em que são abatidas (Brito et al., 2009), com 5-7 kg de Peso Vivo (Caderno Especificações, 2011). O Capão de Freamunde beneficia da classificação de Indicação Geográfica Protegida (IGP) desde maio de 2015.

## 2. Aparelho Reprodutor do Galo

O aparelho reprodutor do galo é formado por 2 testículos com os respectivos epidídimos, ductos deferentes e aparelho copulatório (cloaca) (Fantini, 2007) (Figura 1). Ao contrário do que sucede com os mamíferos o aparelho reprodutor das aves não possui órgãos acessórios (vesículas seminais, glândulas bulbouretais ou próstata) (Triques, 2014).

**Figura 1-** Sistema Reprodutor do Galo



Fonte: <http://www.uff.br/webvideoquest/SE/rep.htm>

Os testículos do galo encontram-se no interior da cavidade abdominal, numa posição caudal relativamente aos rins (Morais et al., 2012). São grandes e ligeiramente assimétricos sendo o testículo esquerdo, geralmente, maior que o direito (Morais et al., 2012; Hoffmann-Volker, 1969). O peso destes órgãos varia consoante o seu estado funcional, representando cerca de 1 % do peso vivo nas aves sexualmente maduras e revelando-se proporcionalmente maiores do que nos mamíferos (Hoffmann-Volker, 1969). A sua coloração varia do branco amarelado ao prateado, no macho imaturo, ao branco puro, num macho sexualmente ativo (Getty, 1975). No galo sexualmente ativo o testículo mede cerca de 3,25 a 5,6 cm de comprimento e aproximadamente 1,6 a 2,9 cm de largura, com cerca de 2,5 cm de espessura dorsoventral, nas raças pesadas (Getty, 1975). Exteriormente estão envolvidos pela túnica albugínea e interiormente possuem um conjunto de túbulos seminíferos onde se formam os espermatozoides (Fantini, 2014). Além da espermatogénese os testículos são responsáveis por produzir androgénios. Essa produção dá-se nas células de Leydig, posicionadas no

espaço intersticial entre os túbulos seminíferos, que libertam testosterona. O transporte dos espermatozoides até à cloaca faz-se pelos epidídimos e ductos deferentes. Estes últimos possuem uma dilatação na parte final que funciona como local de armazenamento. O galo não possui órgão de penetração, mas um pequeno falo (órgão copulatório) por onde transfere os espermatozoides para a cloaca invertida da galinha, por contacto.

No desenvolvimento dos testículos podemos considerar 3 fases: a fase pré-puberal (1<sup>o</sup> dia-10/12 semanas) - caracterizada por uma intensa multiplicação das células de Sertoli e um aumento do peso testicular de 3 para cerca de 50 mg; a fase puberal (12 semanas- 22/24 semanas) - caracterizada pelo aparecimento dos primeiros espermatozoides e grande aumento de peso, até 25-30 g; fase adulta (a partir da 24 semanas) – em que o peso dos testículos se mantem inalterado até cerca das 40 semanas, altura em que começa a decrescer (Fantini, 2014). Nos testículos, o número de células de Sertoli é proporcional ao peso/tamanho dos mesmos, levando a que a produção de sémen varie com o tamanho dos testículos (Maciel, 2006).

## 2.1 Endocrinologia Reprodutiva

Endocrinologicamente a espermatogénese e a produção de androgénios, pelos testículos, estão dependentes de hormonas secretadas pelo complexo hipotálamo-hipófise tais como as hormonas GnRH, LH e a FSH (Ottinger & Bakst, 1995; Morais et al., 2012). A hormona GnRH é produzida pelo hipotálamo e estimula a produção de LH e FSH pela hipófise, que por sua vez regulam a função testicular (Ottinger & Bakst, 1995; Maciel 2006). Estas hormonas, LH e FSH, conduzidas pela corrente sanguínea ligam-se aos recetores das células de Sertoli e Leydig. A FSH atua sobre as células de Sertoli estimulando a espermatogénese, enquanto a LH atua sobre as células de Leydig, estimulando a produção de testosterona (Maciel, 2006; Morais et al., 2012). Através da corrente sanguínea a testosterona produzida nos testículos alcança o SNC, exercendo um efeito de *feedback* que controla a produção hipotalâmica de GnRH (Ottinger & Bakst, 1995).

## 2.2 O Papel dos Androgénios no Organismo do Galo

Os androgénios são os principais esteróides sexuais masculinos sintetizados, maioritariamente, pelos testículos e, em menor quantidade, pelas glândulas adrenais (Rodrigues, 2009). Estes androgénios, dos quais se destaca a testosterona, são os principais responsáveis pelo desenvolvimento do fenótipo masculino durante a embriogénese e pela maturação sexual durante a puberdade (Rodrigues, 2009), observando-se, por exemplo, a

nível do fenótipo um decréscimo ( $p < 0,05$ ) do comprimento, altura e peso da crista após a caponização (Chen et al., 2010) (Figura 2). Além disso, a testosterona exibe um elevado efeito anabólico sobre uma grande variedade de tecidos, como o tecido conjuntivo, os ossos e os músculos (Rodrigues, 2009; Lin & Hsu, 2002) e está associada ao maior tamanho dos machos (Ford & Klindt, 1989), comparativamente ao tamanho relativamente às fêmeas.

Sobre o desenvolvimento muscular dos frangos a testosterona exerce maior influência na região das coxas, talvez pela existência de maior número de recetores de androgénios nesta zona (Lin & Hsu, 2002). Este efeito da testosterona sob a musculatura dos frangos também foi observado por Chen et al., (2010) que aplicou implantes subcutâneos de 19-NorT, um análogo da testosterona, que se mostrou eficaz no aumento da quantidade de músculo na carcaça. Por outro lado, os androgénios reduzem a atividade das enzimas lipogénicas e provocam alterações nas percentagens relativas das várias peças na carcaça (Lin & Hsu, 2002). Segundo Chen et al., (2005) a concentração de testosterona plasmática nos capões está negativamente correlacionada com a deposição de gordura nas carcaças ( $r = 0,44$ ;  $p < 0,05$ ). Estes androgénios também interferem sobre a conformação do esqueleto e fluxo sanguíneo de cálcio (Lin & Hsu, 2002; Chen et al., 2006). Os capões apresentam maiores concentrações sanguíneas de Ca e P (Chen et al., 2006), e diminuição significativa ( $p < 0,05$ ) do peso relativo da tibia bem como da respetiva força de rutura (Chen et al., 2006). Segundo Lin & Hsu (2002), os pesos relativos do esqueleto de um galo e de um capão são, respetivamente, 0,85 e 0,77 % ( $p < 0,05$ ), às 28 semanas de idade, observando-se uma redução da percentagem de osso induzida pela baixa concentração de androgénios.

Nos capões, o decréscimo da testosterona plasmática provoca alterações sobre os índices de crescimento e de desenvolvimento muscular (Chen et al., 2010), ao mesmo tempo que adquirem uma atitude mais pacífica (Lin & Hsu, 2002). Galos com elevadas concentrações sanguíneas de testosterona gastam mais horas diárias em atividade do que em repouso (Lin & Hsu, 2002), conduzindo a maiores dispêndios energéticos com lutas ou rituais de corte (Jacob et al., 2011). Além disso o metabolismo do capão é aproximadamente 13,5 % mais baixo que nos galos (Mitchell et al., 1926).

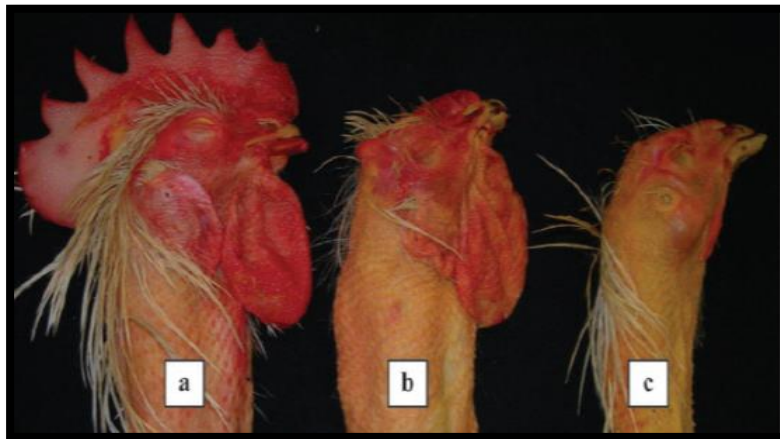
### **3. Caponização de Frangos**

A castração de machos na produção de carne tem sido praticada desde há vários séculos tanto para melhorar a qualidade da carne como para facilitar o seu maneio, reduzindo os respetivos índices de agressividade (Prunier et al., 2006). Nos frangos a caponização é praticada com o intuito de tornar a sua carne mais macia, saborosa e succulenta (Moretto et

al., 2009), porém esses efeitos estão muito dependentes de vários fatores como a idade à caponização, idade de abate, raça (Rikimaru et al., 2011) e tipo de alimentação fornecido às aves. Tradicionalmente, os frangos de raças pesadas são caponizados entre as 2 e as 4 semanas de idade, quando têm um peso corporal de cerca de 0,450 kg, e os frangos das raças leves depois das 6 semanas de idade (Rikimaru et al., 2011). Ao comparar os efeitos da caponização precoce (às 3 semanas de idade) e tardia (às 12 semanas de idade) sobre a carcaça de capões, Chen et al. (2007) observou que a caponização precoce aumenta ( $p < 0,05$ ) o peso corporal (1,117 vs 1,223 g) e peso do músculo *pectoralis major* (106 vs 128 g) dos capões comparativamente aos galos (sujeitos a uma cirurgia simulada), enquanto a castração tardia não exerce efeitos sobre nenhum desses parâmetros. Relativamente à fase de recuperação, segundo Rikimaru et al., (2011) quanto mais precoce a cirurgia mais curta será, possibilitando aos capões alcançar aumentos de peso semelhantes aos das aves intactas da mesma idade, e menor é a taxa de mortalidade associada à caponização.

Durante a cirurgia qualquer falha na remoção das células testiculares possibilitará a regeneração do tecido testicular e o retorno à produção de testosterona. A probabilidade de regeneração testicular é de cerca de 10 % (Calik, 2014) e quanto mais precoce a cirurgia maior a probabilidade de ocorrer uma caponização incompleta (Prunier et al., 2006) (Figura 2). Essas falhas fazem-se notar, posteriormente, na aparência e comportamento da ave, através do desenvolvimento de fenótipos intermédios entre galo e capão, originando os rinchões (Calik, 2014). Estas aves são sexualmente ativas, vocalizam (cacarejam), entram em lutas com outros machos (Caderno Especificações, 2011), e tanto a crista como os barbilhões são maiores, e de coloração mais intensa, que os dos capões (Payne, 1936). O tempo necessário para que estes animais desenvolvam as suas características está dependente da quantidade de tecido testicular que não foi removido e, se essa quantidade corresponder a cerca de metade de um testículo normal, a ave pode nunca chegar a desenvolver nenhuma das características do capão (Payne, 1936). Os rinchões têm capacidade intermédia, entre o galo e o capão, para depositar gordura no organismo (Payne, 1936), tornando-os organolepticamente diferentes do capão, e normalmente são afastados da produção no caso do Capão de Freamunde (Caderno de Especificações, 2011). Para reduzir a probabilidade de uma caponização incompleta além dos testículos deve ser retirada toda a membrana peritoneal que cobre as gónadas, os epidídimos e a porção anterior dos vasos deferentes (Payne, 1936).

**Figura 2-** Aparência da Crista e Barbilhões em galos, rinchões e capões<sup>1</sup>



<sup>1</sup>a-galo; b-rinchão; c-capão. Fonte: Adaptado de Sirri et al., 2009

Os maiores riscos associados a esta cirurgia são a ocorrência de hemorragias internas ou de infecções durante o período de recuperação (Payne, 1936). O posicionamento dos testículos próximo da ligação entre as veias ilíacas e a veia cava acresce o risco de rutura de alguma delas, provocando a morte em poucos minutos (Payne, 1936). Durante um ensaio realizado por Tor et al. (2002) a mortalidade induzida pela caponização foi de apenas 1 % e a regeneração testicular de 28 %.

### 3.1 Métodos de Caponização

Segundo Moretto et al. (2009) a caponização cirúrgica de galos segue as seguintes etapas: as aves são submetidas a um jejum alimentar entre 15 a 18 horas e mantidas dentro de gaiolas metálicas para evitar o consumo de cama; nos 3 dias que antecedem a cirurgia e após a mesma deve ser fornecido um antibiótico misturado na água; para evitar o sofrimento excessivo das aves pode ser utilizado éter, aplicado através de um bocado de algodão; as aves são imobilizadas, com o auxílio de um cordão que prende as patas e as asas; faz-se uma apalpação da região abaixo das asas, localizando o espaço entre a segunda e terceira costelas; as penas são arrancadas nessa zona que é posteriormente desinfetada com álcool; é feito um corte pouco profundo de 3-5 cm de comprimento entre as 2 últimas costelas que se afastam com a ajuda de um separador de costelas ou o fórceps permitindo a visualização da membrana que fica por cima dos testículos; corta-se a membrana e tornam-se visíveis os dois testículos que são removidos pela mesma incisão; após extração dos testículos as aves são libertadas permitindo a reaproximação das costelas; as aves são então colocadas em gaiolas isoladas, de modo a evitar que sejam bicadas por outras aves e quando a ferida tiver cicatrizado podem regressar às gaiolas comuns. A restrição alimentar horas antes da

castração facilita a cirurgia, reduzindo o volume intestinal e conduzindo a menores taxas de mortalidade causadas por complicações intraoperatórias (Calik, 2014).

A caponização de frangos também é praticada em algumas vilas tailandesas por camponeses que usam como utensílios cirúrgicos uma navalha ou lâmina de barbear, uma agulha, linha, água e aspirina em pó, sendo este último um medicamento adquirido nas drogarias locais. O executante começa por imobilizar o frango entre as pernas, de cabeça para baixo, e arrancar as penas de volta da cloaca. Outro individuo faz uma incisão por baixo da cloaca e de seguida enfia os dedos pela mesma até conseguir puxar os testículos para o exterior do corpo cortando-os. A incisão é cosida e polvilhada com a aspirina em pó (Masuno, 2009).

Na Polónia esta cirurgia é realizada sob rigorosa supervisão de um médico veterinário usando os princípios da cirurgia antisséptica. O animal é submetido a anestesia geral, ou local, e a cirurgia é praticada por duas pessoas que utilizam instrumentos cirúrgicos básicos (Calik, 2014). Após a cirurgia, durante 5 dias, é fornecido um antibiótico de forma a reduzir possíveis infeções bacterianas (Calik, 2014).

**Figura 3-** A-Ferramentas tradicionais japonesas de caponização de frangos; B- Caponização<sup>1</sup>



<sup>1</sup>As setas apontam os testículos da ave. Fonte: Adaptado de Rikimaru et al., 2011

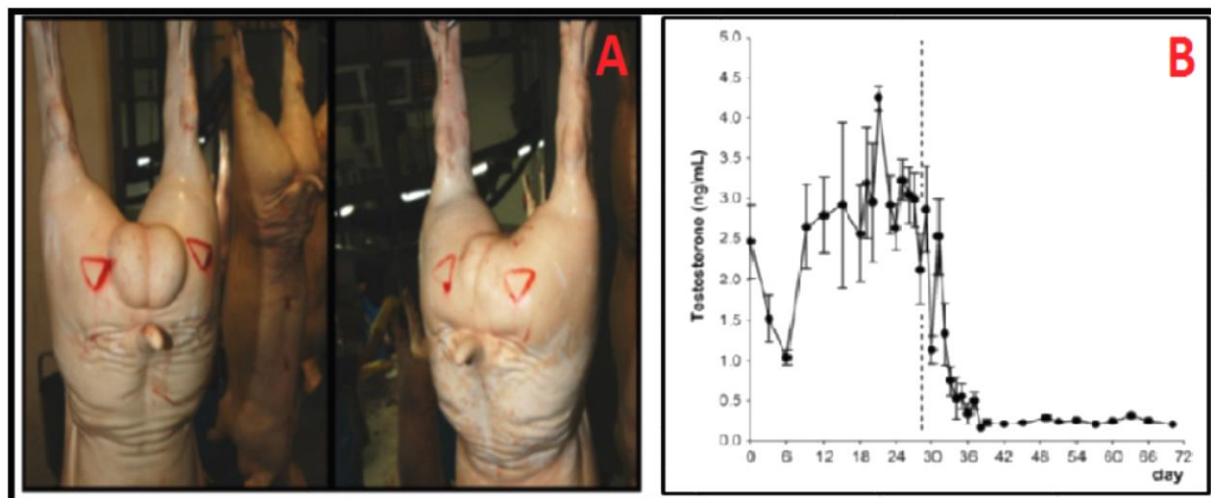
## 4. Alternativas à Castração Cirúrgica

A imunocastração e a castração hormonal são 2 métodos alternativos à cirurgia que também podem ser usados em machos destinados à produção de carne.

