



UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

Estudo do efeito da substituição do bagaço de soja por tremoço branco (“Lupinus Albus” cv. Estoril) e por tremocilha (“Lupinus Luteus” cv. “Mister”) na alimentação de coelhos

MAUDE MARIE MORAIS CLOSSON

CONSTITUIÇÃO DO JÚRI

Doutor João Pedro Bengala Freire

Doutora Luísa Almeida Lima Falcão e Cunha

Doutor José Pedro da Costa Cardoso de Lemos

ORIENTADOR

Doutor Victor Manuel de Carvalho
Pinheiro

COORIENTADOR

Doutora Luísa Almeida Lima Falcão e
Cunha

2019

LISBOA



UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

Estudo do efeito da substituição do bagaço de soja por tremoço branco (“Lupinus Albus” cv. Estoril) e por tremocilha (“Lupinus Luteus” cv. “Mister”) na alimentação de coelhos

MAUDE MARIE MORAIS CLOSSON

**DISSERTAÇÃO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM
ENGENHARIA ZOOTÉCNICA/PRODUÇÃO ANIMAL**

CONSTITUIÇÃO DO JÚRI

Doutor João Pedro Bengala Freire

Doutora Luísa Almeida Lima Falcão e Cunha

Doutor José Pedro da Costa Cardoso de Lemos

ORIENTADOR

Doutor Victor Manuel de Carvalho Pinheiro

COORIENTADOR

Doutora Luísa Almeida Lima Falcão e Cunha

2019
LISBOA

Agradecimentos

Na realização desta dissertação, que marca o fim da minha formação acadêmica, contei com importantes apoios, de várias pessoas e instituições, sem os quais não se teria tornado realidade e aos quais estou profundamente grata.

A Professora Doutora Luísa Almeida Lima Falcão e Cunha, pela disponibilidade em ser minha orientadora e pela ideia que teve para me colocar perto de casa para concretizar este trabalho. Agradeço a amizade, compreensão, preocupação, o incentivo e apoio, as opiniões e críticas e o saber que me transmitiu ao longo da minha formação e no esclarecimento de dúvidas e problemas que surgiram ao longo da realização da dissertação.

Ao Professor Doutor Victor Manuel de Carvalho Pinheiro, pelo acolhimento no projeto INTERACT, pela orientação, por todo o apoio, paciência, motivação e colaboração no solucionar dúvidas durante a execução deste trabalho.

Às três instituições que tornaram possível o fim da minha formação acadêmica: ao Instituto Superior de Agronomia e a Faculdade de Medicina Veterinária, onde realizei o meu 1º e 2º Ciclo, a quem agradeço todo o carinho, compreensão e informação transmitida por todos os seus funcionários. A Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, pelo acolhimento nas suas instalações e pelo carinho transmitido pelos seus funcionários que me fizeram sentir na minha faculdade também.

A todos os meus amigos, pela paciência e amizade que sempre demonstraram ao longo deste tempo, a quem este agradecimento é dirigido, sabê-lo-ão.

Às minhas companheiras que me apoiaram, nos meus piores dias, e me fizeram sentir em casa. Pelas gargalhadas e brincadeiras, um obrigado, muito especial, a Anabela Ferreira e a Sara Rito. Ficam as saudades dos momentos que partilhamos juntas.

À minha parceira, Joana Bandarrinha, que teve disponível para tudo, ao longo deste tempo todo. Obrigada amiga por todo o carinho, ajuda, incentivo e apoio que me deste. Sem dúvida, de certo modo, este trabalho também é teu.

À família que me “acolheu”, me apoiou e me proporcionou ótimos momentos, um grande obrigado. Obrigada pelo carinho, amor, companheirismo que demonstraram ao longo destes anos, sem vocês teria sido mais difícil estar longe de casa e acabar esta meta.

Ao meu namorado, que no fundo também acompanhou muito da minha formação. Obrigada pelo apoio, carinho e paciência que demonstraste nos meus maus momentos e obrigada por me teres fornecido bons momentos para ultrapassar os meus momentos de página branca.

E porque os últimos são sempre os primeiros, aos meus pais e a minha irmã que sempre me apoiaram, por mais duro que fosse estar longe de casa. Obrigada por me ajudarem a cumprir mais uma meta. Ao meu pai, agradeço tudo o que fez por mim. Não há palavras, nem ações, que possam explicar o quanto te sou agradecida.

À minha melhor amiga, a minha irmã. Espero que agora entendas a minha ausência, nas circunstâncias que mais precisaste, e obrigada por seres o meu pilar que me resgata nos meus piores momentos.

Um obrigado sem dimensões a minha número um, a minha mãe, que sem ela nada poderia ter sido possível. És a minha guerreira, o meu modelo e o meu mundo. Obrigada.

A todos, um obrigado do fundo do coração!

Resumo

Estudo do efeito da substituição do bagaço de soja por tremoço branco (“*Lupinus Albus*” cv. Estoril) e por tremocilha (“*Lupinus Luteus*” cv. “Mister”) na alimentação de coelhos

O trabalho experimental apresentado teve como objetivo estudar o efeito da inclusão do tremoço branco e da tremocilha, como substitutos integrais ao bagaço de soja na alimentação de coelhos. Estudou-se o efeito nas performances, na digestibilidade e na avaliação das características pós-morte. Utilizaram-se sessenta coelhos, distribuídos de forma uniforme pelos três regimes diferentes: bagaço de soja (C), tremoço branco (TMC) e tremocilha (TLH).

Observou-se um aumento de peso diário dos coelhos de TLH inferior (42,1g/dia) ao de C e o índice de conversão pior nas últimas três semanas de ensaio ($P < 0,05$). A digestibilidade da MO de C foi significativamente superior (62,2%) ao de TMC (59,6%), já a digestibilidade da PB e da GB de TMC foi significativamente inferior (71,4% e 81,6% respectivamente) ao registrado em TLH (73,8% e 86,3% respectivamente).

A concentração de propionato no conteúdo cecal de C foi significativamente superior a TLH e o pH cecal inferior ($P < 0,05$). O *pool* AGV de C foi superior ao de TMC ($P < 0,05$). Não houve diferenças na ingestão média diária, no desenvolvimento do aparelho digestivo e nas características pós-morte. A incorporação de *Lupinus* ao nível testado (15%) prejudicou ligeiramente as performances. Estudar um nível de incorporação inferior poderá mostrar-se interessante.

Palavras-chave: coelho, “*Lupinus Albus*”, “*Lupinus Luteus*”, digestibilidade, performances

Abstract

Study of the effect of soybean meal substitution on white lupine ("Lupinus Albus" cv. Estoril) and for yellow lupine ("Lupinus Luteus" cv. "Mister") on rabbit feeding

This experimental work presented had as objective to study the effect of the inclusion of white lupine and yellow lupine as integral substitutes of soybean meal in the feeding of rabbits. It has been studied the effect in performance, digestibility and evaluation of post-mortem characteristics. Sixty rabbits were used and uniformly distributed by three different regimes: soybean meal (C), white lupine (TMC) and yellow lupine (TLH).

It was observed that the daily weight increase of TLH (42,1 g/day) was lower at C and conversion index worse in the last three weeks of testing ($P < 0,05$). The digestibility of MO in C was significantly higher (62,2%) than TMC (59,6%), and the digestibility of CP and GB in TMC was significantly lower (71,4% and 81,6%, respectively) to TLH (73,8% and 86,3%, respectively).

The concentration of propionate in the caecal content of C was significantly higher than TLH and caecal pH was lower ($P < 0,05$). The *pool* AGV of C was higher than TMC ($P < 0,05$). There were no differences in mean daily intake, digestive tract development and postmortem characteristics. The incorporation of *Lupinus* at the level tested (15%) slightly affected performances. Studying a lower level of incorporation may prove to be interesting.

Keywords: rabbits, "*Lupinus Albus*", "*Lupinus Luteus*", digestibility, performance

Índice

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Abstract	viii
Índice.....	ix
Lista de figuras.....	x
Lista de tabelas.....	xi
Lista de abreviaturas	xii
Capítulo I. Introdução Geral.....	1
Capítulo II. Estado da Arte.....	3
1 Soja	3
1.1 Bagaço de soja	5
1.2 Impacto ambiental da produção de bagaço de soja.....	7
2 Género <i>Lupinus</i> spp.	9
2.1 Tremoço branco (<i>Lupinus albus</i> L).....	11
2.2 Tremocilha (<i>Lupinus luteus</i> L.).....	14
2.3 Impacto ambiental do <i>Lupinus</i> spp	17
3 O coelho.....	18
3.1 Produção de coelho para carne.....	19
3.2 Sistema digestivo do coelho.....	21
4 Utilização de <i>Lupinus</i> na alimentação do coelho.....	29
Capítulo III. Trabalho experimental	32
1 Materiais e métodos	32
1.1 Desenho experimental.....	32
1.2 Parâmetros Estudados	37
1.3 Análises químicas	40
1.4 Análise estatística.....	42
Capítulo IV. Resultados e discussão.....	43
1 Dietas	43
2 Resultados Zootécnicos	45
2.1 Peso Vivo	46
2.2 Ingestão média diária de alimento.....	47
2.3 Ganho médio diário de peso vivo.....	49
2.4 Índice de conversão alimentar.....	51

3	Digestibilidade	53
3.1	Coeficiente de utilização digestiva.....	53
4	Avaliação pós morte.....	56
4.1	Desenvolvimento do trato digestivo.....	56
4.2	Parâmetros da atividade fermentativa cecal.....	57
4.3	Características da conformação da carcaça.....	59
4.4	Qualidade da carne.....	61
	Capítulo V. Conclusões e perspetiva para o futuro	62
	Capítulo VI. Referências Bibliográficas.....	63

Lista de figuras

Figura 1.	Sementes soja.....	3
Figura 2.	Sementes e bagaço de soja.....	5
Figura 3.	<i>Lupinus albus</i> L. (Tremoço branco).....	11
Figura 4.	<i>Lupinus luteus</i> L. (Tremocilha).....	14
Figura 5.	Coelhos (Fotografia de Joana Bandarrinha)	18
Figura 6.	Esquema do aparelho digestivo do coelho.....	22
Figura 7.	Divisão da carcaça segundo Blasco et al. (1993).....	39
Figura 8.	Divisão da carcaça segundo Blasco et al. (1993).....	40
Figura 9.	Evolução do peso vivo (PV) dos animais, em gramas (g)	46
Figura 10.	Ingestão média diária de alimento (IMD) dos coelhos,	47
Figura 11.	Ganhos médios diários de peso (GMD) dos animais, em gramas por dia	49
Figura 12.	Índice de conversão alimentar (IC) dos coelhos	51
Figura 13.	Coeficiente de utilização digestiva aparente (CUD), expresso em %	53

Lista de tabelas

Tabela 1. Perfil em ácidos gordos do bagaço de soja.	6
Tabela 2. Aminoácidos presentes no bagaço de soja essenciais ao coelho.....	7
Tabela 3. Aminoácidos presentes no <i>Lupinus albus</i> essenciais ao coelho	12
Tabela 4. Perfil em ácidos gordos do tremoço branco, <i>Lupinus albus</i>	13
Tabela 5. Aminoácidos presentes no <i>Lupinus luteus</i> essenciais ao coelho.....	15
Tabela 6. Perfil em ácidos gordos da tremocilha, <i>Lupinus luteus</i> vr Mister.....	15
Tabela 7. Composição recomendada da dieta em aminoácidos essenciais para o coelho	27
Tabela 8. Resumo dos resultados obtidos pelos autores.....	31
Tabela 9. Composição química dos ingredientes em estudo, expresso em % na MS.	34
Tabela 10. Composição centesimal das dietas experimentais para coelhos, em %	35
Tabela 11. Composição química estimada das dietas para coelhos, em % de MS.	36
Tabela 12. Quantidade de alimento fornecida aos coelhos diariamente em gramas (em g).....	37
Tabela 13. Formulas utilizadas para calcular os parâmetros pretendidos.....	38
Tabela 14. Metodologia utilizadas na determinação das frações analíticas e dos AGV's.	41
Tabela 15. Metodologias utilizadas nas determinações (continuação).....	42
Tabela 16. Composição química determinada das dietas experimentais para coelhos.....	44
Tabela 17. Valores médios do efeito nos parâmetros zootécnicos estudados da substituição	45
Tabela 18. Efeito no coeficiente de utilização digestiva da substituição do bagaço de soja	53
Tabela 19. Resumo do perfil em ácidos gordos do bagaço de soja, tremoço e tremocilha.	55
Tabela 20. Efeito da substituição nas características do trato digestivo dos coelhos	56
Tabela 21. Efeito da substituição nas características cecais dos coelhos	57
Tabela 22. Efeito da substituição nas características da conformação da carcaça de coelho	59
Tabela 23. Efeito da substituição nas características da qualidade da carne de coelho.....	61

Lista de abreviaturas

AD	Alimento distribuído
ADF	Fibra em detergente ácido
AGV's	Ácidos gordos voláteis
ARG	Aminoácido Arginina
C	Regime de Controlo
C2	Concentração do ácido acético
C3	Concentração do ácido propiónico
C4	Concentração do ácido butírico
°C	Graus Celsius
CUD aparente	Coeficiente de utilização digestiva aparente
CYS	Aminoácido Cistina
E.G.R.A.N.	European Group on Rabbit Nutrition
FAO	Food and Agriculture Organization
FB	Fibra bruta
GB	Gordura bruta
GMD	Ganho médio diário de peso vivo
g	grama
kcal	quilo caloria
LYS	Aminoácido Lisina
IC	Índice de conversão alimentar
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique
INTERACT	Integrative Research in Environment, Agro-Chains and Technology
kg	quilograma
IMD	Ingestão média diária
MET	Aminoácido Metionina
mmol	milimole
MO	Matéria orgânica
mol	mole
MS	Matéria seca
MT	Milhões de toneladas
NDF	Fibra em detergente neutro
PB	Proteína bruta
pH	Potencial hidrogeniónico
pHu	Potencial hidrogeniónico último
PV	Peso vivo
R	Refugo
THR	Aminoácido Treonina
TLH	Regime com Tremocilha
TMC	Regime com Tremoço
WRSA	World Rabbit Science Association

Capítulo I. Introdução Geral

A procura contínua da população mundial por carne, laticínios e outros produtos de origem animal para satisfazer o consumo humano, já é assumida como insustentável devido ao alto impacto ambiental da produção animal. Neste momento, o grão de soja é a fonte predominante de proteínas vegetais para a alimentação, sendo o bagaço de soja mais utilizado na alimentação animal (Lucas, et al., 2015).