### 4.1 Imunocastração

A imunocastração surgiu com o desenvolvimento da vacina anti-GnRH destinada a suínos (Vivax® ou Improvac®) em 1998, pela empresa australiana Pfizer Saúde Animal, sendo atualmente comercializada em cerca de 63 países. A substância ativa desta vacina é um péptido análogo da GnRH conjugado com o toxóide diftérico e um adjuvante aquoso o dietilaminoetil (DEAE). Este medicamento estimula uma resposta imunitária do organismo face à GnRH endógena- hormona precursora da produção das hormonas hipofisárias FSH e LH, responsáveis pela espermatogénese e pela produção de hormonas esteróides ao nível testicular, como a testosterona. (Bruniu et al., 2011). Este bloqueio da GnRH endógena previne que a mesma estimule a produção de LH e FSH pela hipófise (Zamaratskaia et al., 2008) conduzindo a um decréscimo das concentrações de LH e FSH sanguíneas, redução no tamanho dos testículos e redução do número de espermatozoides (Zamaratskaia et al., 2008; Rydhmer et al., 2010) (Figura 4). A imunocastração foi introduzida na Europa, em 2009, e tornou-se uma alternativa bastante difundida principalmente ao nível das suiniculturas com a comercialização da Improvac. No entanto, muitos produtores continuam a mostrar alguma relutância em aplicá-la com medo que provoque efeitos adversos no modo como os consumidores olham para a sua carne (Rydhmer et al., 2010). Na Figura 4 pudemos observar os efeitos físicos (A) e endócrinos (B) da vacinação com Improvac®.

**Figura 4-** A- Aparência dos testículos em machos suínos inteiros e imunocastrados com Improvac; B- Níveis de testosterona plasmática em suínos vacinados<sup>1</sup> com Improvac®



<sup>1</sup>a vacinação aos 0 dias, correspondente às 18 semanas de idade dos animais, e aos 28 dias, correspondente às 22 semanas de idade dos animais. Fontes: A- Adaptado de Gispert et al., 2010; B- Adaptado de Claus et al., 2007

Embora a imunocastração ultrapasse a maioria dos inconvenientes ligados à castração cirúrgica, como a dor, o stress ou o risco de infeções, também apresenta algumas desvantagens. A vacinação contra a GnRH origina apenas uma supressão temporária da função reprodutiva após a qual os animais voltam aos parâmetros de fertilidade normais. Esse retorno é resultado de uma diminuição da concentração de anticorpos anti-GnRH na corrente sanguínea, abaixo do necessário para neutralizar os efeitos da GnRH endógena (Brigida, 2014). Durante a vacinação dos animais há ainda o risco de auto-vacinação acidental pelos tratadores que após 2 episódios semelhantes apresenta maior risco de produzir nos humanos efeitos semelhantes aos observados nos animais. No entanto, é um risco que pode ser facilmente contornado com o uso de uma seringa de segurança (Brunis, 2011) ou pistola de vacinação, desenvolvida pela Pfizer para esse efeito.

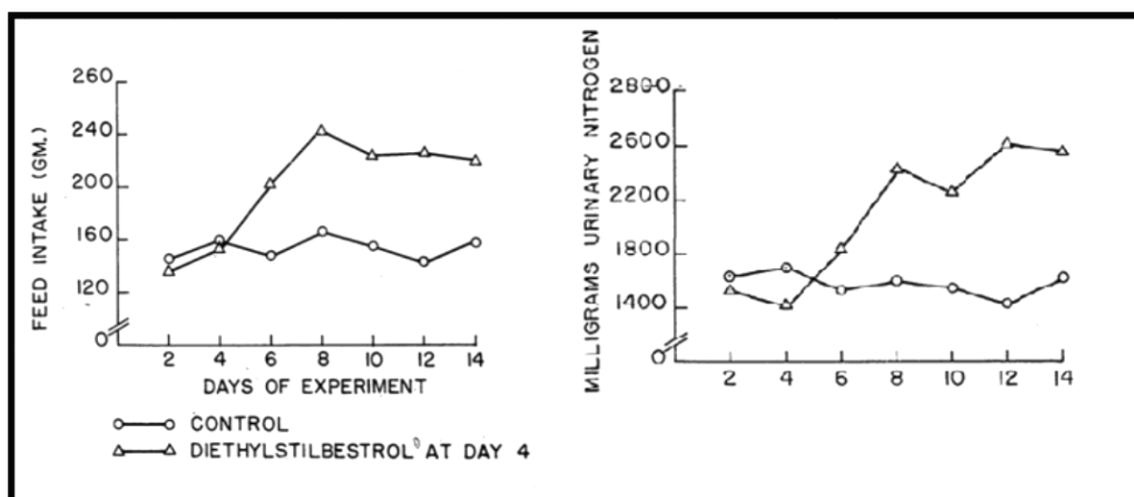
## 4.2 Castração Hormonal

Na castração hormonal recorrem-se a hormonas femininas sintéticas de forma a inibir os efeitos da testosterona nos machos. Esta prática já foi aplicada em galos com o objetivo de melhorar a qualidade da sua carne (Calik, 2013), uma vez que, nestes animais a administração de grandes quantidades de estrogénios conduz à inibição da função testicular (Gryzińska et al., 2011). Segundo Graner & Trivelin (1949) o fornecimento de um comprimido contendo dietilestilbestrol, análogo sintético do estrogénio, provoca efeitos sobre a coloração

e textura da crista a partir da 1ª semana de tratamento; grandes diferenças entre o tamanho dos testículos dos frangos tratados e não tratados e melhoria da qualidade da carne dos frangos tratados, pela maior deposição de gordura nas carcaças. No entanto, não são observadas diferenças ( $p > 0,05$ ) quanto aos ganhos médios de peso entre os frangos tratados e não tratados às 6 semanas de idade. Nesse trabalho a administração do dietilestilbestrol ter-se-á feito através de um implante, inserido subcutaneamente na zona do pescoço depois de feita uma pequena incisão. No entanto, este composto também pode ser diluído ou misturado com o concentrado. Ainda sobre o tratamento de frangos com dietilestilbestrol (análogo com ação estrogénica), Sell (1960) observou que este exerce um efeito depressivo sobre a retenção de azoto (da dieta) pelo organismo (-18 %), iniciado no 4º dia após o tratamento (Figura 5), com efeitos posteriores na composição centesimal e aumento da concentração de azoto na urina.

Contudo, o recurso a hormonas na produção de frangos, como promotores de crescimento, leva à acumulação destes compostos nos músculos e fígado (Sadek et al., 1995), compostos estes que se podem revelar responsáveis por distúrbios endócrinos e modificações nos caracteres sexuais secundários dos consumidores (Vladimiro, 2012). Por este motivo a CEE, na diretiva 96/22, proíbe o uso de substâncias com efeito hormonal em animais destinados à produção de carne.

**Figura 5-** Quantidade de alimento ingerido por frangos tratados com dietilestilbestrol e quantidade de azoto libertado na urina, entre as 6 e as 8 semanas de idade



Fonte: Adaptado de Sell, 1960

## 5. Características Nutricionais da Carne

Atualmente a interligação entre dieta e saúde tem vindo a ganhar importância entre os consumidores mais informados, que procuram cada vez mais, produtos de maior valor nutritivo e com componentes funcionais (Scollan, 2006). Face a esta situação a carne de frango, principalmente do peito, tem recebido especial atenção por parte dos consumidores, principalmente, pela sua baixa concentração energética e elevada densidade de nutrientes (Barroeta, 2006).

### 5.1 Carne de Frango

A carne de frango é uma fonte de proteína de elevado valor biológico, tal como outros tipos de carne (Barroeta, 2006), fornecendo todos os aminoácidos essenciais ao nosso organismo (Llobet et al., 2002; Rutz et al., 2011). Relativamente a outras carnes, a carne de frango tem baixa concentração energética (Barroeta, 2006), e a sua concentração em gordura total varia consoante a porção analisada, em termos médios é de: 2,6 % na região das pernas, 1,2 % na região do peito, e 47,5 % na pele (Palavras, 2002). É rica em sais minerais como o fósforo (407,0 mg/100 g de carne), o potássio (248,0 mg/100 g) e o enxofre (268,0 mg/100 g) (Palavras, 2002), mas pobre em ferro e zinco (Barroeta, 2006). Tem teores consideráveis de vitaminas do complexo B, tais como a tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina (B3) e piridoxina (B6), mas menores concentrações de vitamina B12 e E (Barroeta, 2006). A gordura intramuscular é particularmente rica nos ácidos gordos insaturados (UFA) representam aproximadamente 67 % dos ácidos gordos totais (Llobet et al., 2002) verificando-se uma dominância do grupo dos ácidos gordos monoinsaturados (MUFA) na gordura intramuscular, tanto na carne vermelha como branca, enquanto os ácidos gordos saturados (SFA) e ácidos gordos poliinsaturados (PUFA) estão em 2º e 3º lugar, respetivamente (Bragagnolo, 2001). Esta carne possui ainda baixo teor de colesterol, sendo a pele (180 mg/100 g) e o fígado (250 mg/100 g) os órgãos em que essa concentração é maior (Bragagnolo, 2001; Palavras, 2002).

De acordo com as recentes recomendações nutricionais, que enaltecem a importância de uma redução da ingestão de gordura total, SFA e colesterol (Barroeta, 2006), pode considerar-se que a carne de frango tem um elevado valor nutritivo estando adequada a uma dieta saudável. Além disso possui um rácio ácidos gordos insaturados/ ácidos gordos saturados (UFA/SFA) benéfico do ponto de vista nutricional (Barroeta, 2006).

## 5.2 Carne de Capão

A carne de capão tem um teor proteico que varia entre  $26,15 \pm 0,21$  no peito e os  $22,15 \pm 0,21$  % perna (Miguel et al., 2007). A concentração de lípidos totais na zona do peito varia entre  $3,01 \pm 1,10$  -  $3,36 \pm 0,45$  % e na zona da perna entre  $6,29 \pm 0,98$  -  $6,11 \pm 0,57$  %, consoante o tipo de alimentação das aves, como se pode observar na tabela 1 ( $p > 0,05$ ) (Díaz et al., 2013). Esta maior acumulação de lípidos é um dos fatores mais importantes na qualidade superior deste produto uma vez que a gordura intramuscular influência directamente a suculência, a tenrura e o *flavour* da carne (Hocquette et al., 2009). No entanto, do ponto de vista dietético elevadas quantidades de gordura representam uma maior carga calórica representando um fator prejudicial à saúde do organismo, pelo que o seu consumo deve ser moderado.

**Tabela 1-** Efeito do tipo de alimentação sobre o peso da carcaça (g) e composição centesimal (%) da carne (peito e perna) de capões (Fonte: Adaptado de Díaz *et al.*, 2013)

	Concentrado <sup>1</sup> + Milho	Milho+ Trigo <sup>2</sup>	Milho+ Cevada <sup>3</sup>	P value
Peso da carcaça (g)	4165,20±227,21 <sup>a</sup>	3348,80±240,94 <sup>b</sup>	3355,80±239,21 <sup>b</sup>	<0,001
% carne do peito				
Matéria seca	27,07±0,23	27,09±0,30	26,94±0,76	0,861
Proteína	22,84±1,34	22,65±0,19	22,36±0,85	0,716
Lípidos	3,01±1,10	3,23±0,17	3,36±0,45	0,728
Cinza	1,12±0,05	1,10±0,09	1,12±0,07	0,894
% carne da coxa e perna				
Matéria seca	26,80±2,26	26,61±0,69	26,76±1,20	0,981
Proteína	19,34±1,71	19,35±0,54	19,25±1,03	0,989
Lípidos	6,29±0,98	6,11±0,57	6,29±0,86	0,925
Cinza	1,06±0,05	1,05±0,07	1,11±0,05	0,210

<sup>1</sup>Os animais eram alimentados com uma ração comercial e durante o último mês de vida apenas com milho; <sup>2,3</sup> 50 % - 50 %; <sup>a,b,c</sup> diferentes supra-escritos na mesma linha correspondem a diferenças estatisticamente significativas

Relativamente à concentração em colesterol, esta é de cerca de 83,70 mg/100 g na região da coxa e 44,28 mg/100 g na região do peito (Sirri et al., 2009). Sobre o conteúdo total de ácidos

gordos a predominância dos MUFA (41-43 %) mantém-se, seguidos dos SFA (33-35 %) e dos PUFA (22-25 %) (Díaz et al., 2013), na mesma sequência que na carne de frango (ponto 6.1). Ainda sobre os ácidos gordos, segundo Brito et al. (2009), na gordura do capão existem maiores concentrações de SFA e MUFA e menores concentrações de PUFA do que na carne do frango de aviário ( $p < 0,05$ ) (Tabela 3), e o rácio ómega-6/ómega-3 (Tabela 2) apresenta-se bastante superior aos valores de referência fornecidos por várias entidades internacionais de saúde (Tabela 3).

**Tabela 2-** Perfil Lipídico (%) da gordura intramuscular da carcaça do tradicional Capão de Freamunde e Frangos de Aviário (Fonte: Adaptado de Brito et al., 2009)

Tipo	Ácidos Gordos (%)			
	SFA	MUFA	PUFA	$\omega 6/\omega 3$
Capão Freamunde	30,5±1,8 <sup>b</sup>	48,6±1,6 <sup>b</sup>	20,7±1,7 <sup>a</sup>	35±7 <sup>c</sup>
Frango Aviário	28,6±2,2 <sup>a</sup>	44,3±4 <sup>a</sup>	26,8±5,8 <sup>b</sup>	16±4 <sup>a</sup>

<sup>abc</sup> diferentes supra-escritos na mesma coluna correspondem a diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ); valores médios com respetivos desvios padrão

**Tabela 3-** Recomendações Nutricionais para a ingestão de Ácidos Gordos (Fonte: Adaptado de Gebauer et al., 2006)

Fonte	Data	Recomendações			
		n-3 total (% de energia)	ALA (g)	EPA+DHA (mg)	n-6/n-3
NATO	1989		3	800	4:1
ANC (France)	2001	0,8-1	1,8	450 (DHA, 110-120)	5:1
Health Council of the Netherlands	2001	1		200	7,5:1

## 6. Lípidos Totais

A fração lipídica da carne constitui um fator de grande variabilidade entre espécies, raças, indivíduos, métodos de produção, tipo de músculo, tipo de corte, ... (Hocquette et al., 2010). Mais recentemente tem vindo a ser considerada indesejável pela maioria dos consumidores, por questões ligadas à saúde. No entanto, a gordura intramuscular é um dos fatores que mais contribui para a qualidade sensorial (Hocquette et al., 2009) e respetivo valor nutricional da carne (Wood et al., 2008). As carnes de porco, coelho e aves são geralmente mais pobres em gordura, e dentro das aves o frango e o peru apresentam concentrações especialmente baixas de gordura, especialmente na zona do peito (Hocquette et al., 2010). No músculo podem considerar-se 2 tipos de lípidos: os lípidos estruturais- dos quais se destacam os fosfolípidos e o colesterol, e os lípidos de reserva- compostos na sua maioria pelos triacilgliceróis. Os lípidos estruturais compõem as membranas celulares e subcelulares enquanto os lípidos de reserva se encontram presentes nos adipócitos entre as fibras musculares e os diferentes músculos. No músculo a quantidade de fosfolípidos é relativamente constante enquanto a quantidade de triacilgliceróis está mais sujeita a variações provocadas pela raça, alimentação ou tipo de músculo (Scollan et al., 2006). Tanto na constituição dos fosfolípidos como dos triacilgliceróis estão presentes os ácidos gordos. Na gordura da carne podemos ainda considerar o conjunto das vitaminas lipossolúveis, das quais se destaca a vitamina E, pelo efeito antioxidante que tem no organismo.

### 6.1 Ácidos Gordos

Os ácidos gordos resultam de longas cadeias carbonadas com um grupo metil numa das extremidades e um grupo carboxilo na outra (Rustan & Drevon, 2005). Na nomenclatura destes ácidos atende-se ao número de carbonos da sua cadeia, à presença, ou não, de duplas ligações, e o local onde as mesmas ocorrem, podendo ser classificados em 3 grupos: ácidos gordos saturados (SFA) - ausência de duplas ligações, ácidos gordos monoinsaturados (MUFA) - presença de uma dupla ligação e ácidos gordos poliinsaturados (PUFA) - presença de 2 ou mais duplas ligações. Os PUFA e os MUFA podem ainda ser divididos em ácidos gordos *trans* ou *cis*, enquanto os PUFA são comumente organizados em diferentes famílias, das quais se destacam as famílias n-3 e n-6. Nos produtos de origem animal os ácidos gordos surgem em quantidades variáveis consoante a espécie, raça, sexo e dieta do animal (Stryer, 1996; Chow *et al.*, 2000). É comum a carne vermelha apresentar maior quantidade de ácidos gordos totais e ácidos gordos saturados do que a carne de aves (Chow *et al.*, 2000). Os ácidos gordos além da influência que exercem sobre a qualidade nutricional da carne influenciam a estabilidade oxidativa da mesma e, conseqüentemente, o respetivo tempo de validade do

produto. Isto porque o teor de ácidos gordos insaturados, e respetivo grau de insaturação, está positivamente correlacionado com a predisposição da carne à rancificação, fenómeno que contribui para a degradação da qualidade e perda de valor nutritivo da carne, induzindo mudanças de cor, sabor, odor, textura, destruição de pigmentos, vitaminas (lipossolúveis) e ácidos gordos essenciais (Murakami, 2009).

Na alimentação humana destaca-se a importância dos ácidos gordos poliinsaturados ómega-3 e ómega-6 pelas duplas ligações que os caracterizam, situadas no 3º e 6º carbono a contar do grupo carboxílico, e que não podem ser sintetizadas pelo nosso organismo (Suárez-Mahecha et al., 2002), tornando-os 2 classes de ácidos gordos essenciais na nossa alimentação. Na classe dos ómega-3 destaca-se o ácido alfa-linolénico (C18:3n-3) e na classe dos ómega-6 o ácido linoleico (C18:2n-6), que no nosso organismo são dessaturados e alongados, por ação das enzimas  $\Delta$ -4 e  $\Delta$ -6 *dessaturase*, dando origem a ácidos gordos de cadeias mais longas, entre 20 a 22 carbonos, e com maior grau de insaturação, pela adição de duplas ligações. O ácido linoleico é metabolizado em ácido araquidónico (C20:4n-6), enquanto o ácido alfa-linolénico é convertido em ácido eicosapentaenóico (C20:5n-3, EPA) e docosapentaenóico (C22:6n-3, DHA) (Simopoulos, 2008). Este processo de dessaturação é essencial uma vez que nos humanos, assim como na maioria dos mamíferos, tanto a retina como o córtex cerebral, os testículos e o esperma são particularmente ricos em DHA, ácido gordo que representa, igualmente, um dos componentes mais abundantes dos lípidos estruturais do cérebro (Simopoulos, 2008). No entanto, esta conversão é lenta, ambas as enzimas revelam preferência pelo ac. alfa-linoleico (n-6) e a enzima  $\Delta$ -6 representa o fator limitante desta reação cuja concentração tende a decrescer com a idade, hipertensão e problemas de diabetes (Simopoulos, 2008).

Atualmente observa-se um consumo excessivo de alimentos contendo ácidos gordos poliinsaturados da família ómega-6, pelas sociedades ocidentais, que contribui para desequilíbrios das proporções de n-6 e n-3 no organismo, e produção de grandes quantidades de prostaglandinas e tromboxanos da série 2 (fortes indutores da agregação plaquetária), e leucotrienos da série 4 (pró-inflamatórios), metabolizados a partir do metabolismo oxidativo do ácido araquidónico no nosso organismo. Quando estes metabolitos se encontram em grandes concentrações aumentam a probabilidade de desordens inflamatórias, distúrbios alérgicos, aumento da viscosidade do sangue, fenómenos de vasoconstrição e diminuição do tempo de coagulação (Simopoulos, 2008). Por outro lado, a ingestão de alimentos ricos em n-3PUFA, DHA ou EPA reduz a produção de prostaglandinas e tromboxanos da série 2 e leucotrienos da série 4, pelo nosso organismo, e eleva as produções de tromboxanos da série 3 (com fraca influência sobre a agregação plaquetária ao contrário dos tromboxanos da série 2) e leucotrienos da série 5 (anti-inflamatórios) (Simopoulos, 2008). Assim, um consumo

equilibrado de ácidos gordos poliinsaturados premiando rácios n-6/n-3 entre 5:1-10:1 (Murakami, 2009) é um aspeto fundamental á saúde do nosso organismo, servindo de prevenção a vários tipos de doenças. Vários organismos mundiais de saúde têm feito recomendações relativas às quantidades mínimas de n-3PUFA que devem ser ingeridas diariamente (tab.3), verificando-se um efeito benéfico sobre a prevenção de doenças cardiovasculares com uma ingestão diária de 0,58 g até valores de 2,81 g/d (Gebauer et al., 2006). Aqui pode destacar-se a importância da carne de aves que representa a segunda maior fonte de n-3PUFA, a seguir aos produtos marinhos, contribuindo com cerca de 20 % para o total de n-3PUFA da dieta.

Relativamente aos ácidos gordos monoinsaturados estes surgem na nossa alimentação quase exclusivamente sob a forma de ácido oleico (Ratnayake & Galli, 2009; Novello *et al.*, 2008) exibindo efeitos benéficos sobre a diminuição das lipoproteínas de baixa densidade do sangue (LDL) (Pereira, 2009; Murakami, 2009), enquanto o consumo de ácidos gordos saturados contribui para essa elevação, sendo frequentemente designados por hipercolesterolémicos. Do conjunto dos ácidos gordos saturados o ácido mirístico (C14:0), o ácido láurico (C12:0) e o ácido palmítico (C16:0) são os que mais se destacam pelo seu efeito hipercolesterolémico, enquanto o ácido esteárico (C18:0) apresenta um efeito neutro por ser imediatamente convertido em ac. oleico (C18:1) no nosso organismo. Já os ácidos gordos *trans* além de elevarem as concentrações de lipoproteínas de baixa densidade do sangue (LDL) diminuem a concentração de lipoproteínas de elevada densidade (HDL) (Bragagnolo, 2001). Esta elevação da concentração das lipoproteínas de baixa densidade do sangue (LDL) está associada à incidência de alguns tipos de desordens no nosso organismo como problemas de hipertensão, arteriosclerose e diabetes (Chow *et al.*, 2000; Novello *et al.*, 2008; Murakami, 2009; Daley *et al.*, 2010).

## Material e Métodos

### 1. Caracterização dos Animais e Amostras Recolhidas

Este estudo foi conduzido num bando de 4800 frangos da raça Redbro® (Hubbard SAS, Quintin, França), criado num pavilhão coberto da Campoaves (Oliveira de Frades) com acesso a uma zona exterior com coberto vegetal. Para este estudo foram selecionados aleatoriamente 45 desses frangos que, posteriormente, foram subdivididos em 3 grupos, de 15 animais cada: 1º) galos (sem qualquer intervenção); 2º) capões (frangos caponizados); 3º) aves submetidas a um tratamento com Improvac®. Para identificar o grupo de cada ave colocou-se um anel colorido em cada uma.

A primeira intervenção nas aves ocorreu aos 28 dias de idade, altura em que se procedeu à caponização dos frangos, num grupo, e à primeira vacinação com Improvac® (Zoetis, Portugal) no outro. Sobre o grupo dos galos nenhuma intervenção foi feita.

- Caponização

A caponização foi realizada por técnicos experientes, que realizaram a cirurgia, segundo o método tradicional, sem qualquer intervenção da equipa de investigação nesta etapa. Todas as aves foram privadas de alimento e água pelas 24 e 12 horas que antecederam a cirurgia, respetivamente.

Em todos os frangos a cirurgia foi praticada de igual forma, sucintamente: as penas em redor da área sobre as 2 últimas costelas eram arrancadas; a pele era desinfetada com uma solução de iodopovidona (10%) (Betadine, Mundipharma, Basel, Suíça); era feito um pequeno corte ( $\pm 1,5$  cm) nessa região com o auxílio de um bisturi; o operador procurava e retirava os testículos; e, por fim, a incisão era fechada com o auxílio de agrafos cirúrgicos.

- Tratamento com Improvac®

A 1ª vacinação dos frangos (3º grupo) com a solução injetável Improvac® também ocorreu aos 28 dias de idade das aves. A cada frango foi administrada subcutaneamente, atrás do pescoço, uma quantidade de 0,2 ml deste medicamento. Este procedimento ocorreu em duplicado, tendo sido a segunda dose administrada aos 91 dias de idade dos frangos, ou seja, 63 dias antes do abate.

- Maneio

Todos os indivíduos deste ensaio foram ao longo do período experimental submetidos aos mesmos métodos de manejo, em conformidade com o Regulamento nº 543/2008 (CE), que estabelece as normas para a produção de capão tradicional. Além disso, todas as aves foram alimentadas com o mesmo alimento concentrado (nutricionalmente equilibrado), destinado a cada fase de crescimento. As composições destes concentrados (starter, de crescimento e de acabamento) podem ser consultadas na Tabela 12 dos Anexos. No pavilhão, quer o grupo capão quer o grupo sujeito ao tratamento com Improvac® foram criados com o restante bando enquanto o grupo dos galos foi mantido isolado, apenas com contacto visual para as restantes aves.

Na área destinada aos galos a densidade animal era de 3 aves/m<sup>2</sup> (indoor) e 8 m<sup>2</sup>/ave (outdoor), enquanto na área destinada às restantes aves era de 6 aves/m<sup>2</sup> (indoor) e 4 m<sup>2</sup>/ave (outdoor). Tanto a separação dos grupos como a menor densidade de aves no espaço destinado aos galos tiveram por objetivo reduzir eventuais comportamentos agressivos destes animais para com os restantes.

- Abate

Aos 154 dias de idade (5 meses) o bando foi encaminhado para o matadouro da Lusíaves (Cova das Faias, Leiria). À chegada todos os indivíduos do ensaio foram pesados (Peso Vivo), seguindo depois para a linha de abate.

Nestas aves a sangria foi praticada de modo manual. Após o corte dos pés, cabeça e pescoço procedeu-se à evisceração das carcaças, tendo sido registado o peso da carcaça quente. Das vísceras recolheram-se o coração, o fígado a moela que foram individualmente pesados, embalados, identificados (grupo e número da ave) e refrigerados (<4°C). As carcaças seguiram para um túnel de refrigeração, a uma temperatura de 4°C. Posteriormente, foram registados os pesos das carcaças frias. O desmanche das carcaças fez-se de acordo com o Regulamento nº 543/2008. Além das vísceras, de cada carcaça recolheram-se a perna+coxa e o peito, amostras que foram embaladas, identificadas, armazenadas e transportadas sob refrigeração (<4°C) para o laboratório.

- Amostras

Para cada parâmetro avaliado as amostras foram tratadas, e acondicionadas, de modo distinto em laboratório. Para a realização das análises físico-químicas (cor e pH) as amostras

foram descongeladas e deixadas oxigenar (1h), período após o qual se procederam às medições. Para a determinação da composição centesimal e nutricional a preparação das amostras envolveu os processos de remoção da pele e outras estruturas adjacentes à componente muscular (ex.: tecidos adiposo e conjuntivo). A carne resultante era então homogeneizada separadamente (peito/perna) num processador de alimentos (Moulinex, França) e, cada porção, era dividida em 2 porções. Por fim, cada amostra era embalada a vácuo, num saco de polietileno, identificada (grupo e número da ave) e armazenada a -20°C até se procederem às análises.

Todas as análises foram efetuadas em duplicado e sempre que o coeficiente de variação (CV) ultrapassou os 5 % a análise foi repetida.

## 2. ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA CARNE

### 2.1. Cor e pH

O perfil colorimétrico das amostras ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ), foi determinado segundo o Sistema CIELab (1986) recorrendo-se a um colorímetro Minolta CR-300 (Konica Minolta Holdings Inc. Tóquio, Japão). Este modelo define 3 coordenadas tridimensionais:  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . O  $L^*$  refere-se à luminosidade, variando entre 0 (preto) e 100 (branco). O  $a^*$  diz respeito ao valor associado vermelho/verde e o  $b^*$  ao valor associado amarelo/azul, variando entre -60 e 60. A partir deste modelo foram ainda calculados mais 2 parâmetros:  $C^*$  (saturação da cor) e  $H^*$  (tom ou cor):

$$C^* = (a^{*2} - b^{*2})^{1/2};$$

$$H^* = \arctan(b^* / a^*).$$

Para cada amostra foram realizadas 3 medições distintas, na região do peito, e o valor final surgiu da respetiva média. As leituras foram efetuadas sobre áreas livres de alterações visíveis de cor, como hematomas, hemorragias ou vasos sanguíneos, componentes que poderiam afetar o resultado final.

Na medição do pH recorreu-se a um potenciómetro portátil HI 99163 (Hanna Instruments, EUA). A cada amostra fizeram-se 3 leituras distintas e o valor final resultou da respetiva média.

### **3. ANÁLISE ENDOCRINOLÓGICA**

#### **3.1. Testosterona**

As análises à testosterona plasmática das aves foram realizadas no Laboratório de Endocrinologia do Instituto Português de Oncologia de Lisboa.

Sucintamente, de cada ave recolheu-se uma amostra de sangue, no momento da degola, para dentro de tubos de recolha de 75 ml (SARSTEDT, Monovette), previamente identificados com o número e grupo da ave. Posteriormente, as amostras foram conservadas sob refrigeração (< 5°C) até se procederem às análises.

Já em laboratório cada amostra foi, primeiramente, submetida a uma centrifugação (2500 rpm, durante 5 minutos) de forma a promover a separação do plasma sanguíneo da restante fração celular e, posteriormente, o teor de testosterona total foi quantificado recorrendo a um método imunoenzimático competitivo, em fase sólida, por quimioluminescência (Immulite 2000, Siemens).

### **4. ANÁLISE CENTESIMAL E NUTRICIONAL DA CARNE**

#### **4.1. Humidade**

A determinação do teor de humidade das amostras foi feita de acordo com a Norma Portuguesa 1614 (2009) para carne e produtos cárneos.

- Equipamentos:
  - Cadinhos de vidro
  - Estufa ventilada (Cassel)
  - Balança Analítica (Startorius analytic, A210P)
  
- Procedimento:

Sucintamente, os cadinhos (limpos) eram colocados na estufa durante 30 min (T=103°C), período após o qual eram transferidos para um exsiccador e deixados a arrefecer até atingirem a temperatura ambiente. Os cadinhos vazios eram então pesados. Eram pesadas 5-8 g de amostra para dentro de cada cadinho previamente identificado (grupo e número da ave) com um marcador, e as amostras seguiam para a estufa (T=103°C; 2h). Em seguida o seu peso era registado. Estas operações de secagem e arrefecimento foram repetidas até que a

diferença entre 2 pesagens consecutivas, com 1h de intervalo, não excedesse os 0,1% do peso da amostra para análise.