A Europa, não sendo das principais produtoras, precisa de importar grandes quantidades de bagaço de soja. Segundo Lucas et al. (2015), a Europa depende da importação de 70% de soja, como fonte de proteína vegetal. Para atenuar estas condições de dependência é necessário procurar novas fontes proteicas, como alternativa à fonte tradicional, daí que a produção de leguminosas autóctones tenha sido e continuam a ser encorajadas na Europa.

As leguminosas são uma boa fonte de proteína, são plantas fixadoras de azoto, gestoras de fósforo e melhoradoras de solos (Lucas et al., 2015). O género *Lupinus* é relativamente mais tolerante a vários stresses abióticos do que outras leguminosas (Wolko, Clements, Naganowska, Nelson, & Yang, 2011).

O interesse na produção de *Lupinus* está a aumentar, devido ao seu potencial como fonte proteica, de alta qualidade, mas também devido aos seus fins farmacêuticos, à sua capacidade de melhorar solos, as suas baixas necessidades de fertilização em azoto e fósforo, e ao seu potencial comprovado para a recuperação solos pobres, degradados, ou contaminados (Sujak, Kotlarz, & Strobel, 2006).

Outro facto interessante sobre estas plantas é que o tremço branco (*Lupinus albus*) e a tremcilha (*Lupinus luteus*) são leguminosas nativas da Europa, o que lhes atribui uma maior rusticidade para solos europeus (Wolko et al., 2011). De acordo com alguns autores, estas leguminosas podem ser uma alternativa viável à soja. A população mundial continua a crescer, por isso, é necessário insistir na utilização de proteínas vegetais, que contribuem para o desenvolvimento socioeconómico e para a sustentabilidade ambiental (Lucas et al., 2015).

O INTERACT (Integrative Research in Environment, Agro-Chains and Technology) é um projeto que visa estudar e dar a conhecer as oportunidades e o potencial produtivo dos recursos agroalimentares. A produção de tremço, na Europa é insuficiente para garantir a sustentabilidade necessária para o seu uso na indústria de alimentos e rações. Assim, um dos muitos objetivos da INTERACT é aumentar a gama e produção de leguminosas na Europa (INTERACT).

Integrado no INTERACT, este trabalho experimental teve como objetivo estudar o efeito da inclusão do tremoço branco e da tremocilha, suplementados com aminoácidos, como substitutos integrais ao bagaço de soja na alimentação de coelhos, no período de pós-desmame e crescimento. Para tal formularam-se três regimes alimentares diferentes: um com bagaço de soja, um com tremoço branco e um outro com tremocilha. Alimentaram-se coelhos com as três dietas, registaram-se os resultados zootécnicos, determinou-se a digestibilidade das diversas frações analíticas e avaliou-se, após o abate dos animais, o desenvolvimento do trato digestivo, a atividade fermentativa cecal e as características da carcaça e a qualidade da carne, em termos de aparência. No fim, processou-se as informações recolhidas para realizar comparações e obter-se conclusões.

Em termos de redação, o presente trabalho iniciou-se com uma introdução geral ao tema. No segundo capítulo, foi feita uma revisão do estado da arte, onde são abordados questões importantes para entender a relevância do tema. Começou-se, por uma breve análise dos três ingredientes em estudo: o bagaço de soja, o tremoço branco e a tremocilha. Em seguida, realizou-se uma breve introdução sobre o coelho. Para a compreensão dos processos digestivos, fez-se um resumo da compreensão atual da fisiologia gastrointestinal e das necessidades dietéticas do coelho. Encerrou-se o capítulo, com o tema da utilização do tremoço branco e da tremocilha na alimentação do coelho.

O terceiro capítulo descreve o trabalho experimental, com o objectivo de estudar o efeito da substituição nas performances dos coelhos na fase de pós desmame e de crescimento, na digestibilidade e na avaliação das características pós morte.

O quarto capítulo é referente à apresentação e análise de todos os resultados obtidos e da sua discussão, comparando os nossos resultados com outros constantes de trabalhos bibliográficos em que foram utilizados ingredientes semelhantes.

O quinto, e último capítulo, apresenta as principais conclusões do trabalho e faz a referências a algumas perspectivas futuras sobre o tema.

Capítulo II. Estado da Arte

Com um aumento de 200 milhões de toneladas no consumo global desde os anos 70, a produção de soja é uma das indústrias em expansão no mundo. A Europa importa 75% dos produtos ricos em proteínas, o que a torna uma das mais importantes importadoras de soja do mundo (Boerema et al., 2016).

A globalização da mercadoria fez com que a cadeia se tornasse de larga escala, facto que afastou a produção do consumo. Assim o comércio internacional levou à degradação da terra em grande escala e à desflorestação, causando uma perda severa dos recursos naturais e dos ecossistemas (Boerema et al., 2016).

O género *Lupinus* é uma planta económica e agricolamente valiosa, que é capaz de crescer em diferentes solos e climas. Embora o *Lupinus* seja conhecido, cultivado e utilizado por pessoas do Mediterrâneo, o seu cultivo e uso, na Europa, é menos comum do que o da soja ou da ervilha, apesar de suas propriedades benéficas (Sujak et al., 2006).

1 Soja

A soja, cujo o nome científico *Glycine max* (L.) Merrill, pertence à família *Leguminosae*, subfamília *Papilionoidae* (Figura 1). A soja é, principalmente, utilizada pela indústria, para a produção de óleo comestível e proteína de alta qualidade. É considerada uma fonte rica em nutrientes devido à sua composição química única (Thrane, Paulsen, Orcutt, & Krieger, 2016).



Figura 1.Sementes soja

Retirado de <http://revistagloborural.globo.com/Revista/GloboRural/foto/0,,69821559,00.jpg>

A soja possui um teor proteico cerca de 36%, e é usada como padrão para a comparação a outras fontes proteicas na alimentação animal. A soja contém 15% de hidratos de carbono solúveis e 15% de hidratos de carbono insolúveis e 18% de óleo. Esses valores diversificam-se consoante a variedade, a localização geográfica e o clima (Thrane et al., 2016).

A soja teve origem na Ásia Oriental, provavelmente no norte e centro da China. Foi cultivada como alimento durante milhares de anos nessa região e constitui, até hoje, um componente importante na dieta popular dessas regiões. Neste momento, a soja está disponível em todo o mundo. Embora os EUA e o Brasil sejam responsáveis pela maior parte da produção mundial de soja, a introdução dessa cultura, na agricultura ocidental, é bastante recente (FAO, 2016).

Em 1917, foi descoberta a utilidade da soja para alimentação animal, o que levou ao crescimento da indústria de processamento de soja. Antes de 1956, a maioria da produção mundial de soja encontrava-se na Ásia. No entanto, os Estados Unidos expandiram a sua produção e, em 1970, forneciam dois terços das necessidades de soja no mundo. No início dos anos 70, a América Latina começou a tornar-se uma importante região de produção de soja. Em 1975, a produção total da América Latina, com principais produtores Brasil e Argentina, superou a produção da Ásia (Shurtleff & Aoyagi, 2004).

O sucesso da soja encontra-se nas suas múltiplas aplicações, pode ser usada em produtos alimentícios, como óleo vegetal comestível, biocombustível e o seu bagaço pode ser usado como fonte de proteína em rações (Boerema et al., 2016).

Em 2016, a produção mundial de soja integral atingiu 334,89 milhões de toneladas (MT). Os principais produtores foram os EUA (117,21MT), o Brasil (96,30 MT) e a Argentina (58,80 MT). Os principais exportadores foram EUA e Brasil, com exportações de cerca de 57,77 e 51,58 MT respetivamente (FAO, 2016). A China foi o importador mais importante de soja (83,91 MT), seguido por países da União Europeia como a Holanda (4,37 MT), a Espanha (3,23 MT), a Alemanha (3,14 MT) (FAO, 2016).

1.1 Bagaço de soja

Na alimentação animal, especialmente em sistemas pecuários intensivos, a soja é a principal fonte de proteína mais utilizada, utilizada majoritariamente em forma de bagaço (Figura 2). O bagaço é um subproduto da extração do óleo de soja, onde as sementes de soja são tratadas com alta temperatura e com solventes como o hexano, um subproduto da indústria do petróleo (Lucas et al., 2015; Musco et al., 2017).



Figura 2. Sementes e bagaço de soja

Retirado de https://pcsuppliersltd.en.ecplaza.net/products/best-quality-soybean-meal-for-animal_4195729

A casca da soja, que representa cerca de 8 % da mesma, pode ser removida, ou não. A vantagem de remover a casca é de ter menos volume a processar, o que leva a uma maior saída de extração por dia e um melhor teor de proteína. O bagaço de soja é geralmente classificado, para comercialização, pelo seu teor de proteína bruta (Johnson & Smith, 2004).

1.1.1 Processo de fabrico

Existem três processos diferentes de extração da soja, para obter óleo e bagaço. O mais usualmente utilizado é a extração por solventes (Johnson & Smith, 2004).

Neste processo, a soja é triturada, descascada (opcional), aquecida, em flocos e passada (opcional) através de um expansor que facilita a extração de óleo por solvente. A vantagem, de usar expansores, é o solvente drenar melhor, reduzindo assim a quantidade de solvente que deve ser evaporado do bagaço, melhorando a capacidade de passagem no extrator. Do extrator, os flocos são transportados para um equipamento que irá remover o hexano. No final, os flocos passam por um moinho de martelo, para obterem um tamanho de partícula uniforme (Johnson & Smith, 2004, p. 3, tradução livre).

O bagaço de soja também pode ser produzido por extração mecânica e por extrusão.

O processo de extração mecânica envolve aquecer a soja. O óleo é mecanicamente espremido dos grãos e o calor gerado, por fricção das prensas, destrói os fatores anti-nutricionais da soja. Com este processo, o bagaço possui maiores níveis de óleo residual, menor teor de proteína e são mais palatáveis do que outros bagaços de oleaginosas.

Na extrusão, a extrusora, substitui outros dispositivos de aquecimento a vapor antes de passar pelas prensas e elimina a necessidade de gerar vapor. As características do bagaço extrudido são substancialmente semelhantes às do bagaço de extração mecânica (Johnson & Smith, 2004, p. 4, tradução livre).

1.1.2 Composição e limitação nutricional

A composição nutricional do bagaço de soja varia consoante o processo de fabrico. O bagaço de soja é rico em proteína. Existem duas categorias principais de bagaço de soja, o bagaço de soja “elevada proteína” com um teor de 47-51% na MS de proteína bruta, obtida a partir de sementes descascadas, e o bagaço de soja “convencional”, com 44 a 46 % na MS (FAO, 2016).

O bagaço de soja é pobre em fibra bruta, tem cerca 4 a 7 % na MS ou 10 a 14 % de NDF % na MS (INRA-CIRAD-AFZ, 2018).

Possui um teor médio em gordura de 1,6% na MS e em energia bruta de 4600 a 4700 kcal/ kg na MS. Para coelhos, a energia digestível é de 3800 a 4100 kcal/kg na MS e de energia metabolizável é de 3300 a 3500 kcal/kg na MS (INRA CIRAD AFZ and FAO ©, 2012).

A Tabela 1 apresenta um resumo do perfil em ácidos gordos presentes no bagaço de soja.

Tabela 1. Perfil em ácidos gordos do bagaço de soja.

Bagaço de Soja ⁵	SFAs ¹	MUFAs ²	n-6 PUFAs ³	n-3 PUFAs ³
(% ácidos gordos totais)	15,5	27,3	55,8	1,5

¹ Ácidos gordos saturados; ² ácidos gordos monoinsaturados; ³ n-6 ácidos gordos polinsaturados; ⁴ n-3 ácidos gordos polinsaturados; ⁵ (Volek & Marounek, 2011)

O seu conteúdo total, em macro e microelementos, é cerca de 6 % na MS. Entre os macroelementos, predomina, o Potássio, o Enxofre e o Fósforo e entre os microelementos, o Manganês, o Ferro e o Zinco (Johnson & Smith, 2004). A digestibilidade da proteína e dos aminoácidos é elevada para todas as espécies animais. É uma leguminosa rica em lisina e relativamente pobre em metionina e triptofano (FEDNA, 2010).

Na Tabela 2 são apresentados os aminoácidos do bagaço de soja consoante as necessidades dos coelhos.

Tabela 2. Aminoácidos presentes no bagaço de soja essenciais ao coelho.

Aminoácidos ^a	g/ 16 g N
Arginina	7,3 a 8,1 ^b
Histidina	2,4 a 2,9 ^b
Isoleucina	4 a 5 ^b
Lisina	5,7 a 6,7 ^b
Leucina	6,8 a 8 ^b
Metionina + cistina	3 ^c
Fenilalanina + tyrosina	8,6 ^c
Treonina	3,4 a 4,3 ^b
Triptofano	1,2 a 1,6 ^b
Valina	4,1 a 5,5 ^b

^a (Pinheiro & Mourão, 2006); ^b (INRA CIRAD AFZ and FAO ©, 2012);

^c (INRA-CIRAD-AFZ, 2018)

As sementes de soja contêm factores anti-nutricionais. Os mais importantes são termolábeis. Estes, com o tratamento térmico correto, são reduzidos, como por exemplo os factores anti-tripsínicos, ureases e lectinas. A soja também contém factores anti-nutritivos termoestáveis, como os factores antigénicos (a glicina e a β -conglucina) e os oligossacarídeos (a estaquiase e a rafinose). Estes podem ser extraídos com água e etanol (FEDNA, 2010).