- Cálculos:

$$H = [(m_1 - m_2) / (m_1 - m_0)] * 100;$$

H-teor de humidade;  $m_0$ -massa(g) do cadinho;  $m_1$ -massa do cadinho + amostra fresca(g);  $m_2$ - massa do cadinho + amostra depois da secagem (g)

## 4.2. Cinza

A cinza total das amostras foi calculada a partir das amostras desidratadas (da análise anterior).

- Equipamentos:
  - Mufla (LTD-EFC 12/45)
  - Cadinhos de vidro
  - Exsicador
  - Balança analítica (Startorius analytic, A210P)
  - Estufa ventilada (Cassel)

- Procedimento:

Os cadinhos com as amostras desidratadas foram colocados dentro da mufla a 350°C durante 2h. Posteriormente aumentava-se a temperatura para 550-600°C durante 4h. Ao final desse tempo os cadinhos eram transferidos para um exsicador e deixados arrefecer até à temperatura ambiente. Por fim a massa de resíduo era calculada por medição do peso dos cadinhos.

- Cálculos:

$$CT (\%) = [(m_3 - m_1) / (m_2 - m_1)] * 100;$$

CT=cinza total;  $m_1$ -massa cadinho vazio;  $m_2$ - massa cadinho + amostra fresca(g);  $m_3$ - peso cadinho + cinza (g)

#### 4.3. Proteína Bruta (*adaptado de Official Methods of Analysis, 1990, 15th edition*)

A determinação da proteína bruta das amostras foi realizada seguindo o método de Kjeldhal. Resumidamente, este método consiste numa digestão da amostra com recurso a ácido sulfúrico, seguida de uma destilação durante a qual o ácido bórico fixa o azoto da amostra formando moléculas de amónio e, por último, faz-se uma titulação com ácido clorídrico onde o volume de titulante usado nos permite estimar a quantidade de proteína da amostra.

- Equipamentos:
  - Tubos de Kjeldhal
  - Unidade automática de digestão Kjeldhal (VELP Scientifica, modelo DKL 12 12-position for 250/400 ml test tubes (Ø 42 mm))
  - Unidade automática de destilação Kjeldhal (VELP Scientifica, modelo UDK 159 Automatic Kjeldahl Analyzer)
- Reagentes:
  - Ácido Sulfúrico 98%
  - Pastilhas  $K_2SO_4$
  - NaOH (40%)
  - Ácido Bórico
  - HCL (0,5N)
- Digestão da Amostra

Sucintamente, a preparação da amostra antes de entrar no digestor consistia em pesar 1 g de carne (triturada) para dentro de um tubo de Kjeldhal, ao qual eram adicionados 12 ml de ácido sulfúrico (98%) e 2 pastilhas  $K_2SO_4$ . Estas amostras seguiam então para o digestor onde permaneciam cerca de 45 min a 410°C até ficarem com cor semelhante à do ensaio em branco (transparente).

O programa selecionado no digestor era o 32, próprio para carnes e produtos cárneos.

- Destilação e Titulação

Este processo era feito automaticamente pela unidade de destilação. Por cada análise realizada só tínhamos de identificar a amostra e registar o respetivo peso (g).

- Cálculos:

A unidade de destilação automática fornecia-nos por cada análise o volume de titulante (ml), a quantidade de azoto (%) e a quantidade de proteína (%) da amostra.

#### 4.4. Gordura Bruta (*adaptado de Official Methods of Analysis, 1990, 15th edition*)

Sucintamente, a determinação da gordura das amostras foi feita através da extração da fração lipídica da carne com éter de petróleo, o reagente escolhido para solvente. Por fim, o éter de petróleo era extraído, com o auxílio de um extrator automático e o resíduo de gordura quantificado.

- Equipamentos:
  - Balões esmerilados de fundo redondo (250ml)
  - Mantas elétricas
  - Condensadores, ligados a uma fonte de água fria
  - Papel de filtro
  - Medidores de pH
  - Estufa
  - Exsicador
  - Extrator de solvente (VELP Scientifica, modelo SER 148/6 6 positions; 950W)
  - Copos de vidro (material do extrator)
  - Anéis metálicos (material do extrator)
  - Cartuchos de extração (material do extrator)
  - Funis de vidro
  - Balões de erlenmeyer
  
- Reagentes:
  - Ácido clorídrico (4N)
  - Água destilada
  - Éter de petróleo (ponto ebulição 40-60°C)
  
- Procedimentos:

Para cada balão esmerilado foram pesadas 5 g de amostra fresca e adicionados 50 ml de ácido clorídrico. Os balões eram colocados sobre mantas elétricas e o preparado ficava em ebulição durante 1 h. Ao final desse tempo as amostras eram filtradas em papel de filtro e, por ele, era feita passar água destilada previamente aquecida até que o pH do escorrido neutraliza-se (pH=7). Os papeis de filtro com os respectivos resíduos eram então encaminhados para a estufa (1:30 h a 103°C). Ao mesmo tempo, os copos de vidro, próprios do extrator, eram colocados na estufa (2 h; T=103°C) de forma a perderem qualquer resíduo de humidade e posteriormente pesados. Os papeis de filtro eram colocados dentro de cartuchos de extração (do equipamento de extração) e a cada um desses cartuchos fazia-se

corresponder um copo de vidro (pesado e identificado). A cada copo de vidro eram adicionados 50 ml de éter de petróleo e tanto os copos como os cartuchos eram colocados no extrator, passando então a seguir-se as instruções do aparelho de extração. No final, os copos de vidro eram retirados do extrator e colocados na estufa (30min a 75°C). Depois de arrefecidos no interior do exsiccador, até à temperatura ambiente, eram pesados uma última vez.

- Cálculos:

$$GT (\%) = [(m_2 - m_1) / m] * 100;$$

GT-gordura total; m- massa da amostra (g); m<sub>1</sub>- massa do copo de vidro antes da extração (g); m<sub>2</sub>- massa do copo com gordura, após a extração (g)

#### 4.5. Ácidos Gordos

A extração dos ácidos gordos das amostras fez-se com recurso à técnica descrita por O'Fallon et al. (2006).

- Equipamento utilizado:
  - Banho-maria (GFL, 1083)
  - Vórtex (Heidolph, Multi reax)
  - Viais de GC
  - Centrífuga (Sigma, modelo 6K10)
  - Tubos de vidro borosilicado (Kimax de 16 ml)
- Reagentes:
  - Metanol (Merck Biosciences, Alemanha)
  - Sulfato de Sódio anidro (Merck Biosciences, Alemanha)
  - Ácido Sulfúrico (Merck Biosciences, Alemanha)
  - Hidróxido de Potássio (Merck Biosciences, Alemanha)
- Soluções preparadas:
  - Solução de hidróxido de potássio em água, 10N KOH
  - Solução de ácido sulfúrico em água, 24N (12M) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
  - Padrão interno – C19:0 (0,5mg/ml em metanol)

- Extração

Foi feita a pesagem de 1g (aproximadamente) de cada amostra para dentro de um tubo de vidro borossilicado. A este tubo eram adicionados 0,5 ml de padrão interno, 0,7 ml de solução de hidróxido de potássio e 5,3 ml de metanol. De seguida estes tubos passavam para o banho-maria (55°C; 1,5h), com agitações no vórtex a cada 20 minutos. Após este tempo, os tubos eram arrefecidos (em água corrente) e a cada um eram adicionados 0,58 ml de ácido sulfúrico passando, novamente, para o Vórtex até haver acumulação de precipitado. Nessa altura os tubos voltavam ao banho-maria (55°C; 1,5h) com agitações no vórtex a cada 20 minutos. Seguidamente, os tubos voltavam a ser arrefecidos (água corrente) e a cada um eram adicionados 3 ml de n-hexano, passando depois para a centrifugadora (2500 rpm; 5 min). No final, a fase de hexano era retirada e eram-lhe adicionadas 0,5 g de sulfato de sódio de anidro. O processo de centrifugação era repetido (2500 rpm; 5 min) e, por fim, a fase de hexano era transferida para viais de GC que foram mantidos a -20°C até serem analisados no cromatógrafo.

- Quantificação e Tipificação

Para quantificar e identificar os AG recorreu-se a um cromatógrafo gasoso com detetor de ionização por chama (GF-FID) da secção de Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária, da Universidade de Lisboa. O equipamento utilizado era da marca Shimadzu GC-2010-plus com uma coluna capilar (Surprawax 280, 10 m x 0,10 mm x 0,10 µm, Teknokroma). O gás de arraste utilizado foi o hélio com uma pressão constante de 1 ml/min. A porção de amostra injetada foi 1 µl. O programa de temperatura usado iniciava-se aos 50°C (durante 1 min), aumentava 50°C/min até aos 150°C (mantidos durante 20 min), aumentava 1°C/min até aos 190°C (mantidos durante 1 min) e, por fim, aumentava 2°C/min até aos 220°C (mantidos durante 18 min).

- Cálculo dos Índices de Qualidade Lipídica:

Índice Aterogenicidade (IA)= ( C12:0 + 4 x C14:0 + C16:0 ) / (  $\sum$ (n-6) +  $\sum$ (n-3) +  $\sum$ (MUFA) )

Índice Trombogenicidade (IT)= ( C14:0 + C16:0 + C18:0 ) / ( 0,5 x  $\sum$  (MUFA) + 0,5 x  $\sum$ (n-6) + 3 x  $\sum$ (n-3) + n-3/n-6 )

Índice de Peroxidação (IP)= (% monoenóico x 0,025) + (% dienóico x 1) + (% trienóico x 2) + (% tetraenóico x 4) + (% pentaenóico x 6) + (% hexaenóico x 8)

Rácio h/H= ( C18:1n-9 + C18:2n-6 + C18:3n-3 + C20:4n-6 + C20:5n-3 + C22:5n-3 + C22:6n-3 ) / ( C14:0 + C16:0 )

## **5. ANÁLISE OSTEOLÓGICA**

### **5.1. Características dos principais ossos longos Fémur, Tíbia e Úmero**

De cada ave foram recolhidos o úmero, o fémur e a tíbia do lado direito do esqueleto. Estes ossos foram completamente limpos de estruturas adjacentes ao tecido ósseo e colocados numa estufa (T=40°C, 5 dias). No final, foi medido o peso de cada osso, o seu comprimento e a largura da diáfise.

## **6. ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Os dados recolhidos das amostras foram analisados recorrendo ao procedimento misto do SAS (SAS 9.3), o modelo considerou um efeito único (grupo experimental), considerando como medidas repetidas os dados obtidos de diferentes porções da mesma ave. A média dos mínimos quadrados foi apresentada e comparada sempre que eram observadas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre grupos experimentais, recorrendo ao teste LSD.

## Resultados

Embora inicialmente este estudo tenha sido delineado com 3 grupos experimentais foi possível durante a evisceração das carcaças observar a existência de aves que pertencendo ao grupo dos capões inicialmente ostentavam massas testiculares de diferentes dimensões à altura de abate. Nasceu assim o 4º grupo experimental, o grupo Rinchão. Este grupo, formado por 8 aves, terá surgido de falhas decorrentes da caponização dos frangos, falhas que terão possibilitado a regeneração da massa testicular e a produção de quantidades variáveis de testosterona nestes indivíduos.

### **1. Peso Vivo e Composição da Carcaça**

Na Tabela 4 estão apresentados os pesos vivos, pesos da carcaça quente e fria, pesos das diferentes porções corporais e vísceras edíveis, para os diferentes grupos. A análise destes resultados permitiu verificar a inexistência de diferenças significativas, entre grupos, tanto para o Peso Vivo, como para os Pesos das Carcaças Quentes e Frias, cujas médias foram de 4807 g, 3937 g e 3923 g, respetivamente. Também não foram observadas diferenças relativamente aos pesos e rendimentos das 3 porções analisadas (asa, perna e peito), nem das vísceras edíveis (coração, fígado e moela). Os pesos médios das porções asa, perna e peito foram 376,98 g, 1188,18 g e 739,63 g, e das vísceras edíveis, coração, fígado e moela foram 26,55 g, 51,78 g e 48,4 g, respetivamente.

No entanto, a análise estatística permitiu observar a ocorrência de diferenças muito significativas ( $P < 0,001$ ) no peso e rendimento da gordura abdominal dos diferentes grupos. O capão apresentou acumulações de gordura abdominal (183,3 g) significativamente superiores às dos galos (92,92 g) ( $P < 0,001$ ), enquanto o grupo Improvac (137,9 g) apresentou teores intermédios entre o capão e o rinchão, mas significativamente superiores ( $P < 0,001$ ) ao galo. Estas diferenças relativas ao peso da gordura abdominal, fizeram-se igualmente notar nos respetivos percentuais. Os capões (4,66 %) apresentaram as maiores percentagens de gordura abdominal na carcaça, diferenciando-se muito significativamente ( $P < 0,001$ ) dos restantes grupos. Por sua vez, entre o rinchão (3,16 %) e as aves do grupo Improvac (3,35 %) não se observaram diferenças significativas relativamente ao percentual de gordura abdominal.

**Tabela 4** – Peso vivo, peso da carcaça quente e fria, peso das principais porções corporais e miudezas (g), e respectivos rendimentos de estiva (%) para os diferentes grupos experimentais

	Capões	Improvac	Rinchões	Galos	Estatística	
					RSD	P
N	7	15	8	14		
Peso Vivo	4865,1	5011,3	4747,0	4605,6	573,6	0,30
Peso da Carcaça Quente	3961,9	4085,5	3881,5	3818,4	468,8	0,48
Peso da Carcaça Fria	3942,6	4077,5	3865,4	3808,1	464,9	0,46
<b>Peso das Porções Corporais e Miudezas</b>						
Asa	370,1	382,0	384,6	371,2	42,6	0,82
Perna	1195,6	1255,1	1139,6	1162,4	141,8	0,22
Peito	761,3	760,0	748,3	688,9	122,9	0,40
Gordura Abdominal	183,3 <sup>a</sup>	137,9 <sup>a,b</sup>	118,8 <sup>b,c</sup>	92,92 <sup>c</sup>	43,1	<0,001
Coração	25,9	28,6	24,1	27,6	3,77	0,05
Fígado	53,0	52,1	48,1	53,9	7,70	0,40
Moela	44,7	52,5	45,8	50,6	7,51	0,08
<b>Rendimento (%)<sup>2</sup></b>						
Asa	9,47	9,38	10,1	9,82	0,99	0,37
Perna	30,3	30,8	29,5	30,6	1,15	0,07
Peito	19,3	18,6	19,3	17,9	1,45	0,12
Gordura Abdominal	4,66 <sup>a</sup>	3,35 <sup>b</sup>	3,16 <sup>b,c</sup>	2,32 <sup>c</sup>	1,03	<0,001
Coração	0,66	0,70	0,63	0,73	0,01	0,18
Fígado	1,34	1,27	1,25	1,44	0,24	0,19
Moela	1,13	1,30	1,21	1,33	0,21	0,18

RSD = Desvio Padrão Residual; <sup>a,b,c</sup> diferentes supraescritos na mesma linha correspondem a valores estatisticamente diferentes ( $p < 0,05$ ); <sup>1</sup> Peso Vivo obtido imediatamente antes do abate; <sup>2</sup> expresso como % do peso da carcaça fria

## 2. Cor e pH

Os resultados das análises físico-químicas da carne encontram-se na Tabela 5. A análise de resultados permitiu observar a existência de diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre grupos nos valores de luminosidade ( $L^*$ ), teores de vermelho ( $a^*$ ) e tom (ou cor,  $H^*$ ). As aves do grupo Improvac revelaram valores de luminosidade ( $L^*$ ) significativamente inferiores aos do grupo capão (53,71 vs 56,06,  $p < 0,003$ ), assim como de tom ( $H^*$ ) (36,91 vs 60,69,  $p < 0,001$ ), este último com um nível de significância bastante mais elevado. Para ambas as determinações o

grupo Improvac deteve valores intermédios aos do galo e rinchão, nunca variando significativamente de nenhum deles ( $p > 0,05$ ). Relativamente aos valores de vermelho ( $a^*$ ) estes foram significativamente superiores ( $P < 0,05$ ) nas amostras de galo (3,08) e Improvac (2,75), e inferiores nas amostras de capão (1,80) e rinchão (1,66).

Sobre os valores de  $pH_{24}$ ,  $b^*$  (teor de amarelo) e  $C^*$  (valor de saturação) não foram observadas diferenças significativas entre grupos.

**Tabela 5**– Parâmetros Colorimétricos

	Capão	Improvac	Rinchão	Galo	Estatística	
					RSD	<i>P</i>
$pH_{24}$	5,67	5,65	5,67	5,67	0,09	0,82
$L^*$	56,06 <sup>a</sup>	53,71 <sup>b</sup>	55,66 <sup>a,b</sup>	53,53 <sup>b</sup>	2,17	0,003
$a^*$	1,80 <sup>b</sup>	2,75 <sup>a</sup>	1,66 <sup>b</sup>	3,08 <sup>a</sup>	0,91	<0,001
$b^*$	3,28	2,33	2,39	1,54	1,64	0,057
$C^*$	4,04	3,82	3,09	3,63	1,33	0,364
$H^*$	60,69 <sup>a</sup>	36,91 <sup>b,c</sup>	51,78 <sup>a,b</sup>	26,34 <sup>c</sup>	19,7	<0,001

<sup>a,b,c</sup> diferentes supraescritos na mesma linha correspondem a valores estatisticamente diferentes ( $p < 0,05$ ); RSD = Desvio Padrão Residual;

### 3. Testosterona

Os níveis de testosterona detetados nas aves dos diferentes grupos estão na Tabela 6. No capão os resultados das análises não revelaram quaisquer concentrações desta hormona, pelo menos acima do Limite Mínimo Detetável, ou seja, >20 ng/dL. Entre as amostras dos restantes 3 grupos (Improvac, rinchão e galo) a concentração média de testosterona sanguínea variou entre 28,3 e 134,7 ng/dL.

Tal como se esperava, as concentrações sanguíneas desta hormona nos galos (média= 134,7 ng/dL) foram significativamente superiores ( $p < 0,01$ ) às das aves tratadas com Improvac® (média= 28,3 ng/100dL) ou rinchões (média= 134,7 ng/100 dL). No entanto, entre os grupos Improvac e rinchão não se observaram quaisquer diferenças significativas relativas á concentração plasmáticas de testosterona.

**Tabela 6** – Concentrações séricas de testosterona nos diferentes grupos experimentais (ng/100 dL)

Testosterona	Capão	Improvac	Rinchão	Galo
N	7	15	8	14
Média	ND	28,3 <sup>b</sup>	51,9 <sup>b</sup>	134,7 <sup>a</sup>
Amplitude	ND	20,1-32,5	25,9-81,8	56,5-342

ND –Não Detetável, concentração de testosterona inferior ao limite mínimo de detecção (<20 ng/100 ng/dL); <sup>a,b,c</sup> diferentes supraescritos correspondem a valores estatisticamente diferentes ( $p<0,01$ );

#### **4. Composição Centesimal**

A composição centesimal da carne (perna/peito) das aves dos diferentes grupos é apresentada na Tabela 7. Nas amostras do peito os teores médios de humidade, proteína, gordura intramuscular e cinza foram, respetivamente, 71,46 %, 25,37 %, 2,03 % e 1,14 %, enquanto nas amostras de perna foram 71,24 %, 19,5 %, 8,29 % e 0,98 %. Assim, foi possível verificar a maior percentagem de proteína na região do peito, bem como de gordura na região perna.

Sobre os resultados às amostras de perna nenhuma diferença estatística foi observada entre os 4 grupos. No entanto, na carne do peito detetaram-se diferenças significativas relativamente às percentagens de humidade e proteína das amostras. O grupo Improvac revelou teores significativamente superiores de água no peito (72,07 vs 70,83 %,  $p<0,05$ ) e muito significativamente inferiores de proteína (24,79 vs 25,93 %,  $p<0,001$ ) do que o capão. Para os mesmos parâmetros não se observaram diferenças entre a carne do grupo Improvac ou galo.

**Tabela 7** – Composição centesimal (g/100 g de porção edível) da carne do peito e da perna dos diferentes grupos experimentais

	Capão	Improva c	Rinchão	Galo	Estatística	
					RSD	P
<b>Peito</b>						
Água	70,83 <sup>c</sup>	72,07 <sup>a</sup>	71,06 <sup>b,c</sup>	71,87 <sup>a,b</sup>	0,93	0,03
Proteína	25,93 <sup>a</sup>	24,79 <sup>c</sup>	25,71 <sup>a,b</sup>	25,05 <sup>b,c</sup>	0,61	<0,001
Gordura Intramuscular	2,14	1,97	2,09	1,93	0,96	0,52
Cinza	1,09	1,17	1,14	1,15	0,10	0,44
<b>Perna</b>						
Água	70,41	71,42	71,18	71,93	1,90	0,39
Proteína	19,06	19,41	19,81	19,70	0,99	0,41
Gordura Intramuscular	9,53	8,18	8,05	7,38	2,49	0,31
Cinza	0,99	0,99	0,96	0,98	0,06	0,94

RSD = Desvio Padrão Residual; a diferentes supraescritos na mesma linha correspondem diferenças estatisticamente diferentes ( $p < 0,05$ );

## 5. Perfil de Ácidos Gordos

Os perfis de ácidos gordos na carne (peito e perna) dos diferentes grupos experimentais estão nas Tabelas 8 e 9, enquanto os somatórios parciais de ácidos gordos e índices nutricionais se encontram na Tabela 10 (abaixo). Pela observação dos perfis lipídicos do peito e perna (Tabelas 8 e 9) foi possível verificar a existência de apenas uma diferença significativa entre grupos, num total de 19 ácidos gordos e 3 dimetil-acetais (DMAs) encontrados.

Os resultados apresentados permitem constatar que tanto o perfil de AG do peito como da perna foram dominados pelo ácido oleico (C18:1 *cis*-9). A sua concentração variou entre 34,1 e 35,9 % do total de ácidos gordos do peito e perna (89 e 86 % do total dos MUFA), respetivamente. O segundo ácido gordo mais abundante foi o ácido palmítico (C16:0), também responsável pela única diferença estatisticamente significativa observada entre grupos. As concentrações deste ácido gordo variaram entre 23,0 e 23,8 % do total de ácidos gordos no peito e, 22,3 e 24,6 % do total de ácidos gordos na perna (74,2 e 76,8% do total dos SFA, respetivamente). Na perna de capão a concentração de ácido palmítico foi significativamente superior ( $P < 0,05$ ) à concentração do mesmo ácido na perna de galo (24,6 % vs 22,3 % do total de ácidos gordos), enquanto os outros 2 grupos (rinchão e Improvac) apresentaram concentrações intermédias deste ácido gordo. Em conjunto com os ácidos gordos oleico e palmítico o terceiro ácido gordo predominante (com concentração  $\geq 10$  %) foi o ácido linoleico (C18:2n-6; 16,4-17,7 % e 19,2-20,1 % do total de ácidos gordos no peito e

perna, respetivamente). Em qualquer um dos 4 grupos experimentais (galo, capão, rinchão e Improvac) a importância relativa destes 3 ácidos gordos não variou.

O conjunto dos ácidos gordos poliinsaturados (PUFA) foi o menos predominante na gordura intramuscular destas aves, representando apenas 25,3 e 24,2 % do total de ácidos gordos no peito e perna, respetivamente. Deste grupo faziam parte 9 ácidos gordos distintos, 5 ácidos gordos da família n-6 e 4 da família n-3, dos quais o ácido linoleico (C18:2n-6) e o ácido araquidónico (C20:4n-6) eram os que estavam em maior proporção tanto no peito como na perna. Na família n-3PUFA o ácido  $\alpha$ -linolénico (C18:3n-3) foi o mais abundante (2,3 e 3,1 % do total dos PUFA no peito e perna, respetivamente) representando, no entanto, menos de 1 % do total de ácidos gordos em ambas as partes.

**Tabela 8** – Conteúdo total de ácidos gordos (expresso em g/100 g de carne fresca) e perfil lipídico da carne do peito (expresso em g/100 g de ácidos gordos) para os diferentes grupos experimentais

Ácidos Gordos	Capão	Improvac	Rinchão	Galo	Estatística	
					RSD	P
Peito						
AG totais	25,7	23,9	24,1	24,0	11,3	0,98
C14:0	0,60	0,60	0,53	0,51	0,009	0,07
C15:0	0,05	0,06	0,06	0,06	0,02	0,42
C16:0	23,8	23,0	23,3	23,6	1,13	0,39
C17:0	0,15	0,15	0,12	0,13	0,07	0,81
C18:0	6,48	6,35	6,80	6,58	0,89	0,43
C20:0	0,35	0,38	0,31	0,42	0,10	0,26
C14:1 cis-9	0,19	0,11	0,14	0,11	0,07	0,06
C16:1 cis-9	4,27	4,30	3,81	3,87	0,89	0,54
C17:1 cis-9	0,11	0,09	0,11	0,10	0,03	0,55
C18:1 cis-9	35,8	34,1	34,2	35,9	2,73	0,33
C18:2n-6	16,4	17,7	16,9	16,9	1,24	0,11
C18:3n-3	0,59	0,63	0,53	0,50	0,10	0,58
C20:2n-6	0,21	0,22	0,17	0,20	0,06	0,33
C20:4n-6	4,29	4,98	5,04	4,60	1,66	0,77
C20:5n-3	0,07	0,03	0,05	0,03	0,05	0,20
C22:4n-6	1,06	0,96	2,08	1,08	0,05	0,17
C22:5n-6	0,44	0,37	0,46	0,36	0,17	0,55
C22:5n-3	0,56	0,51	0,53	0,46	0,16	0,66
C22:6n-3	0,58	0,54	0,50	0,47	0,17	0,61
DMAs						
DMA-C16:0	2,67	3,39	2,95	3,02	1,11	0,51
DMA-C18:0	0,79	0,87	0,79	0,68	0,31	0,63
DMA-C18:1	0,50	0,55	0,54	0,46	0,18	0,74

RSD = Desvio Padrão Residual; diferentes supraescritos na mesma linha correspondem diferenças estatisticamente diferentes ( $p < 0,05$ );

**Tabela 9** – Conteúdo total de ácidos gordos (expresso em g/100 g de carne fresca) e perfil lipídico da carne da perna (expresso em g/100 g de ácidos gordos totais) para os diferentes grupos experimentais

Ácidos Gordos	Capão	Improvac	Rinchão	Galo	Estatística	
					RSD	P
<b>Perna</b>						
AG totais	88,8	77,2	73,5	58,0	32,8	0,22
C14:0	0,66	0,68	0,73	0,63	0,11	0,06
C15:0	0,09	0,09	0,12	0,10	0,03	0,31
C16:0	24,6 <sup>a</sup>	23,4 <sup>a,b</sup>	23,7 <sup>a,b</sup>	22,3 <sup>b</sup>	1,30	0,003
C17:0	0,12	0,14	0,15	0,12	0,04	0,77
C18:0	5,27	5,80	5,47	6,04	0,10	0,44
C20:0	0,34	0,50	0,39	0,41	0,36	0,77
C14:1 cis-9	0,16	0,16	0,22	0,17	0,05	0,10
C16:1 cis-9	6,10	5,89	6,26	5,50	1,17	0,55
C17:1 cis-9	0,10	0,13	0,13	0,11	0,08	0,77
C18:1 cis-9	38,6	37,5	35,9	35,9	2,67	0,10
C18:2n-6	19,2	19,6	20,1	19,6	1,76	0,78
C18:3n-3	0,74	0,70	0,77	0,71	0,12	0,34
C20:2n-6	0,15	0,19	0,23	0,22	0,08	0,20
C20:4n-6	1,65	2,01	2,05	2,53	0,72	0,07
C20:5n-3	0,03	0,06	0,08	0,07	0,05	0,37
C22:4n-6	0,52	0,71	0,70	0,64	0,42	0,80
C22:5n-6	0,18	0,30	0,32	0,26	0,23	0,63
C22:5n-3	0,20	0,21	0,22	0,24	0,08	0,63
C22:6n-3	0,26	0,30	0,31	0,34	0,14	0,73
<b>DMA</b>						
DMA-C16:0	0,66	0,10	1,45	1,13	0,93	0,47
DMA-C18:0	0,19	0,34	0,45	0,40	0,34	0,48
DMA-C18:1	0,10	0,14	0,18	2,41	4,35	0,53

RSD = Desvio Padrão Residual; diferentes supraescritos na mesma linha correspondem diferenças estatisticamente diferentes ( $p < 0,05$ );

Pela observação dos resultados da Tabela 10 verificou-se a ausência de diferenças estatísticas sobre os resultados dos somatórios parciais dos principais grupos de ácidos gordos (SFA, MUFA, PUFA, n-6, n-3 e DMA). As diferenças estatísticas ( $p < 0,05$ ) foram detetadas apenas após o cálculo dos índices e rácios nutricionais.

Nas amostras de peito foram detetadas diferenças estatísticas ( $P < 0,05$ ) nos rácios PUFA/SFA, n-6/n-3, h/H e no índice de Trombogenicidade (IT). Sobre os 2 primeiros rácios, o valor PUFA/SFA compreendeu-se num intervalo de 0,55 (capão) a 0,61 (Improvac) ( $P < 0,05$ ), enquanto o valor n-6/n-3 variou entre 12,6 (capão) e 16,1 (galo) ( $P < 0,05$ ). Em qualquer um destes rácios o grupo capão apresentou os menores valores enquanto os restantes grupos não se diferenciaram estatisticamente ( $P > 0,05$ ). Relativamente ao índice de Trombogenicidade (IT) observou-se que se compreendia num intervalo de 0,58 (grupo Improvac) a 0,62 (grupo capão), com o capão a apresentar um valor estatisticamente superior ( $p < 0,05$ ) ao observado no Improvac. No rácio hipocolesterolémicos/hipercolesterolémicos (h/H) o grupo Improvac apresentou valores intermédios entre o capão e o galo, que por sua vez se diferenciaram estatisticamente ( $p < 0,05$ ) entre si.

Nas amostras de perna as diferenças estatísticas ( $P < 0,05$ ) observaram-se nos índices de Aterogenicidade (IA) e hipocolesterolémicos/hipercolesterolémicos (h/H). Entre os 4 grupos experimentais o IA variou entre 0,37 (galo) e 0,41 (capão),  $p < 0,05$ , enquanto o rácio h/H variou entre 2,40 (capão) e 2,59 (galo),  $p < 0,05$ . Para ambos os índices os restantes 2 grupos (Improvac e rinchão) apresentaram valores intermédios, nunca variando significativamente entre si.