Para se obter o bagaço de soja, é necessário submetê-lo a vários tratamentos, que remove parte dos factores anti-nutricionais. No entanto, é necessário avaliar se a qualidade do alimento para comprovar se o alimento foi adequadamente processado (FEDNA, 2010).

1.2 Impacto ambiental da produção de bagaço de soja

O crescimento da população e o aumento do consumo levaram a um aumento da procura mundial de alimentos, que tornam as terras agrícolas férteis cada vez mais escassas. Segundo Boerema et al. (2016), os países de alto rendimento “usam” terras no seu exterior para “virtualmente” aumentar suas terras agrícolas, também chamadas de “uso virtual da terra” ou “uso da terra deslocada”. Em consequência, os recursos terrestres e hídricos necessários para a produção de alimentos são deslocados, transferindo virtualmente os impactos ambientais para os países produtores.

A Europa é uma das principais importadoras de soja no mundo e tem vindo a aumentar de forma significativa a sua importação, nos últimos 50 anos. Importa 83% de soja, dos quais são 60% vêm do Brasil e da Argentina (Boerema et al., 2016).

Estes dois países mostram um grande aumento da área de produção de soja nas últimas décadas. Além disso, a monocultura intensiva na América do Sul é, especialmente conhecida por “boom” da soja, que gerou impactos bem estudados, como as práticas de desflorestação. Estas práticas representam uma séria ameaça a preservação da floresta tropical, incluindo os habitats e a biodiversidade (Boerema et al., 2016).

O principal responsável pela desflorestação é a pecuária, pois, cerca de 80% das terras, recentemente desflorestadas no Brasil, são usadas para a pecuária. O cultivo da soja deslocou-se principalmente para as pastagens, deslocando a pecuária para áreas florestais e as savanas. Nos últimos anos, o cultivo de soja também se deslocou para ecossistemas anteriormente não cultivados, o que levou a sua desflorestação direta. Assim, o aumento do cultivo de soja, no Brasil e na Argentina, é parcialmente à custa de outras culturas arvenses e pratenses, mas também ligado à perda de florestas e savanas (Boerema et al., 2016).

O outro facto importante está relacionado com o fabrico de bagaço de soja. A sua produção, geralmente, requer, durante a separação do óleo e do bagaço, o uso de hexano (Thrane et al., 2016). Este solvente é extremamente inflamável e não bio renovável, apresentando riscos à saúde e é regulamentado como um poluente atmosférico perigoso (Cheng et al., 2018). Segundo Cheng et al. (2018), embora a extração de hexano seja a mais eficiente, dos processos de extração do óleo, em termos energéticos, e tem poucas emissões de efeito de estufa, ela tem o maior potencial de impacto ambiental.

No entanto, recentemente, alguns obstáculos limitam o uso de soja: a proibição da utilização na produção biológica, devido a proibição da utilização de produtos ou organismos geneticamente modificados (Regulamento (CE) N° 834/2007), ao facto do seu procedimento ser com produtos químicos e os seus custos e disponibilidade, que se encontram fortemente relacionados com o desenvolvimento dos preços da agricultura no mercado mundial (Musco et al., 2017).

Em 2016, os principais exportadores bagaço de soja foram o Brasil e a Argentina, com exportações de cerca de 29,07 e 14,44 MT, respetivamente (FAO, 2016). O Vietname, seguido da Indonésia foram os importadores mais importantes (4,34 e 4,01 MT, respetivamente), seguidos por países da União Europeia como a Holanda, a Alemanha e a França com cerca de 3 MT cada (FAO, 2016).

2 Gênero *Lupinus* spp.

O *Lupinus* é uma planta que pertence a família das *Leguminosae* (*Fabaceae*). É um gênero relativamente grande e um dos, geograficamente, mais difundido, com grande diversidade de espécies. Existem mais de 170 espécies de *Lupinus*, que se dividem em dois grandes grupos: o "Velho Mundo", com espécies originárias do Mediterrâneo e do norte e este Africano, no qual se encontra o *Lupinus albus* L. (tremoço branco) e o *Lupinus luteus* L. (tremocilha). O "Novo Mundo" apresenta espécies originárias do norte e sul da América como o *Lupinus mutabilis* (Wolko et al., 2011; Musco et al., 2017).

As características do gênero *Lupinus* podem variar consoante a variedade utilizada. Estas são plantas anuais de utilização múltipla e cultivadas, em todo mundo, para a alimentação humana e animal, devido ao seu teor elevado em proteína. Eles fornecem 30-50% de proteína bruta na matéria seca (MS), 10-15% de fibra bruta na MS, ácidos gordos polinsaturados, considerados saudáveis e essenciais para o funcionamento e crescimento de organismos (por exemplo o ácido linoléico e o ácido linolénico), vitaminas e minerais (Sujak et al., 2006).

Os *Lupinus* têm hidratos de carbono com características diferentes: polissacarídeos estruturais presentes na casca, que representam 18% do peso da semente e que são constituídos essencialmente pela celulose, hemicelulose e pectinas (Wolko et al., 2011). As sementes possuem também polissacarídeos não estruturais das paredes celulares, compostos por galactose, arabinose e ácido urónico (Prusinski, 2017).

As sementes de tremoço contêm α -oligossacarídeos, incluindo estaquiase, rafinose e verbascose. O conteúdo dos oligossacarídeos depende da variedade e também do local do cultivo. São fatores anti-nutricionais, devido a falta da enzima α -galactosidase, necessária para a hidrólise das ligações α -1,6, que não está disponível no intestino delgado de animais e humanos. Como consequência, esses componentes passam para o intestino grosso, onde são fermentados (Wolko et al., 2011; Prusinski 2017).

A extração de oligossacarídeos de sementes de tremoço pode afetar a diminuição do conteúdo de γ -conglutina e lipoxigenase, o que pode ser benéfico devido ao potencial efeito alérgico, desfavorável e o efeito de deterioração das características organolépticas (Prusinski, 2017).

O caráter anti-nutritivo dos hidratos de carbono solúveis, nas sementes de tremoço, também resulta na sua viscosidade e no seu efeito no tempo de trânsito intestinal, bem como nas mudanças na regulação hormonal e na absorção diferenciada de nutrientes. Para removê-los, é utilizada a germinação das sementes, comumente empregada no caso da soja. Deve-se destacar que, esses compostos têm sido usados, cada vez mais, na produção de próbióticos e pré-bióticos (Wolko et al., 2011; Prusinski, 2017).

A combinação das suas baixas necessidades de fertilização em azoto e fósforo com a capacidade de melhorar solos pobres, degradados, ou contaminados, juntamente, com segurança, da produção de produtos ricos em proteína de alta qualidade, tanto para a alimentação humana como para a animal, são características importantes que contribuem para o desenvolvimento socioeconômico e para a sustentabilidade ambiental (Lucas et al., 2015).

As sementes de *Lupinus* podem ser uma potencial fonte de celulose alimentar para a produção de alimentos dietéticos para humanos. A sua elevada fração proteica poderia ser usada, como ingrediente para enriquecer diferentes tipos de produtos, como bolos, pães, batatas fritas, substitutos do leite, e também substituto de proteínas animais (Sujak et al., 2006).

Estas sementes podem ter diversas utilidades, como por exemplo para a produção de concentrados proteicos para animais, que ao serem adicionados a outras rações ou forragens, enriquecem os seus valores nutricionais. Também pode ser utilizado em sementes inteiras, descascadas, moídas ou previamente sujeitas a tratamentos (Noort, 2016). A extrusão pode melhorar a qualidade dos alimentos formulados à base de tremço. Existe melhorias na digestibilidade dos alimentos, o que torna o processo possivelmente rentável (Pettersson, 2016).

Em 2016, a produção mundial de *Lupinus* foi de 1,29 milhões de toneladas (MT) com principais produtores, a Austrália e a Polónia com 651,94 e 206,25 mil toneladas respectivamente (FAO, 2016). Na Polónia, por exemplo, é cultivado tremço branco (*Lupinus albus*) e de folhas estreitas (*Lupinus angustifolius*) em solos férteis, mas em solos exaustos ou pesados, o tremço amarelo (*Lupinus luteus*) é a única planta produtiva que pode ser usada para a produção de concentrados e forragem (Sujak et al., 2006).

2.1 Tremoço branco (*Lupinus albus* L)

O tremoço branco (Figura 3) é uma leguminosa anual, com uma acentuada ramificação. O sistema radicular profundo desta planta permite-lhe satisfazer as suas necessidades hídricas em solos onde a água se encontra mais profunda. O caule pode atingir até 120 cm e é ereto (Vasconcellos, 1962).

As flores são corolas papilionáceas, brancas, aromáticas e estão reunidas em cachos. O fruto é uma vagem estreita com quatro a cinco sementes. As sementes têm forma quadrangulares com os cantos arredondados, são grandes, uniformes, lisas e de cor amarela esbranquiçada (Vasconcellos, 1962).



Figura 3. *Lupinus albus* L. (Tremoço branco)

Retirada de <https://www.naturalmedicinefacts.info/large/12532.jpg>;

<http://theorganicfarmer.org/sites/default/files/pictures/Fodder/Lupin%20Seeds%202.jpg>;

<http://www.summagallicana.it/lessico/l/Lupinus%20albus%20tavola.jpg>

2.1.1 Distribuição e características gerais

O tremoço branco encontra-se distribuído nos arredores do mediterrâneo e ao longo do Vale do Nilo (Huyghe, 1997). O tremoço é semeado no outono (Vasconcellos, 1962). Na fase inicial de crescimento, suporta climas frios a moderadamente quentes, tendo alguma tolerância para a geada. Adapta-se a solos ligeiramente ácidos a ligeiramente calcários, a areias argilosas e a solos argilosos, e é intolerante ao alagamento. Precisa de um solo minimamente fértil e água em quantidade moderada (Wolko et al. 2011).

2.1.2 Composição e limitação nutricional

As sementes de tremoço branco são ricas em proteína, com um teor de 33 a 47%, consoante a variedade e o local onde se encontra (Huyghe, 1997), sendo o teor medio cerca de 36% (Sujak et al. 2006; Wolko et al. 2011). Tal como todas as espécies de *Lupinus*, o tremoço branco é deficiente em metionina.

O tremoço branco contém mais aminoácidos do que as outras duas espécies de *Lupinus* (*luteus* e *angustifolius*) cultivadas na Europa, e também é caracterizado por um maior índice de aminoácidos essenciais (Sujak et al., 2006). Na Tabela 3 é apresentado os aminoácidos do tremoço branco consoante as necessidades dos coelhos.

Tabela 3. Aminoácidos presentes no *Lupinus albus* essenciais ao coelho

Aminoácidos ^a	g/16g N
Arginina	7,7 a 12,5 ^b
Histidina	1,9 a 3,5 ^b
Isoleucina	3,1 a 5 ^b
Lisina	3,9 a 5,7 ^b
Leucina	5,7 a 8,2 ^b
Metionina + cistina	2,4 ^c
Fenilalanina + tyrosina	8,6 ^c
Treonina	3 a 4,5 ^b
Triptofano	0,5 a 1 ^b
Valina	3,2 a 5 ^b

^a(Pinheiro & Mourão, 2006); ^b (INRA CIRAD AFZ and FAO ©, 2012);

^c(INRA-CIRAD-AFZ, 2018)

Sementes de tremoço branco são uma rica fonte de macro e microelementos. O seu conteúdo total é de 30-40 mg / kg (Sujak et al., 2006). Segundo Petterson, (2016), entre os macroelementos, prevalece, o Potássio, o Cálcio e o Fósforo e entre os microelementos, o Manganês, o Ferro e Zinco.

As sementes de tremoço branco são ricas em gorduras, com um teor de 6 a 13%, em média, têm cerca 9% (Huyghe, 1997; Wolko et al. 2011). O tremoço branco tem cerca 9 a 20% de fibra bruta na MS, ou, 16,4 a 30,5 % de NDF na MS (INRA CIRAD AFZ and FAO ©, 2012). Em energia bruta tem 5060 kcal/ kg na MS. Para coelhos, a energia digestível é de 3580 kcal/kg na MS e energia metabolizável é de 3140 kcal/kg na MS (INRA-CIRAD-AFZ, 2018).

A Tabela 4 apresenta um resumo do perfil em ácidos gordos presentes no tremoço branco.

Tabela 4. Perfil em ácidos gordos do tremoço branco, *Lupinus albus*.

<i>L. albus</i> ⁵	SFAs ¹	MUFAs ²	n-6 PUFA ³	n-3 PUFA ³
(% ácidos gordos totais)	16,7	54,4	19,4	9,9

¹ Ácidos gordos saturados; ² ácidos gordos monoinsaturados; ³ n-6 ácidos gordos polinsaturados; ⁴ n-3 ácidos gordos polinsaturados; ⁵ (Musco et al., 2017)

As variedades anteriores, consideradas amargas, continham alcaloides tóxicos e não eram recomendadas para a alimentação, a menos que os alcaloides fossem removidos através de tratamentos pós-colheita, por exemplo, a cozedura, imersão, fermentação, extração, etc. A sua remoção também é possível através da seleção de genótipos com baixo teor de estes componentes (Prusinski, 2017).

Magalhães et al. (2016) identificaram os alcaloides presentes no tremoço branco, como a lupinina, a lupanina, a angustifoline, a smipina, a α -isolupanina, 11,12-dehydrolupanina e a 13-hydrolupanina.

Magalhães et al. (2016) repararam que, entre todas as amostras estudadas de tremoço branco, apenas três variedades apresentaram teores totais de alcaloides abaixo de 0,5 g / kg de na MS, consideradas variedades doces. As variedades eram a Amiga, a Estoril e a Lumen. Ainda assim, apenas a variedade Amiga respeita o limite de segurança fixado pelas autoridades da saúde do Reino Unido, França, Austrália e Nova Zelândia, para a quantidade total de alcaloides permitidos nas farinhas de tremoço e produtos derivados na alimentação humana, de 0,2 g / kg de na MS. Portanto, poderiam ser adicionadas com segurança à dieta dos consumidores humanos com sementes cruas. As restantes variedades devem ser consideradas para a alimentação animal somente se o calibre não for de interesse para o consumo humano (Magalhães et al., 2016).