**Tabela 10-** Somas parciais dos principais grupos de ácidos gordos (expresso em g/100 g de ácidos gordos totais) e índices de qualidade lipídica para as porções do peito e perna dos diferentes grupos experimentais

	Capão	Improvac	Rinchão	Galo	Estatística	
					RSD	P
<b>Peito</b>						
Somadas Parciais de AG						
SFA	31,4	30,6	31,1	31,3	0,89	0,13
MUFA	40,4	38,7	38,3	40,0	3,33	0,51
PUFA	24,2	26,0	26,3	24,6	2,35	0,21
n-6 PUFA	22,4	24,2	24,7	23,1	2,15	0,14
n-3 PUFA	1,80	1,71	1,61	1,46	0,28	0,09
DMA	3,96	4,81	4,27	4,17	1,57	0,61
Índices de Qualidade Lipídica						
PUFA/SFA	0,55 <sup>b</sup>	0,61 <sup>a</sup>	0,57 <sup>a,b</sup>	0,57 <sup>a,b</sup>	0,04	0,01
n-6/n-3	12,6 <sup>b</sup>	14,4 <sup>a</sup>	15,8 <sup>a</sup>	16,1 <sup>a</sup>	1,93	0,005
IA <sup>1</sup>	0,41	0,39	0,39	0,38	0,02	0,10
IT <sup>2</sup>	0,62 <sup>a</sup>	0,58 <sup>b</sup>	0,59 <sup>a,b</sup>	0,59 <sup>a,b</sup>	0,03	0,04
h/H <sup>3</sup>	2,39 <sup>b</sup>	2,48 <sup>a,b</sup>	2,43 <sup>a,b</sup>	2,55 <sup>a</sup>	0,12	0,04
IP <sup>4</sup>	51,3	53,6	57,7	50,6	11,3	0,64
<b>Perna</b>						
Somadas Parciais de AG						
SFA	31,1	30,6	30,6	29,6	1,59	0,20
MUFA	45,0	43,7	42,4	41,7	2,84	0,08
PUFA	22,9	24,1	24,9	24,7	2,31	0,31
n-6 PUFA	21,7	22,8	23,4	23,4	2,19	0,34
n-3 PUFA	1,24	1,27	1,48	1,35	0,25	0,27
DMA	0,95	1,58	2,07	3,94	0,39	0,44
Índices de Qualidade Lipídica						
PUFA/SFA	0,65	0,68	0,71	0,71	0,06	0,29
n-6/n-3	18,0	18,3	16,2	17,6	2,71	0,44
IA <sup>1</sup>	0,41 <sup>a</sup>	0,38 <sup>a,b</sup>	0,40 <sup>a,b</sup>	0,37 <sup>b</sup>	0,02	0,01
IT <sup>2</sup>	0,56	0,54	0,56	0,53	0,03	0,35
h/H <sup>3</sup>	2,40 <sup>b</sup>	2,51 <sup>a,b</sup>	2,43 <sup>a,b</sup>	2,59 <sup>a</sup>	0,13	0,009
IP <sup>4</sup>	35,2	39,0	40,3	41,2	5,86	0,17

<sup>1</sup> Índice de Aterogenicidade (IA); <sup>2</sup> Índice de Trombogenicidade (IT); <sup>3</sup> Rácio hipocolesterolémicos / hipercolesterolémicos (h/H); <sup>4</sup> Índice de Peroxibilidade (IP); RSD = Desvio Padrão Residual; diferentes supraescritos na mesma linha correspondem diferenças estatisticamente diferentes ( $p < 0,05$ );

## 6. Características dos principais ossos longos Fémur, Tíbia e Úmero

Na Tabela 11 estão os resultados relativos ao peso, largura e comprimento da tíbia, fémur e úmero das aves do estudo. Pela análise dos resultados encontrados deteta-se apenas uma diferença estatística ( $p < 0,001$ ), entre grupos, relativa ao comprimento do fémur. Este osso revelou ser ( $P < 0,001$ ) mais longo nos galos (100,86 mm) do que nos capões (96,42 mm) ou aves do grupo Improvac (97,15 mm). Nem no úmero nem na tíbia foram encontradas diferenças significativas entre estes 4 grupos de aves.

**Tabela 11**– Características dos principais ossos longos Fémur, Tíbia e Úmero

		Capão	Improvac	Rinchão	Galo	Estatística	
						RSD	<i>P</i>
Úmero	Peso (g)	8,319	9,046	9,221	9,511	1,47	0,36
	Comprimento (mm)	94,36	94,51	97,39	96,94	4,04	0,21
	Largura (mm)	8,717	8,596	8,710	8,763	0,62	0,93
	Peso/Comprimento	0,086	0,095	0,094	0,096	0,014	0,41
Fémur	Peso (g)	3,080	3,088	3,041	3,250	0,39	0,70
	Comprimento (mm)	96,42 <sup>c</sup>	97,15 <sup>b,c</sup>	99,83 <sup>a,b</sup>	100,86 <sup>a</sup>	4,02	<0,001
	Largura (mm)	12,61	14,04	14,76	16,26	1,65	0,06
	Peso/Comprimento	0,032	0,031	0,031	0,031	0,003	0,85
Tíbia	Peso (g)	4,48	4,32	4,16	4,33	0,90	0,71
	Comprimento (mm)	155,55	145,25	161,03	162,87	23,2	0,77
	Largura (mm)	18,34	19,69	20,14	20,01	4,24	0,29
	Peso/Comprimento	0,030	0,048	0,025	0,026	0,004	0,47

RSD = Desvio Padrão Residual; diferentes supraescritos na mesma linha correspondem diferenças estatisticamente diferentes ( $p < 0,05$ );

## Discussão de Resultados

### 1. Peso vivo e Composição da Carcaça

Nem a caponização nem o tratamento com Improvac® exerceram qualquer influência significativa sobre o peso das aves à idade de abate. Dos 4 grupos verificou-se que aquele em que as aves haviam sido sujeitas ao medicamento Improvac® apresentava a maior média de pesos aos 154 dias de idade, associada ainda, a uma maior homogeneidade entre indivíduos do mesmo grupo. Já nos galos os pesos seguiam uma tendência negativa, influenciada por uma maior variabilidade entre indivíduos e um comportamento mais agressivo. Esta atitude agressiva dos galos terá conduzido, ao longo de todo o período experimental, a maiores dispêndios energéticos com lutas e comportamentos territoriais, influenciando os respectivos pesos finais. No entanto, contrariamente às observações de Symeon et al. (2010) e Lin & Hsu (2002) as variações de peso entre capões e galos deste estudo não se revelaram significativas ( $p < 0,05$ ).

Relativamente aos pesos e rendimentos das diversas porções corporais analisadas, os resultados sugerem que apenas a deposição de gordura na cavidade abdominal terá ocorrido a diferentes ritmos, consoante o grupo de aves. Comparando os resultados das Tabelas 4 e 6 é possível notar uma relação inversa entre o peso da gordura abdominal e as concentrações sanguíneas de testosterona, tal como já haviam descrito Chen et al. (2006) e Sirri et al. (2009). Esta hormona parece ter afetado negativamente a atividade das enzimas lipogénicas, provocando alterações nos rendimentos finais (Lin & Hsu, 2002). Talvez por isso, aves do grupo improvac e rinchão tenham revelado rendimentos intermédios de gordura abdominal, associados a concentrações intermédias de testosterona plasmática.

Sobre os efeitos do tratamento com Improvac® verificou-se um efeito negativo relativo à percentagem de gordura abdominal da carcaça, tornando-a significativamente diferente da dos capões (3,35 vs 4,66 %,  $p < 0,001$ ), mas superior ao dos galos. Este efeito poder-se-á revelar benéfico ao nível da produção industrial, conduzindo a menores desperdícios de carcaça, uma vez que estes depósitos de gordura são normalmente retirados durante a evisceração.

### 2. Cor e pH

Relativamente aos parâmetros colorimétricos da carne de frango sabe-se que são fortemente afetados pela presença de pigmentos heme, pigmentos responsáveis pela cor vermelha dos

produtos cárneos. No entanto, segundo Sirri et al. (2009) a concentração destes pigmentos heme nos capões é menor do que nos galos ou rinchões, sugerindo uma influência dos níveis de testosterona plasmática sobre o respetivo conteúdo em pigmentos da carne. De facto, os resultados das análises colorimétricas (Tabela 5) permitiram observar que as amostras de capão ostentavam os menores índices de vermelho ( $a^*$ ) e, por sua vez, os maiores índices de luminosidade ( $L^*$ ), amarelo ( $b^*$ ), valor de saturação ( $C^*$ ) e tom ( $H^*$ ), tal como também já haviam verificado Sirri et al. (2009) e Volk et al. (2011) noutros ensaios. No entanto, o mesmo não se verificou na carne das aves sujeitas ao tratamento com Improvac® que revelaram maiores semelhanças com a carne do grupo galo para os valores de luminosidade e vermelho. Relativamente aos valores encontrados para o tom ( $H^*$ ) e valor de saturação ( $C^*$ ), calculados através dos valores  $a^*$ ,  $b^*$  e  $L^*$  de cada amostra, as diferenças apenas se fizeram notar sobre o valor do tom (ou cor). Este valor  $H^*$  representa o que normalmente chamamos de cor sendo influenciado pelo comprimento de onda da luz refletida pela amostra. Também para este valor ( $H^*$ ) a carne das aves tratadas com Improvac® se revelou semelhante à dos galos. Por sua vez, o valor de saturação ( $C^*$ ) indica quão pura é determinada cor (Serpil Sahin, 2006) sendo influenciado pela estrutura miofibrilar e pH <sup>último</sup> da carne, e sobre o qual as aves dos 4 grupos não diferiram estatisticamente notando-se, no entanto, uma tendência crescente deste valor na carne de capão.

### **3. Testosterona**

A testosterona é vista como a principal hormona sexual nos machos. Nos frangos, esta hormona é responsável pelo desenvolvimento dos caracteres sexuais masculinos (crista e barbilhões), bem como pelo temperamento mais agressivo e territorial dos galos. Segundo Fantini (2014), nestes animais o desenvolvimento máximo dos testículos dá-se às 24 semanas de idade, ou seja, 2 semanas depois da idade a que os galos deste estudo foram abatidos. No entanto, os resultados das análises endocrinológicas permitiram verificar que os níveis de testosterona plasmática estavam em conformidade com as concentrações determinadas noutros ensaios (Sexto et al., 1989; Lin & Hsu, 2012) nos galos. Ao longo de todo o período experimental foi ainda possível constatar a influência que os elevados níveis de testosterona exerceram sobre o temperamento destes animais. Esta atitude mais agressiva revelou-se posteriormente na grande quantidade de feridas e hematomas que ostentavam espalhadas pelo corpo à altura de abate.

Sobre os capões, não foram detetados quaisquer indícios de testosterona na corrente sanguínea, pelo menos, acima do Limite Mínimo Detetável (2 ng/dL), contrariamente aos resultados de outros ensaios (Symeon et al., 2010). No entanto, estas divergências podem

resultar do uso de diferentes raças de galos por cada autor. É possível que aves de diferentes raças apresentem diferentes taxas de produção desta hormona pelas glândulas adrenais, glândulas capazes de produzir testosterona. Por sua vez, falhas na distinção entre capões e rinchões também podem levar a que se considerem capões aves que apresentem desenvolvimento de massa testicular, fenómeno que posteriormente se refletiria nas concentrações de testosterona destes indivíduos.

Relativamente à eficácia da Improvac®, observou-se um abaixamento de cerca de 79 % dos níveis de testosterona plasmática, nos indivíduos sujeitos ao tratamento, comparativamente aos mesmos níveis nos galos (20,1-32,5 vs 56,5-342 ng/100 dL,  $p < 0,05$ ). No entanto, sobre a conformação dos testículos destes animais não se notaram quaisquer reduções de tamanho ou peso durante evisceração das carcaças. Assim, o tratamento dos frangos com Improvac®, com vista à imunocastração, parece ter sido bem-sucedido na indução de uma resposta imunológica contra a GnRH endógena, conduzindo a abaixamentos significativos de testosterona. No entanto, tanto o protocolo como a dosagem utilizados, neste trabalho, são suscetíveis de melhoramento em ensaios posteriores.

#### **4. Composição Centesimal**

Segundo Miguel et al. (2009) e Chen et al. (2007) não existem quaisquer diferenças entre a carne de galos e capões relativas à composição centesimal das mesmas. No entanto, o mesmo não se verificou neste trabalho, onde os resultados apontam para diferenças relativas às percentagens de humidade e proteína do peito. Estas diferenças de resultados encontradas na bibliografia consultada poderão advir de diferentes métodos e idades de caponização dos frangos, diferentes concentrados fornecidos às aves ou diferentes raças de galos utilizadas. Relativamente às idades de caponização dos frangos Chen et al. (2007) considera 2 alturas distintas, a precoce, às 3 semanas de idade, e a tardia, às 12 semanas de idade. Sobre os efeitos da caponização precoce, mais próxima da idade de caponização dos frangos deste ensaio, Chen et al. (2007) afirma que aumenta significativamente ( $p < 0,05$ ) o peso vivo destes animais e a percentagem de proteína do musculo *pectoralis major*, enquanto diminui os teores de cinza do mesmo musculo, comparando-os aos mesmos índices nos galos. Neste trabalho apenas se verificou o efeito da caponização sobre a percentagem de proteína no peito dos capões. No entanto, nas aves do grupo Improvac o mesmo efeito não ficou comprovado.

Comparativamente ao Capão de Freamunde, produzido em Portugal, foi possível constatar que a carne de capão deste trabalho apresentava teores proteicos ligeiramente superiores na

região do peito (25,93 % vs 24,98 %), assim como de gordura intramuscular na região da perna (9,53 vs 8,07%, respectivamente) (Brito et al., 2009). Contrariamente ao grupo capão, o grupo Improvac revelou maiores semelhanças ao Capão de Freamunde. No entanto, sabe-se que a maior acumulação de gordura intramuscular nestes animais é um dos fatores que mais influência exerce sobre a suculência, tenrura e flavour da carne (Hocquette et al., 2009), sendo um aspeto positivo na qualidade sensorial da mesma.

## **5. Ácidos Gordos**

Os perfis de ácidos gordos encontrados nestes animais são coerentes com resultados anteriormente apresentados por Díaz et al. (2013) e Brito et al. (2009). Esses autores sugerem, igualmente, uma predominância do grupo dos ácidos gordos monoinsaturados (MUFA) relativamente aos ácidos gordos saturados (SFA) e aos ácidos gordos poliinsaturados (PUFA) na carne de galo e capão. No entanto, relativamente ao ácido gordo predominante desta carne, Miguel et al. (2007) sugere o ácido linoleico (C18:2n-6) ao invés do ácido oleico (C18:1 *cis*-9). Nos animais deste estudo a gordura intramuscular era dominada em primeiro lugar pelo ácido oleico, em segundo pelo ácido palmítico e só em terceiro pelo ácido linoleico.

Relativamente á carne de capão, Sexton et al. (1988) havia sugerido anteriormente a existência de uma correlação positiva entre a maior acumulação de gordura intramuscular e maiores proporções de ácidos gordos saturados no total de ácidos gordos, algo que não se verificou neste trabalho. Na origem destas diferenças de resultados podem estar diferenças relativas ao manejo, alimentação, ou idade de abate dos animais que se sabem afetar o conteúdo de lípidos totais da carcaça (Leenstra, FR, 1986). Ainda sobre a carne de capão, Brito et al. (2009) observou valores para o índice n-6/n-3 bastante superiores aos observados nos capões deste ensaio. No entanto, em nenhum dos casos este rácio foi  $\leq 4$ , o valor recomendado pela NATO (Tabela 3) para a prevenção de doenças cardiovasculares.

Neste trabalho verificou-se que o perfil lipídico dos frangos submetidos ao tratamento com Improvac® se assemelhava mais ao dos rinchões do que dos capões, com maiores semelhanças relativas à concentração de ácido palmítico e índices de qualidade lipídica IA e h/H na perna e PUFA/SFA, n-6/n-3, IT e h/H, no peito.

## **6. Características dos principais ossos longos Fémur, Tíbia e Úmero**

Os resultados deste trabalho sugerem que a caponização dos frangos pouco efeito exerceu sobre a conformação dos principais ossos longos (tíbia, úmero e fémur). Porém, segundo

Chen et al. (2006) a testosterona dos frangos exerce grande influência sobre o desenvolvimento do esqueleto, pelo que os capões tendem a apresentar ossos com menor resistência à rotura, menor espessura cortical e menores conteúdos de cálcio, fósforo magnésio (Lin & Hsu, 2012). Neste trabalho, os efeitos da menor concentração de androgénios das aves (capão e Improvac) apenas se fizeram notar nos menores comprimentos do fémur.

## **Conclusão**

Neste trabalho ficou demonstrada a capacidade do Improvac® em reduzir as concentrações de testosterona plasmática em frangos, podendo expectar-se uma imunocastração, pelo menos parcial, destes animais com base neste medicamento. No entanto, tanto a dosagem como o intervalo entre vacinações inerentes a este tratamento estão sujeitos à necessidade de estudos posteriores de forma a serem aperfeiçoados. No que respeita ao bem-estar animal, não restam dúvidas de que esta solução na produção de Capão diminui substancialmente o sofrimento a que os frangos são expostos, anulando, ao mesmo tempo, a Taxa de Mortalidade associada à cirurgia de caponização. Outra das vantagens da introdução da imunocastração na produção de Capão é o facto de reduzir a necessidade de mão-de-obra tão especializada, o que encarece o custo desta produção, que só por si já se revela dispendiosa devido ao maior tempo de engorda dos capões.

Acredito que a realização deste vem assim abrir uma “nova porta” a todos os produtores de Capão que desejam aumentar a produção, ou a todos aqueles que se queiram iniciar neste ramo, ao mesmo tempo que contribui para o abandono de uma prática tão violenta como é a da cirurgia de caponização de frangos.

## Bibliografia

- Amatayakul-Chantler, S.; Hoe, F.; Jackson, J.A.; Roca, R.O.; Stegner, J.E.; King, V.; Howard, E.; Lopez, E.; Walker, J. (2013). "Effects on performance and carcass and meat quality attributes following immunocastration with the gonadotropin releasing factor vaccine Bopriva or surgical castration of *Bos indicus* bulls raised on pasture in Brazil". *Meat science* 95 (1), 78-84.
- Amorim, A.F.S. (2013). "*Estudo Comparativo das características físico-químicas e sensoriais de carne de Capão, galo, "frango comercial" e "frango do campo"*". Bragança: Instituto Politécnico–Escola Superior Agrária de Bragança.
- Andrade, P.M.M. & Carmo, M.G.T. (2006). "Ácidos graxos n-3: um link entre eicosanóides, inflamação e imunidade". *Revista de Metabolismo e Nutrição* 8 (3), 135-143.
- Andreo, N. (2013). "*Influencia da imunocastração nas características de carcaça e na qualidade da carne de bovinos e suínos"*. Londrina: Universidade Estadual- Centro de Ciências Agrárias.
- Baeza Ariño, R.; Peñaranda, D.; Vilchez Olivencia, MC.; Tveiten, H.; Pérez Igualada, LM.; Asturiano Nemesio, J.F. (2015). "Exploring correlations between sex steroids and fatty acids and their potential roles in the induced maturation of the male European eel". *Aquaculture* 435, 328-335.
- Barreto, S.L.T.; Ferreira, W.M.; & Moraes, T. (1999). "Effect of dietary vitamin E on performance and alpha-tocoferol concentration in meat of broiler". *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 51 (4), 387-392.
- Barroeta, A.C. (2007). "Nutritive value of poultry meat: relationship between vitamin E and PUFA." *World's Poultry Science Journal*, 63 (2), 277-284.
- Batista, E.S.; Costa, A.G.V.; & Pinheiro-Santana, H.M. (2007). "Adição da vitamina E aos alimentos: implicações para os alimentos e para a saúde humana". *Revista Nutrição* 20 (5), 525-535.
- Bender, A.E. "Meat and meat products in human nutrition in developing countries". *FAO*, 1992.
- Bianchi, M.L.; & Antunes, L.M.G. (1999). "Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta". *Revista de Nutrição* 12 (2), 123-130.
- Boschini, C. (2011). "*Antioxidantes na dieta de frangos de corte"*. Dissertação de Pós-Graduação em Zootecnia. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas.

- Bragagnolo, N. (2001). "Aspectos comparativos entre carnes segundo a composição de ácidos graxos e teor de colesterol." *2ª Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína*. Concórdia, Brasil.
- Bragagnolo, N.; & Rodriguez-Amaya, D.B. (2002). "Teores de colesterol, lipídios totais e ácidos graxos em cortes de carne suína". *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 22 (1), 98-104.
- Brigelius-Flohé, R.; Frank, J.K.; Jukka, T.S.; Jiri, N.; Jean-Marc, Z.; & Angelo, A. (2002). "The European perspective on vitamin E: current knowledge and future research". *The American Journal of Clinical Nutrition* 76, 703–16.
- Brigida, D.J. (2014). "*Características de carcaça e rendimento de cortes comerciais de bovinos Nelore confinados, imunocastrados e suplementados com beta-agonistas*". Dissertação de Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal. Pirassununga: Universidade de São Paulo-Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos.
- Brunius, C.; Galia, Z.; Kristina, A.; Gang, C.; Norrby, M.; Madej, A.; Lundströma, K. (2011). "Early immunocastration of male pigs with Improvac® - effect on boar taint, hormones and reproductive organs." *Vaccine* 29, 9514–9520.
- Brunius, C. Early immunocastration of male pigs: effects on physiology, performance and behaviour. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae*, Uppsala, 2011. Dept. of Food Science, Swedish University of Agricultural Sciences.
- Burton, G.W. (1994). "Vitamin E: molecular and biological function." *Proceedings of the Nutrition Society* 53 (2), 251-262.
- Caderno de Especificações "Capão de Freamunde", 2011
- Calder, P.C. (2006). "n- 3 polyunsaturated fatty acids, inflammation, and inflammatory diseases." *The American journal of clinical nutrition* 83 (6), 1505-1519.
- Calik, J. (2014). "Capon Production–Breeding Stock, Rooster Castration and Rearing Methods, and Meat Quality". *Annals of Animal Science*. Volume 14 (4), 769–777.
- Campos, L.S. (2009). "Entender a Bioquímica" (5ª edição). Portugal: Escolar editora.
- Carvalho, S.; & Brochier, M.A. (2008). "Composição tecidual e centesimal e teor de colesterol da carne de cordeiros terminados em confinamento com dietas contendo níveis crescentes de resíduo húmido de cervejaria". *Ciência Rural* 38 (7), 2023-2028.
- Chen, K.L.; Tsay, S.M.; Lee, T.Y.; & Chiou, W.S. (2006). "Effects of caponization and different exogenous androgen on the bone characteristics of male chickens". *Poultry Science* 85, 1975-1979.

- Chen, K.L., Chi, W.T.; & Chiou, P.W.S. (2005). "Caponization and testosterone implantation effects on blood lipid and lipoprotein profile in male chickens". *Poultry science* 84 (4), 547-552.
- Chen, K.L.; Chang, M.H.; Tsay, S.M.; Hurng, H.Y.; & Chiou, P.W.S. (2006). "Effects of Caponization on Bone Characteristics and Histological Structure in Chickens". *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 19 (2): 245-251.
- Chen, K.L.; Chen, T.T.; Lin, K.J.; & Chiou, P.W.S. (2007). "The Effects of Caponization Age on Muscle Characteristics in Male Chicken". *Asian-Australasian Journal Animal Science* 20 (11), 1684 – 1688.
- Chen, K.L.; Hsieh, T.Y.; & Chiou, W.S. (2005). "Caponization effects on growth performance and lipid metabolism in Taiwan country chicken cockerels". *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 19 (3), 438-443.
- Chizzolini, R.; Zanardi, E.; Dorigoni, V. & Ghidini, S. (1999). "Calorific value and cholesterol content of normal and low-fat meat and meat products." *Trends in Food Science & Technology* 10 (4), 119-128.
- Chow, C.K. (2000). " *Fatty Acids in Foods and Their Health Implications*" (2ª edição) USA: Marcel Dekker.
- Christofolletti, M.D. (2014). " *Reprodução de papagaio-verdadeiro (Amazona aestiva) em cativeiro: perfil anual de esteróides sexuais e ensaio de estímulo hormonal exógeno*". Tese de Mestrado em Medicina Veterinária. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista.
- Claus, R.; Lacorn, M.; Danowski, K.; Pearce, M.C.; & Bauer, A. (2007). "Short-term endocrine and metabolic reactions before and after second immunization against GnRH in boars". *Vaccine* 25 (24), 4689-4696.
- Correia, L.M.P. (2010). " *Avaliação de indicadores de Bem-estar em inspeção hígiosanitária de frangos abatidos para consumo*". Tese de Mestrado Integrado em Medicina Veterinária. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Costa, A.G.V.; Bressan, J.; & Sabarense, C.M. (2006). "Ácidos graxos trans: alimentos e efeitos na saúde". *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 56(1),12-21.
- Crespo, N.; & Esteve-Garcia, E. (2001). "Dietary fatty acid profile modifies abdominal fat deposition in broiler chickens". *Poultry Science* 80 (1), 71-78.

- D'Occhio, M.J.; Aspden, W.J., & Trigg, T.E. (2001). "Sustained testicular atrophy in bulls actively immunized against GnRH: potential to control carcass characteristics". *Animal Reproduction Science* 66, 47–58.
- Díaz, O.; Torres, A.; & Cobos, A. (2009). "Chemical composition and physico-chemical properties of meat from capons as affected by breed and age". *Spanish Journal of Agricultural Research* 8 (1), 91-99.
- Díaz, O., Torres, A.; & Cobos, A. (2012). "Fatty acid composition of the meat from the Mos breed and commercial strain capons slaughtered at different ages". *Grasas y Aceites* 63 (3), 296-302.
- Dinh, T.N.; Galyean, L.D.; Brooks, M.L.; Patterson, J.C.; Patterson, J.C.; & Boylan, L.M. (2011). "Cholesterol content and methods for cholesterol determination in meat and poultry." *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 10 (5), 269-289.
- Duarte, M.C.A. (2011). "*Determinação de tocoferóis, colesterol e Beta-caroteno em carne de vacas leiteiras reformadas dos Açores*". Dissertação de Mestrado em Engenharia Alimentar. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa- Instituto Superior de Agronomia.
- Durán, M. (2004). "The effect of caponization on production indices and carcass and meat characteristics in free-range Extremena Azul chickens". *Spanish Journal of Agricultural Research* 2 (2), 211-216.
- Fanatico, A.C.; Pillai, P.B.; Cavitt, L.C.; Emmert, J.L.; Meullenet, J.F.; & Owens, C.M. (2006). "Evaluation of Slower-Growing Broiler Genotypes Grown With and Without Outdoor Access: Sensory Attributes". *Poultry Science* 85, 337–343
- Fantini, M.O.O. (2007). "*Efeitos da redução do peso corporal sobre as características reprodutivas de galos adultos de matriz pesada*". Tese de Doutoramento em Ciência Animal. Belo Horizonte: UFMG- Escola de Veterinária
- Félix, A.P.; Maiorka, A.; Sorbara, J. (2009). Níveis vitamínicos para frangos de corte. *Ciência Rural* 39 (2), 619-626.
- Fennell, M.J.; Radecki, S.V.; Proudman, J.A.; & Scanes, C.G. (1996). "The suppressive effects of testosterone on growth in young chickens appears to be mediated via a peripheral androgen receptor; studies of the anti-androgen ICI 176,334". *Poultry Science* 75 (6), 763-766.
- Fennema, O.R. (2000). "Química de los Alimentos" (2ª ed.). Espanha: Acribia editorial.

- Fernandez, M.L. & Calle, M. (2010). "Revisiting dietary cholesterol recommendations: does the evidence support a limit of 300 mg/d?". *Current atherosclerosis reports* 12 (6), 377-383.
- Franco, D.; Rois, D.; Vázquez, J.A.; Lorenzo, J.M. (2012). "Comparison of growth performance, carcass components, and meat quality between Mos rooster (Galician indigenous breed) and Sasso T-44 line slaughtered at 10 months." *Poultry Science* 91 (5), 1227-1239.
- Garg, M.L.; Wood, L.G.; Singh, H.; & Moughan, P.J. (2006). "Means of delivering recommended levels of long chain n-3 polyunsaturated fatty acids in human diets." *Journal of Food Science* 71 (5), 66-71.
- Gebauer, S.K.; Psota, T.L.; Harris, W.S.; & Kris-Etherton, P.M. (2006). "n- 3 fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits." *The American journal of clinical nutrition* 83 (6), 1526-1535.
- Getty, Robert (2008). "Anatomia dos animais domésticos" (5ª ed.). Brasil: Guanabara Koogan S.A. editor.
- Gispert, M.; Oliver, M.À.; Velarde, A.; Suarez, P.; Pérez, J.; & Furnols, M.F. (2010). Carcass and meat quality characteristics of immunocastrated male, surgically castrated male, entire male and female pigs. *Meat Science* 85 (4), 664-670.
- González-Morán, M.G.; Guerra-Araiza, C.; Campos, M.G.; & Camacho-Arroyo, I. (2008). "Histological and sex steroid hormone receptor changes in testes of immature, mature, and aged chickens". *Domestic Animal Endocrinology* 35, 371–379.
- Graner, E.A.; Trivelin, A.P. (1949). "Observações preliminares sôbre a caponização de frangos "Leghorn" com estrogênio". *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz* 7, 29-40.
- Gryzińska, M.; Strachecka, A.; & Krauze, M. (2011). "Concentration of testosterone in blood serum in roosters of the Polbar breed depending on age". *Annales Universitatis Mariae Curie* 24 (4).
- Guiné, R.; & Henriques, F. (2011). "O Papel dos ácidos gordos na nutrição Humana e desenvolvimentos sobre o modo como influenciam a saúde." *Millenium*, 40, 7-21.
- Hocquette, J.F.; Gondret, F.; Baéza, E.; Médale, F.; Jurie, C.; & Pethick, D. W. (2010). "Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers." *Animal* 4 (2), 303-319.
- Hoffmann, G. & Volker, H. (1969). *Anatomia y Fisiologia de las Aves Domesticas* (1ª ed.) Zaragoza: Acribia editorial.

- Howe, P.; Meyer, B.; Record, S.; & Baghurst, K. (2006). "Dietary intake of long-chain  $\omega$ -3 polyunsaturated fatty acids: contribution of meat sources." *Nutrition* 22 (1), 47-53.
- Howell, W.H.; McNamara, D.J.; Tosca, M.A.; Smith, B.T.; & Gaines, J.A. (1997). "Plasma lipid and lipoprotein responses to dietary fat and cholesterol: a meta-analysis." *The American journal of clinical nutrition* 65 (6), 1747-1764.
- Hrydziusko, O; Wrona, A.; Balbus, J.; & Kubica, K. (2014). "Mathematical Two-compartment Model of Human Cholesterol Transport in Application to High Blood Cholesterol Diagnosis and Treatment". *Electronic Notes in Theoretical Computer Science* 306, 19–30.
- Julião, A.M.; Costa, P.S.; & Gaspar, A. (2006). Avaliação da composição centesimal e aceitação sensorial da carne de frangos e linhagens comercial e tipo colonial, comercializados em nível varejista. *Higiene alimentar* 20 (139), 34-39.
- Konjufca, V.H.; Pesti, G.M.; & Bakalli, R.I. (1997). Modulation of cholesterol levels in broiler meat by dietary garlic and copper. *Poultry science* 76 (9), 1264-1271.
- Leenstra, F.R. (1986). "Effect of age, sex, genotype and environment on fat deposition in broiler chickens—A review." *World's Poultry Science Journal* 42 (1): 12-25.
- Leonardo, A.P. (2014). "Composição dos ácidos graxos e teor de colesterol da carne de ovinos pantaneiros". Dissertação de Mestrado em Zootecnia. Dourados: Universidade Federal da Grande Dourados- Faculdade de Ciências Agrárias.
- Lin, C.Y.; & Hsu, J.C. (2002). "Comparison of some selected growth, physiological and bone characteristics of capon, slip and intact birds in Taiwan country chicken cockerels". *Asian-Aust. J. Animal Science* 16 (1), 50-56.
- Lin, C.Y.; & Hsu, J.C. (2003). "Influence of caponization on the carcass characteristics in Taiwan country chicken cockerels". *Asian-Aust. J. Animal Science* 16 (4), 575-580.
- Lin, C.Y.; Hsu, J.C.; & Wan, T.C. (2012). "Effect of Age and Caponization on Blood Parameters and Bone Development of Male Native Chickens in Taiwan." *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 25 (7): 994–1002.
- Lin, C.Y.; & Hsu, J.C. (2002). "Effects of Surgical Caponization on Growth Performance, Fiber Diameter and Some Physical Properties of Muscles in Taiwan Country Chicken Cockerels." *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 15 (3): 401-405.
- Llobet, J.A.C. (2002). *Produccion de Carne de Pollo*. Espanha: Real Escuela Avicultura.