2.2 Tremocilha (*Lupinus luteus* L.)

A tremocilha (Figura 4) é uma planta anual, com uma acentuada ramificação (Moreira, 2002). O caule é ereto e pode atingir até 100 cm. As folhas são digitadas e alternas. As flores são corolas papilionáceas, amarelas, aromáticas e estão reunidas em cachos. O fruto é uma vagem estreita, vilosa, com três a quatro sementes (Monteiro et al., 2014).

As sementes têm forma arredondada, são lisas, geralmente negras marmoreadas com manchas amareladas e esbranquiçadas (Monteiro et al., 2014). A tremocilha tem cultivares com elevados teores de alcaloides (“amargas”) e com apreciável deiscência das sementes, e cultivares “doces” melhoradas e com vagens muito menos deiscentes (Moreira, 2002).



Figura 4. *Lupinus luteus* L. (Tremocilha)

Retirado de https://en.wikipedia.org/wiki/Lupinus_luteus;

<http://www.summagallicana.it/lessico/l/Lupinus%20albus%20tavola.jpg>;

http://www.flowersinIsrael.com/Flowgallery/Lupinus_luteus_flower3.jpg

2.2.1 Distribuição e características gerais

A tremocilha é originária do oeste da bacia mediterrânica e da península ibérica. Encontra-se em Portugal, em algumas zonas da Espanha e em Itália. A tremocilha é semeada no outono e prefere temperaturas amenas, tem alguma suscetibilidade à geada, particularmente nas fases iniciais de crescimento e na floração (Vasconcellos, 1962). São plantas tolerantes ao excesso de alumínio no solo e são mais adequadas a solo de pH ácido, arenosos e de areias argilosas. Possui alguma tolerância a alagamentos e são sensíveis a solos alcalinos (Wolko et al., 2011). A tremocilha é semeada no outono após as primeiras chuvas, não necessita de adubos dado que tem capacidade de se desenvolver em solos pobres (Vasconcellos, 1962; Moreira, 2002).

2.2.2 Composição e limitação nutricional

As sementes de tremocilha são ricas em proteína, com um teor de 34 a 48%, sendo o teor da variedade Mister (variedade de tremocilha em estudo) de 38% (Sujak et al., 2006). A Tabela 5 apresenta os aminoácidos da tremocilha consoante as necessidades dos coelhos.

Tabela 5. Aminoácidos presentes no *Lupinus luteus* essenciais ao coelho

Aminoácidos ^a	g/ 16 g N ^b
Arginina	9,9 a 11,5
Histidina	2,1
Isoleucina	4,6
Lisina	4,8
Leucina	6,5 a 7,8
Metionina + cistina	2 a 3
Fenilalanina + tyrosina	8,6
Treonina	3,6
Triptofano	0,7
Valina	4,2

^a (Pinheiro & Mourão, 2006); ^b (INRA CIRAD AFZ and FAO ©, 2012)

As sementes de tremocilha são ricas em gorduras, com um teor entre os 4 a 6 %, a variedade Mister tem cerca 5,4 % (Sujak et al., 2006). A Tabela 6 apresenta um resumo do perfil em ácidos gordos presentes na tremocilha, nomeadamente na variedade Mister.

Tabela 6. Perfil em ácidos gordos da tremocilha, *Lupinus luteus* vr Mister

<i>L. luteus</i> ⁵ (% ácidos gordos totais)	Variedade	SFAs ¹	MUFAs ²	n-6 PUFAs ³	n-3 PUFAs ³
	Mister	16,2	29,5	47,6	6,7

¹ Ácidos gordos saturados; ² ácidos gordos monoinsaturados; ³ n-6 ácidos gordos polinsaturados; ⁴ n-3 ácidos gordos polinsaturados; ⁵ (Musco et al., 2017)

As sementes têm cerca 13,5 a 20,2 % na MS em fibra bruta, ou seja, 21,6 a 29,2 % na MS de NDF. Possui um teor de gordura entre 4,6 e 6,3 % na MS. Em energia bruta varia entre 4705 e 4920 kcal/ kg na MS. Para coelhos, a energia digestível é de 3340 kcal/kg na MS e energia metabolizável é de 2940 kcal/kg na MS (INRA CIRAD AFZ and FAO ©, 2012).

A tremocilha é muito ricas de macro e microelementos. O seu conteúdo total é de 40-50 mg / kg (Sujak et al., 2006). Segundo Petterson, (2016), entre os macroelementos, prevalece, o Potássio, o Fósforo e o Enxofre e entre os microelementos, o Manganês, o Ferro e Zinco.

A utilização da tremocilha requer alguma prudência, devido à sua toxicidade, quer em verde, devido aos alcaloides dos cultivares amargos, quer em seco, pelos riscos de “lupinose”, toxicidade devida a um fungo que parasita as plantas secas quando ocorre chuva ou humidade acentuada no Verão (Moreira, 2002). Devido a essa toxicidade, as variedades amargas de tremocilha não eram recomendadas para a alimentação animal, a menos que os alcaloides tivessem sido removidos por imersão em água (Wolko et al., 2011).

Atualmente existem variedades doces, livres de alcaloides, que podem ser distinguidas pelo sabor e pelo menor crescimento. Magalhães et al. (2016) encontraram os seguintes alcaloides na tremocilha: a lupinina, a sparteina e a gramina.

Magalhães et al. (2016) repararam que, entre todas as amostras estudadas de tremocilha, apenas duas variedades apresentavam teores totais de alcaloides abaixo de 0,5 g / kg de na MS, consideradas variedades doces. As variedades eram a Dukat e a Mister de Portugal. Ainda assim, apenas a variedade Dukat respeita o limite de segurança atualmente fixado pelas autoridades da saúde do Reino Unido, França, Austrália e Nova Zelândia para a quantidade total de alcaloides permitidos nas farinhas de tremçoço e produtos derivados para consumo humano de sementes cruas, de 0,2 g / kg de na MS. Por outro lado, a tremocilha doce, é comumente mais destinada à alimentação animal (Magalhães et al., 2016).

2.3 Impacto ambiental do *Lupinus spp*

O cultivo de leguminosas é importante em solos pobres, degradados e de baixa fertilidade, onde podem desempenhar um papel de pioneiras na recuperação das condições do solo. Estes cultivos são realizados sem recurso a adubações azotadas, devido a uma boa capacidade de fixação simbiótica de azoto (Moreira, 2002).

Além do alto teor de proteína, os *Lupinus* possuem essa forte capacidade de fixação de azoto com o uso de azoto atmosférico. Os *Lupinus* têm uma exigência rizobiana relativamente específica e são nodulados, principalmente, pelo rizóbio de crescimento lento, *Bradyrhizobium sp. Lupinus* (Jordan 1982 citado por Wolko, et al, 2011). Wolko et al. (2011) afirma que *Bradyrhizobium sp. Lupinus* é um dos poucos do seu gênero a ter, como hospedeiro, uma leguminosa agrícola de clima mediterrâneo.

Normalmente, os *Lupinus* europeus, que crescem em solos ácidos, podem estabelecer simbioses efetivas com *Bradyrhizobium*, que normalmente se encontra presente nesses solos, embora possa estar ausente em solos neutros ou alcalinos (Lucas et al., 2015). A fixação simbiótica de azoto está, fortemente, relacionada com o estado fisiológico da planta, de forma que, o stresse ambiental não só tem um efeito prejudicial no metabolismo e no crescimento e desenvolvimento da planta, mas também influencia a simbiose. A simbiose *Lupinus-Bradyrhizobium* tem sido descrita, para os stresses abióticos, como sendo relativamente tolerante (Lucas et al., 2015, citando Fernández-Pascual et al., 2007).

Os *Lupinus*, também têm a capacidade de libertação de fósforo orgânico no solo. Segundo Lucas et al., (2015), a fonte primária de fertilizantes fosfatados, o fosfato de rocha minerada, é considerada esgotada, provavelmente, daqui a 40 anos, o que realça a importância da gestão sustentável de fósforo. Quando o fósforo disponível é limitante, os tremoços formam raízes especializadas que libertam fósforo mobilizado sob forma insolúvel. Esta capacidade poderia ser mais amplamente explorada para reduzir a necessidade de suplementação de fósforo no solo (Lucas et al., 2015).

Assim, este gênero de leguminosas pode ser usado na rotação de culturas, durante a produção intensiva de grãos, ou, em consociações com gramíneas. Dado a sua capacidade de melhorar solos contribui para a sustentabilidade ambiental (Huyghe, 1997; Sujak et al, 2006).

3 O coelho

O coelho (Figura 5) é um mamífero, pertencente à ordem de *Lagomorfos* e à família de *Leporidae*. Esta família inclui diversos géneros, entre os quais o *Oryctolagus*, onde encontramos a espécie *cuniculus* de onde deriva o coelho europeu, utilizado na cunicultura atual. Na espécie *cuniculus*, encontramos duas subespécies: a *cuniculus cuniculus* onde se incluem todas as raças domésticas e a *cuniculus algirus* que engloba o coelho – bravo presente no território português e parte de Espanha (Vella & Donnelly, 2012).

A domesticação de *O. cuniculus* foi alcançada entre o quinto e o décimo século, no sul da Europa. França teve um papel decisivo, pois os monges mantinham coelhos, nos seus mosteiros, como fonte de alimento, muito antes do desmatamento e da agricultura alterarem o ambiente (Vella & Donnelly, 2012).

Muitas das raças domesticadas têm pouca semelhança com a espécie original selvagem. A diversidade varia entre as raças pequenas (coelhos anões), pesando 1 kg e as raças pesadas ou gigantes, criados para produção de carne, que podem pesar até 7 kg (Vella & Donnelly, 2012).

A conformação corporal, o tamanho da orelha e as características produtivas e reprodutivas variam amplamente entre raças de coelhos. Na produção industrial, as raças mais utilizadas são as médias (4 a 5 kg de peso vivo adulto), que apresentam performances reprodutivas e de crescimento mais vantajosas (Vella & Donnelly, 2012).



Figura 5. Coelhos (Fotografia de Joana Bandarrinha)

3.1 Produção de coelho para carne

Em 2016, a produção mundial de carne de coelho atingiu 1,428 milhões de toneladas (MT). A produção mundial encontra-se repartida da seguinte forma: 58,1 % para a Ásia, 32,3 % para a Europa, 7,7% para a África e 1,8% para as Américas. Os principais produtores no mundo de carne de coelho são a China com 849 mil toneladas (ton) e a República Popular Democrática da Coreia com 173 mil ton. Na Europa, os principais produtores são a Itália com 54 mil ton, a Espanha com 51 mil ton e a França com 48 mil ton (FAO, 2016).

Os principais exportadores, em 2016, foram Espanha, China e França, com exportações de cerca de 7,04, 6,97 e 6,14 mil toneladas respetivamente, seguidos por, Bélgica e Hungria com 5,07 e 5,01 mil toneladas respetivamente. Os principais importadores de carne de coelho são a Bélgica com 5,23 mil ton e a Alemanha com 4,98 mil toneladas, seguido por Portugal, Itália e França com, respectivamente, 3,35, 2,75 e 2,71 mil ton (FAO, 2016).

A carne de coelho é vendida de várias maneiras, como carcaça inteira, em partes e em carne processada pronta a cozinhar, portanto, devem ser tomadas em consideração muitas características de qualidade de carcaça e carne (Hernández & Gondret, 2006).

3.1.1 Qualidade da carcaça

As características da composição corporal que com maior frequência são medidas, são as propostas pelas normas da World Rabbit Science Association (WRSA). Segundo Hernández e Gondret, (2006) citando os autores Blasco e Ouhayoun, (1993), são: o rendimento da carcaça, as proporções de partes anteriores, intermediárias e posteriores, na carcaça refrigerada, a gordura na carcaça em pesos perirrenais ou dissecáveis de gordura e em relação ao peso da carcaça, e a relação músculo osso, avaliada na perna.

Segundo Ouhayoun, (1989), o rendimento da carcaça é cerca de 57 %, as proporções de partes anteriores, intermediárias e posteriores, na carcaça comercial, representam cerca de 18 %, 28 % e 29%, respetivamente. A proporção de osso representa cerca de 16 % na parte posterior. A carcaça comercial inclui a cabeça, que representa cerca de 10 % da carcaça, o fígado e os rins, que representam cerca de 9 % da carcaça e os órgãos localizados no tórax e no pescoço (pulmões, esófago, traqueia, coração e o timo), que representam cerca de 7% (Ouhayoun, 1989; Blasco et al., 1993).

3.1.2 Qualidade da carne

Segundo Hernández e Dalle Zotte, (2010), a qualidade da carne é um conceito complexo, que consiste:

- Nas propriedades nutricionais, tais como proporções apropriadas de compostos bioativos, proteínas, lipídios e seus subconstituintes essenciais;
- Nas características sensoriais, como aparência, textura e sabor;
- Na saúde, que depende do teor de gordura e de ácidos gordos saturados;
- Nos fatores tecnológicos, como o processamento.

O estudo também inclui a percepção do consumidor sobre as condições de criação de animais, em relação ao bem-estar animal, o impacto da produção animal no meio ambiente e a segurança alimentar (Hernández & Dalle Zotte, 2010). Rødbotten et al. (2004), citado por Hernández e Dalle Zotte (2010), comparou as carnes de 15 espécies de animais comerciais. A carne de coelho foi classificada entre as mais tenras, juntamente com borrego, corça, alce, lebre e galinha. Foi considerada a carne com menos cor, intensidade e atributos de odor (doce, metálico, etc.), intensidade e atributos de sabor, logo após o frango, o peru e o porco. A carne de coelho também foi classificada com a de menor sensação de gordura na boca e a sua suculência foi classificada como média-baixa.

Segundo Gondret e Bonneau (1998), as principais propriedades sensoriais da carne são suculência, tenrura e sabor. O pH muscular e a capacidade de retenção de água (CRA) exercem uma grande influência na qualidade tecnológica e alimentar da carne. A evolução pós-morte do pH e do pHu afeta o brilho da carne, o CRA e a tenrura.

Segundo Hernández e Dalle Zotte (2010), nos coelhos, os fatores importantes que afetam o pHu muscular são identificados como tipo muscular, idade, método de abate e tratamento da carcaça pós-morte. A dieta do animal tem pouco efeito. Em coelhos, o pHu varia entre 5,4 e 6,4, dependendo da localização do músculo. A literatura não relatou qualquer acidificação anormal pós-morte relacionada com carnes pálidas, macias e exsudativas no coelho. No entanto, carne escura, firme e seca foi relatada (Hernández & Dalle Zotte, 2010).

A cor da carne é o fator mais importante que afeta a aceitação do consumidor e as decisões de compra. A cor da carne é medida principalmente através do sistema de cores CIE LAB. As três coordenadas de cores fundamentais são L * (luminosidade), a * (vermelhidão) e b * (amarelecimento) (Hernández & Dalle Zotte, 2010, citando Dalle Zotte, 2004).

Os principais fatores de variabilidade da cor são o tipo de músculo (metabolismo energético muscular e propriedades contráteis), pHu muscular e conteúdo de mioglobina, idade e dieta dos coelhos e a atividade empreendida pelo animal (Hernández & Dalle Zotte, 2010).

3.2 Sistema digestivo do coelho

O coelho é um herbívoro monogástrico que apresenta uma fisiologia digestiva particular. Dado o papel ecológico do coelho selvagem, como pequena presa, a sua fisiologia digestiva evoluiu para permitir a digestão eficiente da vegetação fibrosa, sem a necessidade de armazenar grandes volumes de alimentos dentro do corpo (Campbell-Ward, 2012). Desenvolveu uma estratégia de elevada ingestão de alimento, realizando um grande número de refeições diárias e tendo um trânsito digestivo rápido, complexo e único, com uma fermentação cecal bastante expressiva, que lhe permite atender às suas necessidades alimentares (Carabaño, Piquer, Menoyo, & Badiola, 2010).

O conhecimento das necessidades nutricionais dos coelhos requer uma compreensão mais completa do seu sistema digestivo, incluindo o ecossistema microbiano do intestino. A nutrição deficiente é um fator que contribui, significativamente, no desenvolvimento de muitos distúrbios comuns, odontológicos, gastrointestinais e comportamentais, tal como o excesso de nutrientes (Campbell-Ward, 2012).

O sistema digestivo do coelho caracteriza-se pela importância relativa do ceco e do cólon comparativamente a outras espécies. O trato gastrointestinal apresenta um estômago simples, um ceco bem desenvolvido e um mecanismo de separação de partículas dentro do cólon proximal, onde sofrem fermentação antes de serem excretados sobre a forma de fezes moles ou cecotrofos. Partículas finas e solutos são seletivamente retidos como substratos para a fermentação microbiana no ceco, enquanto a fibra indigesta é rapidamente expelida, dando origem às fezes duras (Campbell-Ward, 2012).

A atividade microbiana do ceco desempenha um papel de grande importância nos processos de digestão, na utilização de nutrientes e também no desenvolvimento de mecanismos de barreira intestinal que protegem o animal contra patologias digestivas (Carabaño et al., 2010).

A produção e ingestão de cecotrofos (conteúdo cecal) contribuem significativamente para a eficiência digestiva do coelho (Campbell-Ward, 2012). Além disso, o sistema digestivo do coelho, em crescimento, deve passar por um período de adaptação desde a alimentação a base de leite até a alimentação sólida (Carabaño et al., 2010). Enquanto a fisiologia gastrointestinal de todos os coelhos é semelhante, as necessidades nutricionais varia consoante o tipo de animal e o seu estado fisiológico (Fortun-Lamothe & Gidenne, 2006).

3.2.1 Morfologia do trato gastrointestinal

A Figura 6 apresenta um esquema, retirado de Pinheiro e Mourão (2006), para facilitar a compreensão da morfologia do trato digestivo.

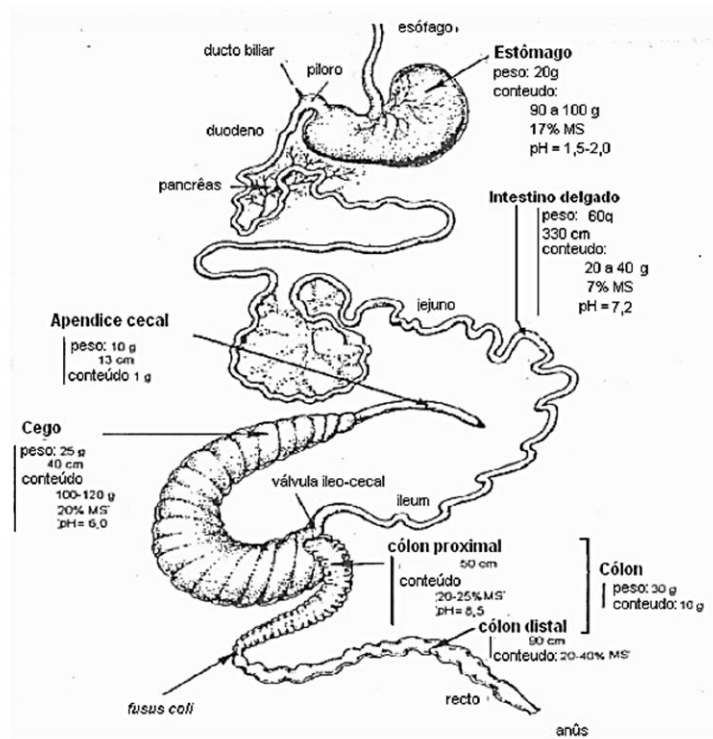


Figura 6. Esquema do aparelho digestivo do coelho.

O primeiro compartimento importante do sistema digestivo do coelho é o estômago. O estômago tem uma camada muscular muito fina e está sempre parcialmente repleto. Pesa cerca de 20 g vazio e tem capacidade para 90 a 100g de conteúdo. A parede interna do estômago possui uma mucosa gástrica dividida em três partes: a esofágica, a fúndica, que representa 2/3 do estômago e produz o suco gástrico, e por último a parte antral. O pH do estômago pode variar de 1 a 5, dependendo do local de determinação, dado que a parte fúndica possui um pH mais baixo que a parte antral. Depende também da presença ou ausência de fezes moles, o tempo de ingestão de alimento e a idade do coelho (Campbell-Ward, 2012; Vella & Donnelly, 2012).

Depois segue-se o intestino delgado que liga o estômago ao ceco. Tem aproximadamente 3 m de comprimento. É o órgão no qual, atua a bÍlis e as enzimas de origem endógena, pancreáticas e entéricas, e possui um pH próximo de 7. O intestino delgado possui uma parede fina e muito vascularizada, muito importante dado que é o principal local de digestão e absorção. O intestino delgado, vazio, pesa cerca de 20 g com uma capacidade de 90 a 100g de conteúdo (Pinheiro & Mourão, 2006; Carabaño et al., 2010).

Na zona de transição do intestino delgado para o intestino grosso, encontra-se a válvula íleo-cecal, que impede o reflexo de conteúdos do intestino grosso para o intestino delgado (Pinheiro & Mourão, 2006; Carabaño et al., 2010). O intestino grosso é constituído, no início, pelo ceco, que pesa cerca de 25 g, com grande volume e com uma capacidade para cerca de 100 a 120 g de conteúdo, que é ligeiramente ácido (pH 5,4-6,8) (Pinheiro & Mourão, 2006).

O ceco tem como função fermentar os resíduos alimentares e os produtos endógenos, que não tenham sido digeridos no intestino delgado. Assim, no ceco produz-se, pela atividade microbiana, ácidos gordos voláteis além da síntese de materiais microbianos, como proteínas e vitaminas do complexo B. O ceco também tem o papel de reservatório, regulando o fluxo alimentar para o cólon (Fortun-Lamothe & Gidenne, 2006).

O segmento que se segue ao ceco é o cólon, que também pertence ao intestino grosso. Este segmento, vazio, pesa 30g e tem capacidade para 10g de conteúdo. O cólon divide-se em duas partes, em cólon proximal e em cólon distal. É neste último que ocorre grande parte da absorção de água e minerais, enquanto que no primeiro dá-se a segregação das partículas alimentares dando origem ao conteúdo cecal ou às fezes duras (Pinheiro & Mourão, 2006).

3.2.2 Flora microbiana no trato digestivo

A composição microbiana não é constante ao longo da vida do coelho e é fortemente influenciada pelo desmame. A presença da flora microbiana no trato digestivo, juntamente com a cecotrofia, permite melhorar a digestão para obter mais energia, aminoácidos e vitaminas do alimento (Carabaño et al., 2010). A microflora intestinal nativa é essencial para a digestão, mas também tem como um papel protetor contra aos potenciais patógenos (Campbell-Ward, 2012).

Segundo Carabaño et al., (2010), as principais mudanças na idade de maturação morfológica e funcional do trato digestivo parecem estar relacionadas à mudança do leite para alimentos sólidos, no padrão alimentar do coelho jovem. Além disso, um maior consumo de alimentação de sólido, neste período de transição, conduz a um melhor desempenho de crescimento e menor mortalidade no período de crescimento.

Por volta das 3-4 semanas de idade, quando ocorre o início da ingestão de alimentos sólidos. Dá-se o desenvolvimento da flora celulolítica, mantendo-se a flora anaeróbia total a um nível elevado e estável. No animal adulto, a flora intestinal é caracterizada pela predominância de espécies anaeróbias estritas, não esporuladas e pela ausência de lactobacilos e de protozoários (Pinheiro & Mourão, 2006).

O principal gênero de população microbiana no coelho adulto é *Bacteroides*, que compreende 10^9 a 10^{10} bactérias por grama de conteúdo cecal. Outros gêneros como *Bifidobacterium*, *Clostridium*, *Streptococcus* e *Enterobacter* completam esta população para dar uma carga bacteriana de 10^{10} a 10^{12} bactérias por grama (Carabaño et al., 2010).

3.2.3 Fermentação cecal

O papel de toda a comunidade da microflora, nos processos digestivos, também pode ser avaliado pelos produtos finais da fermentação no ceco (Carabaño et al., 2010). Como resultado da atividade fermentativa da microflora, são produzidos os ácidos gordos voláteis (AGV's), o amoníaco, aminoácidos, e gases como o metano, o dióxido de carbono e o hidrogénio (Gidenne, 1997; Pinheiro & Mourão, 2006).

Os AGV's são produzidos na proporção de 60-80 moles de acetato (C2), 8-20 moles de butirato (C4) e 3-10 moles de propionato (C3) por 100 mol^{-1} de AGV's (Carabaño et al., 2010). Segundo (Carabaño et al., 2010), a proporção destes três AGV's varia, de acordo, com a hora do dia, a dieta e fase de desenvolvimento do coelho. O coelho apresenta um padrão fermentativo característico e original, com uma maior concentração de ácido butírico em relação ao ácido propiónico, ou seja, a relação C3/C4 é menor que um (Pinheiro & Mourão, 2006).

Uma elevada percentagem (95-99%) dos AGV's produzidos, pelos microrganismos, é absorvida pela mucosa do ceco e do cólon. De acordo com a variação da acidez pode ocorrer variação do pH do conteúdo cecal. Os valores máximos de pH (6,0 a 6,5) são observados durante o período de cecotrofia e os mínimos (5,5 a 6,0) durante o período de excreção de fezes. Esta ligeira acidificação do meio pode ter um papel importante no crescimento da mucosa do cólon e na redução da proliferação de microrganismos patogénicos (Pinheiro & Mourão, 2006).

O perfil dos produtos finais da fermentação cecal depende da alimentação e da idade dos animais e, também, varia com a hora do dia de recolha das amostras. A atividade fermentativa cecal pode variar em função do regime alimentar, devido à natureza e ao nível de ingestão de fibra e de amido. De um modo geral, o acréscimo da ingestão de fibra provoca o aumento da concentração de AGV e uma alteração do perfil de AGV, com aumento do acetato e diminuição do butirato (Gidenne & Garcia, 2006; Pinheiro & Mourão, 2006).

3.2.4 Alimentação e necessidades

A alimentação do coelho representa mais de 60 % dos gastos da produção da carne. Melhorar a eficiência alimentar é, cada vez mais, importante para manter a competitividade da cunicultura com outras produções de carne (Garreau et al., 2015).

Como o coelho é um herbívoro e um monogástrico, ele tem necessidades nutricionais especiais, derivadas das especificidades de sua fisiologia digestiva, incluindo a prática da cecotrofia. A avaliação das necessidades nutricionais é mais recente do que a maioria das outras espécies de produção (Gidenne et al., 2015).

Segundo Gidenne et al. (2015), as três principais necessidades nutricionais são:

- A energia necessária para o metabolismo;
- As proteínas e os aminoácidos para construção ou reconstrução do organismo;
- As fibras porque têm um papel preponderante na regulação do trânsito e na preservação da saúde digestiva.

A estas três necessidades principais, acrescenta-se a necessidade de minerais e de vitaminas que são constituintes de certas partes do animal (esqueleto, sangue) ou das suas produções (leite, sêmen, enzimas), e indispensáveis para um grande número de processos metabólicos (Gidenne et al., 2015).

As necessidades alimentares são importantes a ter em conta para evitar deficiências que podem conduzir à diminuição das performances e a desenvolvimentos incompletos (Gidenne, García, Lebas, & Licois, 2010). Quando a alimentação modifica o potencial de crescimento, também modifica a qualidade da carcaça e da carne (Hernández & Dalle Zotte, 2010).