- Maciel, M.P. (2014). "Características reprodutivas de galos leves e semi-pesados submetidos a diferentes fotoperíodos."
- Magdelaine, P.; Spiess, M.P.; & Valceschini, E. (2008). "Poultry meat consumption trends in Europe." *World's Poultry Science Journal* 64 (1), 53-64.
- Marra, C. A. & Alaniz, M.J.T (1989). "Influence of testosterone administration on the biosynthesis of unsaturated fatty acids in male and female rats". *Lipids* 24 (12), 1014-1019.
- Martin, C.A.; Almeida, V. V. D.; Ruiz, M.R.; Visentainer, J.E.L.; Matshushita, M.; Souza, N.E.D.; & Visentainer, J.V. (2006). "Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: importance and occurrence in foods." *Revista de Nutrição (on-line)* 19 (6).
- Masuno, T. (2009). "Implementation and drawbacks of caponization in a hillside village in northern Thailand". *Livestock Research for Rural Development. Vol.21, (147)*.
- McAfee, A.J.; McSorley, E.M.; Cuskelly, G.J.; Moss, B.W.; Wallace, J.M.; Bonham, M.P.; & Fearon, A.M. (2010). "Red meat consumption: An overview of the risks and benefits." *Meat science* 84 (1), 1-13.
- Menezes, T.N., Tavares, M.P.; Szarfarc, S.C.; & Fisberg, R.M. (2000). "Fatty acids and cardiovascular diseases: a review". *Revista de Nutrição* 13(2), 73-80.
- Mensink, R.P. & Katan, M.B. (1989). "Effect of a diet enriched with monounsaturated or polyunsaturated fatty acids on levels of low-density and high-density lipoprotein cholesterol in healthy women and men". *New England Journal of Medicine* 321 (7), 436-441.
- Miguel, J. A.; Ciria, J.; Asenjo, B.; & Calvo, J.L. (2008). "Effect of caponisation on growth and on carcass and meat characteristics in Castellana Negra native Spanish chickens". *Animal* 2 (2), 305-311.
- Mitchell, H.H.; Card, L.E.; Haines, W.T. (1927). "The effect of age, sex and castration on the basal heat production of chickens". *Journal of Agricultural Research* 34 (10), 945-960.
- Morais, M.R.P.T.; Velho, A.L.M.C.S.; Dantas, S.E.S.; Neto, J.D.F. (2012). "Morfologia da reprodução das aves: desenvolvimento embrionário, anatomia e histologia do sistema reprodutor". *Acta Veterinaria Brasílica* 6 (3), 165-176.
- Moreira, R.S.R.; Zapata, J.F.; Fuentes, M.F.F.; Sampaio, E.M.; & Arraes, G. (1998). Efeito da restrição de vitaminas e minerais na alimentação de frangos de corte sobre o rendimento e a composição da carne. *Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos* 18 (1), 77-81.
- Murakami, K.T.T. (2009). *Óleo de linhaça como principal fonte lipídica na dieta de frangos de corte*. Dissertação de Mestrado em Ciência Animal. Araçatuba: Universidade Estadual Paulista.

- Napolitano, F.; Girolami, A.; & Braghieri, A. (2010). "Consumer liking and willingness to pay for high welfare animal-based products." *Trends in Food Science & Technology* 21 (11), 537-543.
- O'Fallon, J.V.; Busboom, J.R.; Nelson, M.L.; & Gaskins, C.T. (2006). A direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils, and feedstuffs. *Journal of Animal Science* 85(6), 1511-1521.
- Payne, L.F. (1936). "Capon Production". Bulletin 274, Kansas state college of agriculture and applied science.
- Pereira, P.M.C.C.; & Vicente, A.F.R.B. (2013). Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science* 93 (3), 586-592.
- Pinheiro, K.A.P.N. (2005). História dos hábitos alimentares ocidentais. *Universitas Ciências da Saúde* 3 (01), 173-190.
- Pompeu, M.A. (2014). *Níveis de vitamina E na dieta para frangos de corte nas fases inicial e de crescimento*. Tese de Doutorado em Zootecnia. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais.
- Ponte, P.I.P.; Mendes, I.; Quaresma, M.; Aguiar, M.N.M.; Lemos, J.P.C.; Ferreira, L.M.A.; Soares, M.A.C.; Alfaia, C.M.; Prates, J.A.M.; Fontes, C.M.G.A. (2004). Cholesterol levels and sensory characteristics of meat from broilers consuming moderate to high levels of alfalfa". *Poultry science* 83 (5), 810-814.
- Queiroz, M.L.V.; Barbosa Filho, J. A. D.; Albiero, D.; Brasil, D. D. F.; & Melo, R. P. (2014). "Consumer perception about welfare of livestock in Fortaleza, Ceará, Brazil." *Revista Ciência Agronômica* 45 (2), 379-386.
- Rahman, M.M. (2004). Effect of Caponization on Body Weight, Hematological Traits and Blood Cholesterol Concentration of Nara Chicken. *International Journal of Poultry Science* 3 (4), 284-286.
- Ramos, O.J.Z. (2008). *Efeito combinado da raça e do sistema de produção na qualidade nutricional da fração lipídica da carne de borrego e de cabrito*. Dissertação de Mestrado Integrado em Medicina Veterinária. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa: Faculdade de Medicina Veterinária.
- Renerre, M. (2000). "Oxidative processes and myoglobin." *Antioxidants in muscle foods* (2000): 113-133.

- Rodrigues, A.P.R. (2009). *Biosíntese de androgénios no Plexo Coróide: o papel da 5 $\alpha$ -reductase*. Dissertação de Mestrado em Bioquímica. Covilhã: Universidade da Beira Interior- Centro de Investigação em Ciências da Saúde.
- Rodríguez, G.P. (1997). La Vitamina E como antioxidante: Funciones de la vitamina E en la nutrición humana. *Revista Cubana Aliment Nutr* 11 (1), 46-57.
- Roest, K.; Montanari, C.; Fowler, T.; & Baltussen, W. (2008). Resource efficiency and economic implications of alternatives to surgical castration without anaesthesia. *Animal* 3 (11), 1522-1531.
- Rustan, A.C. & Drevon, C.A. (2005). "Fatty Acids: Structures and Properties". *Encyclopedia of Life Sciences*.
- Rutz, F.; Roll, V.F.; Anciuti, M.A.; Xavier, E.G.; Gentilini, F.P.; & Gonçalves, F.M. (2011). Nutrição e qualidade da carne de aves. *Energia* 8 (00).
- Rydhmer, L.; Lundström, K.; & Andersson K. (2010). Immunocastration reduces aggressive and sexual behaviour in male pigs. *Cambridge Journals* 4 (06), 965-972.
- Sadek, I.A.; Ismail, H.M.; Sallam, H.N.; & Salem, M. (1995). "Some aspects of the use of oral contraceptives as growth-promoting agents in poultry". *Eastern Mediterranean Health Journal* 1 (2).
- Sæther, T.; Tran, T.N.; Rootwelt, H.; Christophersen, B. O.; & Haugen, T.B. (2003). "Expression and regulation of  $\Delta$ 5-desaturase,  $\Delta$ 6-desaturase, stearyl-coenzyme A (CoA) desaturase 1, and stearyl-CoA desaturase 2 in rat testis." *Biology of reproduction* 69 (1), 117-124.
- Sahin, S. & Sumnu, S.G. (2006). "Physical properties of foods". Turquia, Springer Science & Business Media.
- Santos, E.V.A.C. (2009). *"Controlo de Resíduos de Substâncias Farmacologicamente Activas nos Animais de Produção e Seus Derivados. Comparação dos Diferentes Cenários na União Europeia."* Dissertação de Mestrado em Ciências Veterinárias. Universidade Técnica de Lisboa- Faculdade de Medicina Veterinária.
- Santos, M.A.M. (2012). *"Ubiquinona e Tocoferol"*. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte- Instituto de Química.
- Schiavone, A.; Romboli, I.; Chiarini, R.; & Marzoni, M. (2004). "Influence of dietary lipid source and strain on fatty acid composition of Muscovy duck meat." *Journal of animal physiology and animal nutrition* 88, 88-93.

- Schwartzkopf-Genswein, K.S.; Faucitano, L.; Dadgar, S.; Shand, P.; González, L.A.; & Crowe, T.G. (2012). "Road transport of cattle, swine and poultry in North America and its impact on animal welfare, carcass and meat quality: A review". *Meat Science* 92. 227–243
- Scollan, N.; Hocquette, J.F.; Nuernberg, K.; Dannenberger, D.; Richardson, I.; & Moloney, A. (2006). "Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality." *Meat science* 74 (1), 17-33.
- Sell, J.L. (1960). "*Nitrogen retention and nitrogenous urine components of growing cockerels as influenced by diethylstilbestrol, methyl testosterone and porcine growth hormone*". Ph.D. Dissertation. Iowa: Iowa State University of Science and Technology.
- Sexton, K.J.; Renden, J.A.; Marple, D.N.; & Kempainen, R.J. (1988). "Effects of Dietary Energy on Semen Production, Fertility, Plasma Testosterone, and Carcass Composition of Broiler-Breeder Males in Cages". *Poultry Science* 68 (12):1688-1694.
- Sies, H. & Stahl, W. (1995). "Vitamins E and C, beta-carotene, and other carotenoids as antioxidants." *The American journal of clinical nutrition* 62 (6), 1315S-1321S.
- Simopoulos, A.P. (2002). "The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids". *Biomedicine & pharmacotherapy* 56 (8), 365-379.
- Simopoulos, A. P. (2008). "The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases". *Experimental biology and medicine* 233 (6), 674-688.
- Sinanoglou, V.J.; Mantis, F.; Miniadis-Meimaroglou, S.; Symeon, G.K.; & Bizelis, I.A. (2011). "Effects of caponization on lipid and fatty acid composition of intramuscular and abdominal fat of medium-growth broilers." *British poultry science* 52 (3): 310-317.
- Sirri, F.; Bianchi, M.; Petracci, M.; & Meluzzi, A. (2009). Influence of partial and complete caponization on chicken meat quality. *Poultry Science* 88 (7), 1466-1473.
- Soares, A.L.; Marchi, D.F.; Matsushita, M.; Guarnieri, P.D.; Droval, A.A.; Ida, E.I.; & Shimokomaki, M. (2009). "Lipid oxidation and fatty acid profile related to broiler breast meat colour abnormalities". *Brazilian Archives of Biology and Technology* 52 (6), 1513-1518.
- Souza, A.C.S.; Ferreira, C.V.; Jucá, M.B.; Aoyama, H.; Cavagis, A.D.M.; & Peppelenbosch, M.P. (2005). "Riboflavina: uma vitamina multifuncional". *Química Nova* 28 (5), 887-891.
- Souza, P.A.; Sousa, H.B.A.; Pelicano, E.R.L.; Gardini, C.H.C.; Oba, A.; & de Lima, T.M.A. (2006). Efeito da suplementação de vitamina E no desempenho e na qualidade da carne de frangos de corte. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias* 101 (557-558) 87-94.
- Stryer, L. (1996). *Bioquímica* (4ª ed.) Brasil: Guanabara Koogan,

- Suárez, H.M.; Francisco, A.D.; Beirão, L.H.; Block, J.M.; Saccol, A.; & Pardo, S.C. (2002). "Importância de ácidos graxos poliinsaturados presentes em peixes de cultivo e de ambiente natural para a nutrição humana." *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo* 28 (1), 101-110.
- Symeon G.K.; Mantis, F.; Bizelis, I.; Kominakis, A.; & Rogdakis, E. (2010). "Effects of caponization on growth performance, carcass composition, and meat quality of medium growth broilers." *Poultry Science* 89 (7):1481-1489.
- Thornton, P.K.(2010). Livestock production: recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 365 (1554), 2853-2867.
- Tor, M.; Estany, J.; Francesch, A.; & Cubiló, M.D.; (2005). "Comparison of fatty acid profiles of edible meat, adipose tissues and muscles between cocks and capons." *Animal Research* 54 (5), 413-424.
- Tor, M.; Estany, J.; Villalba, D.; Molina, E.; & Cubiló, D. (2002). Comparison of carcass composition by parts and tissues between cocks and capons. *Animal Research* 51 (05), 421-431.
- Triques, G.E. (2014). *Efeito da suplementação dietética de antioxidantes sobre variáveis reprodutivas de machos reprodutores de frango de corte*. Dissertação de Mestrado em Ciência Animal. Palotina: Universidade Federal do Paraná.
- Turan, H.; Sönmez, G.; & Kaya, Y. (2007). "Fatty acid profile and proximate composition of the thornback ray (*Raja clavata*, L. 1758) from the Sinop coast in the Black Sea." *Journal of Fisheries Sciences* 1 (2), 97-103.
- Volk, M.; Malenšek, J.; Prevolnik, M.; Škrlep, M.; Šegula, B.; Čandek-Potokar, M.; & Bavec, M. (2011). "Differences in Carcass and Meat Quality between Organically Reared Cocks and Capons". *Agriculturae Conspectus Scientificus* 76 (3):153-156.
- Wattanachant, S.; Benjakul, S.; & Ledward, D.A. (2004). "Composition, color, and texture of Thai indigenous and broiler chicken muscles". *Poultry Science* 83 (1), 123-128.
- Wood, J.D.; Enser, M.; Fisher, A.V.; Nute, G.R.; Sheard, P.R.; Richardson, R.I.; Hughes, S.I.; & Whittington, F.M. (2008). "Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review". *Meat Science* 78, 343–358.
- Wood, J.D.; Richardson, R.I.; Nute, G.R.; Fisher, A.V.; Campo, M.M.; Kasapidou, E.; Sheard, P.R.; & Enser, M. (2003). "Effects of fatty acids on meat quality: a review". *Meat Science* 66, 21-32.
- World Health Organization (2003). "Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases". *Technical Report Series* 916.

- Yamauchi, K., Nagai, Y. and Ohashi, T. (1980). "Quantitative Relationship between Alpha-Tocopherol and Polyunsaturated Fatty Acids and Its Connection to Development of Oxidative Rancidity in Porcine Skeletal Muscle". *Agricultural and Biological Chemistry* 44 (5), 1061-1067.
- Yoder, C.A.; Andelt, W.F.; Miller, L.A.; Johnston, J.J.; & Goodall, M.J. (2004). "Effectiveness of Twenty, Twenty-Five Diazacholesterol, Avian Gonadotropin-Releasing Hormone, and Chicken Riboflavin Carrier Protein for Inhibiting Reproduction in Coturnix Quail". *Poultry Science* 83, 234-244.
- Zamaratskaia, G.; Rydhmer, L.; Andersson, H.K.; Chen, G.; Lowagie, S.; Andersson, K.; & Lundström, K. (2008). "Long-term effect of vaccination against gonadotropin-releasing hormone, using Improvac™, on hormonal profile and behaviour of male pigs." *Animal Reproduction Science* 108 (1), 37-48.

## Anexo

**Tabela 12-** Composição do alimento composto fornecido às aves durante o período experimental

Teores analíticos (%)	Semanas		
	Dieta I 1-28 d	Dieta II 28-55 d	Dieta III 56-154 d
Proteína Bruta	19,0	18,5	17,0
Celulose Bruta	5,5	5,5	5,5
Cinzas Totais	8,0	9,0	9,0
Gordura Bruta	6,0	5,2	5,6
Metionina	0,54	0,51	0,50
Lisina	1,12	1,08	1,0
Cálcio	0,98±0,07	0,90±0,05	0,95±0,05
Fósforo disponível	0,4	0,37	0,36
<b>Aditivos (/kg)</b>			
Vitamina A (IU)	12000	12000	12000
Vitamina D3 (IU)	2400	2400	2400
Vitamina E (α-tocoferol) (mg)	70	70	70
Sulfato de Cobre (mg)	8	8	8