A incidência de distúrbios cecais é maior para o coelho em crescimento, em particular, no período de pós-desmame. De modo a evitar problemas digestivos nos coelhos, é fundamental fornecer aos animais, alimentos com composição química e valor nutritivo adequados (Carabaño et al., 2010).

No período de pós-desmame, pode-se aplicar uma estratégia de limitação da ingestão (restrição alimentar), para reduzir a incidência de problemas digestivos nos coelhos. É recomendado uma restrição alimentar de pelo menos 20%, em relação a ingestão livre, e uma duração de pelo menos duas semanas. Em casos que o estado sanitário seja fraco, a restrição deverá ser prolongado (durante três a quatro semanas) associando-se ou não uma restrição mais intensa (25% a 35%). A vantagem da restrição, na eficiência alimentar, pode ser parcialmente explicada por uma melhor eficiência digestiva, ligada a um trânsito alimentar mais lento (Gidenne et al., 2015). O coelho é conhecido por ter uma necessidade específica de ácidos gordos essenciais (ácidos linoléico e linolênico), mas uma ração convencional compreendendo 3 ou 4% de lípidos cobre geralmente esta necessidade (Gidenne et al., 2015).

3.2.4.1 Necessidades energéticas

A energia é principalmente fornecida por hidratos de carbono, especialmente o amido e, em menor proporção, as fibras, os lipídios e excesso de proteína (Gidenne et al., 2015). A natureza e o teor do amido nas dietas podem afectar a sua utilização pelos coelhos. A digestibilidade do amido decresce em dietas com baixos teores comparativamente a dietas de teor mais elevados. Geralmente, um teor baixo em amido, juntamente com um teor em fibra mais elevado, leva a um trânsito digestivo mais rápido, que pode ser responsável por essa digestibilidade total menor (Pinheiro & Mourão, 2006).

Se um coelho for alimentado à vontade, ele regulará sua ingestão, de acordo, com a concentração em fibra ou em energia digestível do alimento, desde que a proteína e os outros elementos do alimento estão bem equilibrados. Se o alimento contém pouca energia digestível, o coelho não será capaz de aumentar o seu consumo, suficientemente, para atender às suas necessidades e o seu crescimento será retardado (Gidenne et al., 2015).

Por outro lado, um alimento excessivamente concentrado em energia digestível fará com que o coelho reduza a ingestão, o que pode resultar na ingestão insuficiente de outros nutrientes, como proteínas e aminoácidos essenciais. Por conseguinte, é necessário calcular a concentração de nutrientes de modo a atingir uma quantidade ingerida, que cubra as necessidades. As necessidades em energia digestível de coelho em crescimento variam entre 2340 e 2440 kcal/kg de alimento (Gidenne et al., 2015).

3.2.4.2 Necessidades proteicas

A necessidade proteica depende do estado fisiológico e da idade (Sujak et al., 2006). Os coelhos obtêm as matérias azotadas através de proteína “verdadeira” equilibrada em aminoácidos, contrariamente aos herbívoros ruminantes que conseguem valorizar o azoto não-proteico (Gidenne et al., 2015).

Por exemplo, a ureia, nos coelhos, é rapidamente absorvida no intestino delgado e diretamente excretada na urina, sem possibilidade de ser valorizada no ceco, pelos microrganismos. O alimento deve fornecer 10 dos 21 aminoácidos que constituem a proteína, mais dois aminoácidos indispensáveis aos coelhos, como se pode ver na Tabela 7 (Gidenne et al., 2015).

Tabela 7. Composição recomendada da dieta em aminoácidos essenciais para o coelho em crescimento e engorda.

Aminoácidos essenciais (%)	ARG ¹	HYS ²	ILE ³	LEU ⁴	LYS ⁵	MET + CIS ⁶	PHE + TYR ⁷	THR ⁸	TRP ⁹	VAL ¹⁰
No alimento ¹¹	0,90	0,35	0,60	1,05	0,70	0,60	1,20	0,55	0,13	0,70
Digestível ¹²	-	-	-	-	0,57 a 0,60	0,43 a 0,47	-	0,42 a 0,44	-	-

¹ Arginina; ² histidina; ³ isoleucina; ⁴ leucina; ⁵ lisina; ⁶ metionina + cistina; ⁷ fenilalanina + tyrosina; ⁸ treonina; ⁹ triptofano; ¹⁰ valina; ¹¹ (FAO, 1996); ¹² (Gidenne et al., 2015)

Em contraste com as plantas, os humanos e os animais são capazes de sintetizar apenas 9 dos 21 aminoácidos usados na síntese de proteínas, os aminoácidos não essenciais. Assim a biossíntese dos aminoácidos restantes, os essenciais, e a síntese proteica, não é possível sem o fornecimento contínuo destes nutrientes através do consumo de alimentos (Sujak et al., 2006).

Este equilíbrio, em aminoácidos, pode ser obtido com proteínas vegetais, como no caso das leguminosas, que são ricas em lisina e podem ser usadas para equilibrar a deficiência desse aminoácido, nas dietas de produção baseadas em cereais (Campbell-Ward, 2012).

Assim, para o coelho em crescimento, se o alimento tiver um bom equilíbrio de aminoácidos essenciais, este pode conter apenas 10 a 12% de proteína digestível. A cecotrofia também fornece proteínas de origem bacteriana e de alto valor biológico, mas em quantidade limitada (Gidenne et al., 2015).

3.2.4.3 Necessidades em fibra

A fibra dietética refere-se a um conjunto diversificado de moléculas, composta principalmente por polissacarídeos e lenhina da parede celular da planta. Existem cinco classes principais neste grupo: lenhina, celulose, hemicelulose, substâncias pépticas e polissacarídeos solúveis (não amiláceos) (Gidenne et al., 2015).

A digestão por coelhos, dessas diferentes frações fibrosas, dependerá do seu acesso, da sua facilidade de hidrólise pelas enzimas bacterianas cecais e do tempo médio de permanência das partículas no tubo digestivo (Gidenne et al., 2015; Pinheiro & Mourão, 2006).

A fibra é uma componente vital da dieta do coelho. É essencial para a manutenção da saúde gastrointestinal e para promover o atrito dentário normal. Sendo um herbívoro, o coelho precisa ingerir uma quantidade mínima de fibra para que sua função digestiva seja normal, particularmente para estimular a motilidade intestinal, controlar o tempo de trânsito intestinal e a atividade microbiana cecal (Campbell-Ward, 2012).

O risco de distúrbios digestivos é alto em coelhos jovens, especialmente duas a quatro semanas após o desmame. Estes riscos são reduzidos respeitando uma ingestão mínima de fibras nos alimentos (Campbell-Ward, 2012; Gidenne et al., 2015).

Para coelhos, são recomendados níveis mínimos totais de fibra alimentar de 13 a 14% em fibra bruta ou 31 a 34% em NDF para todos os animais da exploração cunícola. Com o aumento do teor de fibra da dieta, a digestibilidade da matéria orgânica, geralmente, diminui, juntamente com a digestibilidade da matéria seca, da energia e da própria fibra. No caso da matéria orgânica, esta decresce proporcionalmente com o aumento do teor de NDF da dieta (Pinheiro & Mourão, 2006).

4 Utilização de *Lupinus* na alimentação do coelho

Segundo Sujak et al., (2006), os *Lupinus* tem um teor em proteína superior ao de muitas leguminosas como o feijão e a lentilha. A tremocilha é mais rica em proteínas do que o tremoço branco, mas mais pobre em gordura. Os autores, anteriormente referidos, também afirmam que obtiveram um teor em proteína superior ao da soja, reportado por outros autores.

Diversos estudos revelaram que o tremoço branco pode ser uma fonte de proteína para coelhos em fase de crescimento e engorda, que pode substituir as fontes tradicionais de proteína como o bagaço de soja. Isto sem causar efeitos negativos na performance, na digestibilidade dos nutrientes, nas características cecais e nas características da carcaça.

Falcão e Cunha, Sabino, Bruno-Soares e Freire (2008) estudaram a possível melhoria do valor nutritivo da inclusão 30 % de sementes de tremoço branco na alimentação de coelhos com suplementação da enzima α -galactosidase e com a lavagem das sementes. Os parâmetros avaliados foram as performances, a digestibilidade das dietas, as características de fermentação cecal e dos cecotrofos. Os resultados que apresentam demonstraram influência dos tratamentos das sementes, na digestibilidade e na fermentação cecal e dos cecotrofos mas sem influenciar as performances.

Volek e Marounek (2009) observaram a inclusão de 15% de tremoço branco inteiro na alimentação de coelhos em fase de crescimento e engorda. Os parâmetros avaliados foram as performances, a digestibilidade dos nutrientes, as características cecais e as características da carcaça. Os seus resultados revelaram que as sementes de tremoço branco podem ser um produto adequado para alimentação de coelhos sem causar efeitos negativos nos parâmetros avaliados.

Volek e Marounek (2011) analisaram o efeito da inclusão de 12% de tremoço branco inteiro na alimentação de coelhos em fase de crescimento e engorda. Os seus resultados mostraram que a inclusão de tremoço branco não influenciou as performances, nem a digestibilidade excepto em dois parâmetros, a matéria orgânica e o NDF. A inclusão não afectou as características da carcaça mas influenciou positivamente as da carne, mais concretamente o perfil de ácidos gordos.

Volek, Volková e Marounek (2013) examinaram o efeito da inclusão de 5% de casca de tremoço branco na alimentação de coelhos em crescimento e engorda nas performances e na digestibilidade. Os resultados indicaram que a de casca de tremoço branco pode ser um produto adequado para alimentação de coelhos sem efeitos negativos, nas performances e na digestibilidade.

Zwoliński et al. (2017) averiguaram a substituição, parcial ou total, do bagaço de soja por uma mistura de 10 % de bagaço de colza, 8% de sementes de tremoço branco e 6% de sementes de ervilha, na alimentação de coelhos em crescimento e engorda, para avaliar o efeito nas performances, na digestibilidade e na retenção de azoto nos animais. Os seus resultados revelaram que a substituição pela mistura não influenciou negativamente os parâmetros estudados no ensaio.

Gugolek et al. (2018) testaram a substituição, parcial ou total, do bagaço de soja por uma mistura de 10 % de bagaço de colza, 8% de sementes de tremoço branco e 6% de sementes de ervilha, na alimentação de coelhos em crescimento. Para verificar esta hipótese, analisaram o tempo de crescimento dos coelhos, os parâmetros do sangue e de abate. A substituição não teve efeitos negativos relevantes sobre o crescimento dos coelhos, os parâmetros morfológicos e bioquímicos de sangue, nem sobre as características da carcaça. Os resultados demonstraram mudanças favoráveis na atividade enzimática da microflora intestinal, que terá tido impacto positivo sobre os processos de fermentação. Concluíram que a mistura pode inteiramente substituir o bagaço de soja.

Volek, Bureš e Uhlířová (2018) investigaram o efeito da inclusão na alimentação de coelhos de sementes de tremoço branco descascado no crescimento, nas características de carcaça, nas características físicas (pH, cor, força de corte e propriedades tecnológicas) e nas propriedades organolépticas da carne de coelho. Obtiveram diferenças significativas, que foram consideradas efeitos positivos da substituição, para a digestibilidade da gordura bruta e do ADF, o ganho médio diário, o índice de conversão e a proporção parte anterior em relação ao peso da carcaça refrigerada. A substituição levou a uma menor força de corte da carne.

Na Tabela 8 encontra-se um resumo dos resultados obtidos pelos autores anteriormente referidos.

Tabela 8. Resumo dos resultados obtidos pelos autores.

Ensaio	Falcão e Cunha et al. (2008)	Volek e Marounek (2009)	Volek e Marounek (2011)	Volek et al. (2013)	Zwoliński et al. (2017)	Gugolek et al. (2018)	Volek et al. (2018)
Alimento de Controlo	30 % Tremoço branco não tratado	2 Dietas: • 10 % Bagaço de soja • 17 % Bagaço de girassol	15 % Bagaço de girassol	23% Sêmea de trigo	15 % Bagaço de soja	15 % Bagaço de soja	7 % Bagaço de soja
Teste	3 Dietas com 30 % tremoço branco tratado: • 0,1% α -galactosidase • 0,25% α -galactosidase • 5 Dias de lavagem das sementes	15 % Tremoço branco inteiro	12 % Tremoço branco inteiro	5 % Cevada + 5 % Casca de tremoço branco + 10 % Sêmea de trigo	2 Dietas: • 7,5 % Bagaço de soja + 5 % bagaço de colza + 4% tremoço branco + 3% ervilha • 10 % Bagaço de colza + 8% tremoço branco + 6% ervilha	2 Dietas: • 7,5 % Bagaço de soja + 5 % bagaço de colza + 4% tremoço branco + 3% ervilha • 10 % Bagaço de colza + 8% tremoço branco + 6% ervilha	7 % Tremoço branco descascado
Performances	1º Período, as sementes lavadas teve QI mais baixa	Sem efeito	Sem efeito	Sem efeito	Sem efeito	Sem efeito	Melhor GMD e IC na dieta de tremoço
Rendimento da carcaça	-	Efeitos positivos	Sem efeito	-	Sem efeito	Sem efeito	Sem efeito
AGV cecais	α -galactosidase teve maiores níveis	Sem efeito	-	-	Sem efeito	Efeitos positivos	-
pH cecal	Sem efeito	Sem efeito	-	-	-	-	-
Digestibilidade	Mais elevada com sementes lavadas Mais baixos com α -galactosidase	Sem efeito	MO e NDF superior na dieta de tremoço	Sem efeito	NDF inferior na dieta de 8 % de tremoço	-	GB e ADF superior na dieta de tremoço

Capítulo III. Trabalho experimental

O ensaio foi realizado na unidade de produção de coelhos da Universidade de Trás-de-os-Montes e Alto Douro (UTAD) em Vila Real, Portugal. Os ingredientes das dietas foram adquiridos numa fábrica de alimentos compostos (Nanta em Marco de Canaveses, Portugal) e a sua preparação das dietas teve lugar na unidade de fabrico de alimentos compostos da Secção de Produção Animal do Instituto Superior de Agronomia (ISA), em Lisboa. As análises laboratoriais tiveram lugar no laboratório de nutrição animal da Escola de Ciência Agrária e Veterinária da UTAD.

1 Materiais e métodos

O ensaio realizou-se em 3 etapas. A parte experimental com os animais, onde se obteve os dados para a avaliação dos parâmetros zootécnicos e as amostras para as análises da digestibilidade. A etapa do abate, onde se obteve os dados que completam os da experiência e por fim, a parte laboratorial onde se realizou as análises químicas que completam o ensaio.

1.1 Desenho experimental

O ensaio experimental com os animais decorreu entre o dia 22 de Fevereiro de 2018 e o dia 28 de Março de 2018, dia de abate dos animais. As análises químicas decorreram seguidamente, dependendo da disponibilidade do laboratório.

1.1.1 Local de ensaio

Os coelhos foram mantidos em ambiente fechado com controlo da temperatura (18 a 23°C) e luminosidade (das 7h as 19h). Os animais foram manuseados de acordo com os princípios de cuidados de animais em experimentação (Portaria nº1005/92 de 23 de Outubro). Os coelhos foram alojados em grupos de dois nas jaulas de engorda. Durante a semana da recolha de fezes para a determinação da digestibilidade, 48 animais foram transferidos para as jaulas de digestibilidade, mantendo a numeração das jaulas e os pares de animais.

1.1.2 Dietas

Formularam-se três dietas, uma de controlo (C) com 15 % de incorporação de bagaço de soja, outra com a substituição total do bagaço de soja por 15% de tremçoço branco “*Lupinus Albus*”, variedade Estoril, (TMC) e a última com a incorporação de 15% de tremocilha “*Lupinus Luteus*”, variedade Mister, (TLH) para substituir a totalidade do bagaço de soja.

Os regimes foram elaborados na fábrica de alimentos compostos na Secção de Produção Animal do Instituto Superior de Agronomia. Iniciou-se a preparação dos regimes com a moenda das matérias-primas que eram necessário moer, utilizando-se um moinho de martelos móveis com um crivo de 3mm.

Seguiu-se o doseamento das matérias-primas e procedeu-se à sua mistura, utilizando um misturador fixo horizontal, com fita em espiral. A mistura seguiu para a unidade de granulação, onde foi granulada utilizando-se uma matriz de 3 mm. Prosseguiu-se para o arrefecimento das dietas, sendo seguidamente ensacada, em sacos devidamente identificados e dos quais se retiraram duas amostras de cada uma das dietas para análises posteriores.

A formulação das dietas foi feita de acordo com a composição química previamente determinada em laboratório dos ingredientes principais (Tabela 9) e com o seu nível de incorporação estudado para manter as dietas isoenergéticas, isoproteicas e isofibrosas, como se pode constatar nas Tabela 10 e Tabela 11.

Tabela 9. Composição química dos ingredientes em estudo, expresso em % na MS.

Composição química (%) ¹	Ingredientes		
	Bagaço de soja	Tremoço branco	Tremocilha
Matéria seca	88,7	95,5	95,4
Matéria orgânica	92,9	96,3	95,4
Proteína bruta	51,0	34,7	43,1
Gordura bruta	1,4	7,6	4,0
NDF ²	16,1	22,0	25,7
ADF ³	8,3	18,1	19,9
ADL ⁴	0,3	1,3	0,7
Açúcares solúveis	9,8	7,1	5,0
Amido	1,0	0,2	0,7
Aminoácidos (g/100g de MS)			
Isoleucina	1,75	1,23	1,29
Leucina	3,29	2,32	2,82
Lisina	2,43	1,39	1,83
Fenilalanina	2,57	1,58	1,70
Treonina	1,61	1,15	1,20
Triptofano	0,56	0,23	0,31
Valina	1,88	1,17	1,22
Arginina	2,89	3,22	4,38
Histidina	1,18	0,79	1,08
Alanina	1,81	1,01	1,08
Acido aspártico + Asparagina	5,12	3,32	3,70
Ácido glutâmico + Glutamina	6,18	4,89	6,32
Glicina	2,03	1,50	1,53
Prolina	2,40	1,44	1,53
Serina	2,46	1,68	1,88
Tyrosina	1,35	1,24	1,01

¹ Valores fornecidos pelo laboratório de nutrição da ECAV

² NDF = Fibra em detergente neutro; ³ ADF = Fibra em detergente ácido;

⁴ ADL= Lenhina em detergente ácido

Tabela 10. Composição centesimal das dietas experimentais para coelhos, em %.

Ingredientes (%)	C ¹	TMC ²	TLH ³
Bagaço de soja 47	15	-	-
Tremoço branco	-	15	-
Tremocilha	-	-	15
Trigo	14,9	2,1	9,3
Sêmea de trigo	15,5	35	35
Melaço de cana	1	1	1
Luzerna	18,9	26,3	12,7
Grainha de uva	5	5	5
Palha	12	3,2	10,7
Polpa de beterraba	15	8	8
Carbonato de cálcio	0,7	0,6	1,4
Fosfato monocálcico	0,7	0,4	0,4
Sepiolita	-	1,9	0,02
Sal	0,4	0,4	0,5
Flor de enxofre ⁴	0,1	0,1	0,1
Alimet ⁵	-	0,005	0,01
Biolys ⁶	-	-	0,03
Super NL-510-Cl ⁷	0,5	0,5	0,5
LUCTAROM ⁸	0,05	0,05	0,05
TOXMYSTAT ⁹	0,1	0,1	0,1
LUCTANOX EF ¹⁰	0,02	0,02	0,02
Presan-FX ¹¹	0,2	0,2	0,2

¹ C = dieta de bagaço de soja; ²TMC = dieta com tremoço; ³TLH = dieta com tremocilha; Os seguintes suplementos foram adquiridos à empresa Nanta que forneceu também a sua composição:

⁴ O produto comercial Flor de enxofre é um antiparasitário utilizado para a prevenção da sarna nos coelhos.

⁵ A composição do produto comercial Alimet é: 88% de metionina hidróxi análoga (MHA) (ácido orgânico C₅H₁₀O₃S)

⁶ A composição do produto comercial Biolys é: 0,5% de lisina, 0,1 % metionina, 0,16% de metionina +cistina, 0,8% de treonina, 0,04% triptofano, 0,57% arginina, 0,37% de valina, 0,3 isoleucina; 0,49% de leucina

⁷ A composição do produto comercial Super NL-510-Cl (por kg de dieta): 0,45 g Ca; 0,24 g S; 0,24 g Mg; 20 mg óxido manganoso; 60 mg Zn; 14 mg Cu; 1,10 mg I; 0,50 mg carbonato de cobalto (II); 0,05 mg Se; 78mg Fe; 10000UI vitamina A; 1080 UI vitamina D3; 36UI vitamina E; 1 mg vitamina K; 2 mg vitamina B1; 6 mg vitamina B2; 2 mg vitamina B6; 10 mcg vitamina B12; 50 mg niacinamida; 20 mg D-pantotenato cálcico; 18,40 mg ácido pantotênico, 5 mg ácido fólico, 60 mcg biotina, 260 mg cloruro de colina; 0,38 g sepiolita; 0,12 mg Butilhidroxianisol; 1,32 mg Butilhidroxitolueno; 0,19 mg etoxiquina; 1 mg Diclazuril 0,5 g/100 g (Clinacox 0,5 %); 4,81 g matéria seca.

⁸ O produto comercial LUCTAROM é um aromatizante de perfil olfativo herbáceo, de tomilho e orégãos.

⁹ O produto comercial ToxiMySTAT é um absorvente de micotoxinas de alta especificidade contra Aflatoxinas (B1, B2, G1 e G2), Vomitoxina, Ochratoxinas, Toxina T2 e Zearalenona.

¹⁰ O produto comercial LUCTANOX EF é um antioxidante com a composição: 6,1 % ácido silícico; 0,5 % galato de propilo; 6,2 % butilhidroxitolueno; 2,5 % ácido cítrico.

¹¹ O produto comercial Presan-FX é uma mistura sinérgica de um composto fenólico, C12 de libertação lenta, butiratos de libertação alvo, ácidos gordos de cadeia média e ácidos orgânicos. Fórmula projetada para melhorar o desempenho dos animais e o status saudável dos animais.

Tabela 11. Composição química estimada das dietas para coelhos, em % de MS.

Composição química estimada (% na MS) ¹	C ²	TMC ³	TLH ⁴
Matéria seca	89,75	90,60	90,52
Proteína bruta	16,50	16,50	16,50
Gordura bruta	3,31	3,45	3,66
Fibra bruta	16,50	16,50	16,50
NDF ⁵	34,79	35,14	36,36
ADF ⁶	21,82	21,53	21,31
ADL ⁷	4,86	5,00	4,80
Proteína digestível	12,04	12,27	12,29
ED ⁸ (kcal/kg)	2306	2309	2309
EM ⁹ (kcal/kg)	2170	2170	2170
Arginina	1,14	1,26	1,39
Aminoácidos (%)			
Lisina	0,84	0,74	0,74
Metionina + cistina	0,55	0,55	0,51
Treonina	0,63	0,61	0,59
Triptofano	0,21	0,18	0,18
Lisina digestível (coelho)	0,75	0,65	0,65
Metionina + cistina digestível (coelho)	0,38	0,30	0,28

¹ Informação fornecida Nanta; ² C = dieta de bagaço de soja; ³ TMC = dieta com tremoço;

⁴ TLH = dieta com tremocilha; ⁵ NDF = Fibra em detergente neutro; ⁶ ADF = Fibra em detergente ácido; ⁷ADL= Lenhina em detergente ácido; ⁸ ED = Energia Digestível;

⁹EM = Energia Metabolizável

1.1.3 Animais e manejo alimentar

Os animais foram adquiridos a uma empresa comercial na idade do desmame, a saber, 35 dias. No experimento, utilizaram-se 60 coelhos que foram distribuídos, aleatoriamente, pelos três tratamentos que correspondem às três dietas elaboradas e foram alojados em 30 gaiolas, aos pares, sem distinção do sexo. O ensaio também teve um grupo de substituição. Este grupo foi tratado da mesma maneira que os animais do ensaio. Isto com o objectivo de, caso necessário substituir um animal doente ou morto, o de substituição tivesse passado pelo mesmo tratamento que o substituído. Os animais foram apenas substituídos nas primeiras duas semanas do ensaio. Com o objectivo de evitar distúrbios digestivos nos animais no período pós-desmame, realizou-se uma restrição alimentar durante os primeiros 14 dias do ensaio (explicado na página 27). A restrição respeitou as necessidades básicas dos coelhos no período de pós-desmame. A restrição alimentar foi de 80% e planeou-se diariamente a quantidade fornecida de alimento, aos animais, como se pode comprovar na Tabela 12. Depois desse período de restrição, seguiu-se a alimentação a *ad libitum* até o abate dos animais. Durante o ensaio todo, os animais dispuseram de água em *ad libitum*.

Tabela 12. Quantidade de alimento fornecida aos coelhos diariamente em gramas (em g) durante as primeiras duas semanas.

Jaula 2 coelhos (em g)	Dia						
	1	2	3	4	5	6	7
1ª Semana	140	144	148	152	156	160	164
2ª Semana	190	194	198	202	206	210	220

1.2 Parâmetros Estudados

Os parâmetros estudados, neste ensaio, são os resultados zootécnicos, ou seja, as performances dos animais, nomeadamente o peso vivo, o ganho médio diário de peso, a ingestão média diária de alimento e o índice de conversão alimentar. A digestibilidade com o coeficiente de utilização digestiva aparente e avaliação pós morte que inclui, as características do trato digestivo, as características do conteúdo cecal, as características da carcaça e a qualidade da carne.

1.2.1 Performances Zootécnicas

Os coelhos foram pesados no primeiro dia do ensaio e semanalmente até ao dia do abate. No decorrer do ensaio, foi registada informação relativamente aos pesos vivos semanais, ao alimento fornecido, aos refugos e ao estado sanitário dos animais. Os dados recolhidos permitiram calcular as performances (Tabela 13).

Tabela 13. Formulas utilizadas para calcular os parâmetros pretendidos.

	Ganho médio diário (GMD)	Ingestão média diária (IMD)	Índice de conversão alimentar (IC)
Significado	Ganho de peso diário dos animais	Quantidade de alimento ingerida diariamente	Quantidade de alimento necessária para aumentar 1 kg de peso
Formula	$GMD = \frac{(P1 - P2)}{n^{\circ} \text{ dias}}$	$IMD = \frac{(AD - R)}{n^{\circ} \text{ dias}}$	$IC = \frac{IMD}{GMD}$
Legenda	P1 = peso atual do animal P2 = peso anteriormente registado	AD = alimento distribuído em gramas R = refugo em gramas	-
Unidade	gramas por dia (g/dia)	gramas por dia (g/dia)	-

1.2.2 Digestibilidade total aparente

A digestibilidade total aparente foi avaliada de acordo com o método de Perez et al. (1995) com algumas modificações. No 56º dia de idade dos animais, transferiram-se os coelhos de 24 primeiras jaulas de engorda para das 24 jaulas de digestibilidade (8 jaulas por tratamento), mantendo a numeração das jaulas e os pares de animais, dando um total de 48 animais.

Depois de um período de readaptação à jaula, de quatro dias, iniciou-se a colheita das fezes para a digestibilidade, correspondendo ao 60º dia de idade dos animais. A recolha foi diária, durou quatro dias e as fezes foram armazenadas num congelador para processamento e análise posterior. Após a última recolha, voltou-se a colocar os animais nas jaulas de engorda de origem. Os animais foram pesados no início e final do período de recolha das fezes. Neste período recolheram-se também amostras de alimentos para análises laboratoriais.

1.2.3 Avaliação pós morte

Ao 69º dia de idade, os 10 coelhos mais pesados, por cada tratamento, foram abatidos sem jejum prévio, por deslocamento cervical súbito, seguido de sangria por corte da jugular. Antes do abate, o peso vivo dos animais foi registrado.

1.2.3.1 Preparação

Durante o abate, prepararam-se as carcaças removendo a pele, as patas, os órgãos genitais, a bexiga e o trato digestivo, como recomendado por Blasco et al (1993). Registou-se o peso da carcaça quente, do trato gastrointestinal completo e de cada órgão que o constitui. Incluímos também o peso e o comprimento do intestino delgado e do intestino grosso. Amostras do conteúdo do ceco foram armazenadas para análise da MS e dos AGV's. Posteriormente, as carcaças, incluindo órgãos torácicos, fígado e rins, foram arrefecidas a 4°C.

1.2.3.2 Avaliação da carcaça

Após 8 horas de refrigeração, realizou-se a pesagem da carcaça e de alguns órgãos, nomeadamente: fígado, rins, coração, timo, pulmões e cabeça. Estas pesagens foram expressas em percentagem do peso da carcaça refrigerada. Também a gordura inguinal, perirrenal e escapular foram removidas e pesadas.

Depois, efetuou-se a divisão da carcaça em perna, pá, lombo e parte anterior e registaram-se os pesos realizando o corte de referência europeu, com se pode ver na Figura 7 e Figura 8 (página seguinte). Para cada peso foi calculado o valor absoluto e em relação ao peso vivo ou ao peso da carcaça.

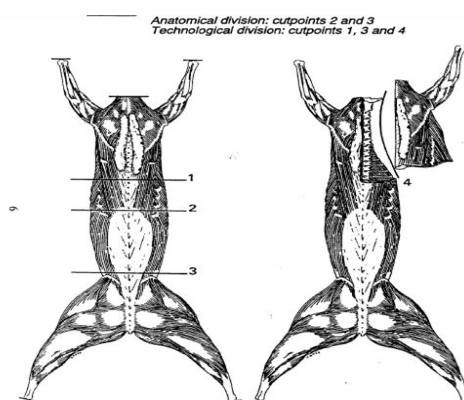


Figura 7. Divisão da carcaça segundo Blasco et al. (1993)

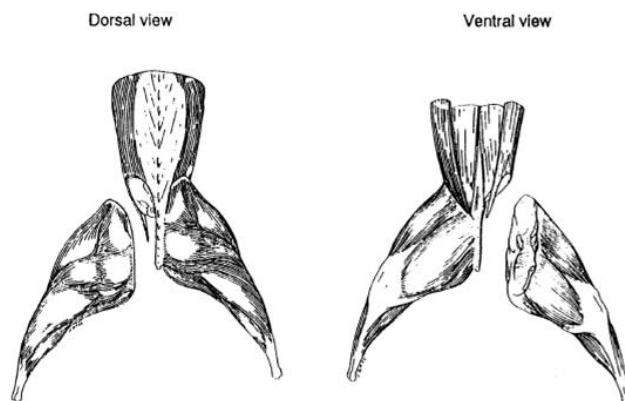


Figura 8. Divisão da carcaça segundo Blasco et al. (1993)

1.2.3.3 Qualidade da carne

O pH da carne foi avaliado 8 horas após o abate nas carcaças refrigeradas, ao nível da 13^a costela com o aparelho Crison Microph 2001 (Crison Instruments, Barcelona, Espanha), utilizando um elétrodo combinado com penetração de 3mm.

A cor da carne foi avaliada na superfície do músculo *biceps femoris* e no músculo *longissimus dorsi* usando um colorímetro Minolta CR-331 C portátil (diâmetro da área de medição de 25mm, 45° iluminação circunferencial, Minolta Camera, Osaka, Japão) com iluminante D65 e 2º padrão observador. Os resultados foram expressos em termos de luminosidade (L^*), vermelhidão (a^*) e amarelecimento (b^*) no modelo de espaço de cor CIELAB (CIE 1976).

1.3 Análises químicas

As análises foram executadas em amostras dos regimes alimentares, do conteúdo cecal terminal e das fezes. No caso dos regimes alimentares e das fezes foram determinados os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra neutro-detergente (NDF), fibra ácido-detergente (ADF), proteína bruta (PB) e gordura bruta (GB). No caso do conteúdo do ceco, foi determinado o teor de MS e o teor em ácidos gordos voláteis e medido o pH.

1.3.1 Preparação das amostras

Para se realizarem as análises, foi necessário preparar as amostras de acordo com a metodologia proposta por E.G.R.A.N. (2001). As amostras dos regimes alimentares foram moídas num moinho homogeneizador ZM 200 PTDC com um crivo de 1 mm. No caso das fezes foi necessário secá-las numa estufa com circulação forçada de ar a 65°C, durante 48h. Em seguida, retiraram-se as fezes secas da estufa e estas foram moídas num moinho homogeneizador ZM 200 PTDC com um crivo de 1 mm. Todas as pesagens foram efectuadas em balanças Kern modelo AEJ-CM e Precisa 205A SuperBal-Series swiss quality type.

1.3.2 Determinação das frações analíticas e dos ácidos gordos voláteis

Realizaram-se as análises em triplicado nos regimes alimentares e em duplicado nas fezes e conteúdo cecal. As frações analíticas e ácidos gordos voláteis (AGV's) foram determinadas consoante os métodos descritos na Tabela 14 e 15 (página seguinte).

É de realçar que nos AGV's, os ácidos isovalérico e valérico foram identificados separadamente e somados no momento dos cálculos, dado que as suas concentrações foram mínimas. Foram identificados como AGV's minoritários.

1.3.3 Determinação do coeficiente de utilização digestiva aparente

Com os resultados obtidos da análise das frações analíticas dos regimes e das fezes, obteve-se o coeficiente de utilização digestiva aparente (CUD aparente) através do seguinte cálculo para cada um dos elementos estudados:

$$CUD\ ap\ (\%) = \frac{(elemento\ ingerido - elemento\ excretado)}{elemento\ ingerido} \times 100$$

1.3.4 Determinação do pH

Depois do abate dos animais, para cada coelho, mediu-se o pH dos conteúdos cecais com o aparelho Crison Microph 2001 (Crison Instruments, Barcelona, Espanha).

Tabela 14. Metodologia utilizadas na determinação das frações analíticas e dos AGV's.

Metodologia	Fórmula	Legenda
Matéria Seca (MS) E.G.R.A.N. (2001)	$\% MS = \frac{(P2-P1)}{P} \times 100$	P = peso da amostra P1 = peso da cápsula P2 = peso da cápsula + resíduo após a 1ª secagem
Matéria Orgânica (MO)	$\% MO = \frac{(P2-P3)}{(P2-P1)} \times 100$	P3 = peso da cápsula + resíduo incinerado
Fibra Neutro-Detergente (NDF) Van Soest et al. (1991)	$NDF\ (\%MS) = \frac{(P2-P1)}{P \times \%MS} \times 100$	P = peso da amostra P1 = Peso do cadinho P2 = Peso do cadinho + resíduo após a 1ª secagem
Fibra Ácido-Detergente (ADF)	$ADF\ (\%MS) = \frac{(P2-P1)}{P \times \%MS} \times 100$	P = peso da amostra P1 = Peso do cadinho P2 = Peso do cadinho + resíduo após a 1ª secagem
Hemicelulose	Hemicelulose: = NDF - ADF	

Tabela 15. Metodologias utilizadas nas determinações (continuação).

Metodologia	Fórmula	Legenda	
Lenhina Ácido- Detergente (ADL)	Van Soest et al. (1991)	$ADL (\%MS) = \frac{(P3-P4)}{P \times \%MS} \times 100$	P = peso da amostra P3 = peso do cadinho + resíduo após exposição ao H2SO4 P4 = peso do cadinho + resíduo incinerado
Celulose	Celulose: = ADF - ADL		
Proteína Bruta (PB)	Método de Kjeldahl	$PB (\%MS) = \frac{((V. \text{ titulação} \times N. \text{ ácido}) - B) \times 1.4}{P \times \%MS} \times 6.25$	P = Peso da amostra V. titulação = Volume de ácido utilizado na titulação N. ácido = normalidade do ácido B = Volume de ácido utilizado na titulação do branco
Gordura Bruta (GB)	Unidade de extração Soxtec System HT (TECATOR).	$(\%MS) = \frac{(P1-P2)}{P \times \%MS} \times 100$	P = peso da amostra P1 = peso do alumínio + gordura após a secagem P2 = Peso do alumínio
Ácidos Gordos Voláteis (AGV's)	Cromatografia gasosa (GC-143, Shimadizu) com padrão interno ácido piválico	$AGV's \text{ totais}(\text{mmol}) = \frac{ AGV \times P}{100}$	AGV = Concentração de AGV's totais (mmol /100 ml) P = Peso dos conteúdos cecais (g)

1.4 Análise estatística

Os resultados obtidos foram sujeitos a uma análise de variância (ANOVA) a um fator com três níveis, pela aplicação do programa JMP (versão 7.0). O objetivo foi determinar se a substituição do regime de bagaço de soja pelo regime TMC e TLH era fator de variação. Quando o efeito foi significativo ($P < 0,05$), foi efetuado uma comparação múltipla de médias através do teste de Tukey. Nos dados das performances e da digestibilidade foi considerada a unidade experimental “jaula” compostas por dois indivíduos e nos dados de abate foi considerado apenas a unidade “individual”, ou seja o coelho.

Capítulo IV. Resultados e discussão

Neste capítulo, encontram-se apresentados os resultados obtidos e a respetiva discussão. Os resultados são referentes aos parâmetros estudados, neste ensaio, com o objetivo de avaliar o efeito da inclusão do tremoço branco e da tremocilha, como substitutos ao bagaço de soja na alimentação de coelhos, no período de pós-desmame até ao abate.

O primeiro subcapítulo apresenta a composição das dietas utilizadas no ensaio. Os restantes apresentam os resultados zootécnicos, a digestibilidade e a avaliação pós morte.

1 Dietas

Este subcapítulo mostra, na Tabela 16, os valores da composição química das dietas determinados através das análises laboratoriais efetuadas e expressos em % na MS. Relembrando, foram formuladas três dietas, uma de controlo (C) com 15 % de incorporação de bagaço de soja e outras 2 com a substituição total do bagaço de soja, uma por 15% de tremoço branco “*Lupinus Albus*”, variedade Estoril, (TMC) e outra com a incorporação de 15% de tremocilha “*Lupinus Luteus*”, variedade Mister, (TLH).

Depois de uma análise dos dados da Tabela 16 e comparando com os dados da Tabela 11, é possível verificar que a composição das três dietas encontra-se próxima da composição esperada, calculada com base na composição química dos ingredientes usados na formulação. É de salientar que houve uma correção dos aminoácidos nas dietas de TMC e TLH com os suplementos Alimet e Biolys.

Isto é, podemos inferir que se cumpriu o objetivo de se efetuarem dietas isoproteicas. A dieta TMC tinha um maior teor de gordura bruta, NDF, ADL e hemicelulose, comparativamente as outras duas dietas e tinha o mais baixo teor em amido. Podemos constatar diferenças numéricas entre as várias dietas, que podemos considerar de desequilíbrio. Por exemplo, o teor de lisina é mais baixo na dieta TLH, a dieta C possui mais fenilalanina que as outras duas dietas e a dieta TLH possui o maior teor de arginina.

Os vários estudos, com os quais podemos efetuar comparações utilizaram dietas de tremoço branco, com uma composição química distinta ao do nosso ensaio, ou seja, com teores de nutrientes diferentes, que pode explicar as diferenças encontradas comparativamente ao trabalho que desenvolvemos.

Tabela 16. Composição química determinada das dietas experimentais para coelhos em crescimento e engorda.

Composição do alimento (% na MS)	C ¹	TMC ²	TLH ³
Matéria seca	91,6	90,6	91,3
Matéria orgânica	90,6	89,1	91,3
Proteína bruta	17,6	18,0	18,0
Gordura bruta	3,8	4,7	3,7
NDF ⁴	37,8	40,2	37,7
ADF ⁵	23,7	23,4	24,9
ADL ⁶	5,7	7,0	6,1
Hemicelulose (NDF-ADF)	14,1	16,8	12,8
Celulose (ADF-ADL)	18,0	16,4	18,8
Amido ⁷	13,6	8,9	13,3
Aminoácidos (g/100g de MS) ⁷			
Isoleucina	0,57	0,50	0,48
Leucina	1,06	0,96	0,97
Lisina	0,79	0,84	0,69
Fenilalanina	0,91	0,64	0,71
Treonina	0,65	0,57	0,57
Triptofano	0,21	0,18	0,19
Valina	0,73	0,64	0,61
Arginina	0,92	0,92	1,10
Histidina	0,42	0,34	0,40
Alanina	0,83	0,80	0,72
Ácido aspártico + Asparagina	1,66	1,34	1,77
Ácido glutâmico + Glutamina	2,09	2,11	2,03
Glicina	0,94	0,91	0,92
Prolina	1,03	1,04	0,99
Serina	1,18	1,19	1,13
Tyrosina	0,49	0,41	0,50

¹ C = dieta de bagaço de soja; ² TMC = dieta de tremoço; ³ TLH = dieta de tremocilha;

⁴ NDF = Fibra em detergente neutro; ⁵ ADF = Fibra em detergente ácido; ⁶ ADL = Lenhina em detergente ácido

⁷ Fornecidos pelo laboratório de nutrição da ECAV

2 Resultados Zootécnicos

Este subcapítulo demonstra os resultados obtidos nas performances, mais concretamente: no peso vivo, no ganho médio diário de peso, na ingestão média diária de alimento e no índice de conversão alimentar.

No ensaio todo, morreram quatro animais: três da dieta Controlo e um da dieta TLH. Destes quatro animais, três foram substituídos (duas da dieta Controlo e um da dieta TLH) por terem morrido ainda no período de substituição que correspondeu as primeiras duas semanas do ensaio. O tratamento estatístico destes resultados não foi realizado devido ao reduzido número da amostra

Na Tabela 17 apresenta-se os valores médios, por semanas para os pesos vivos e para os restantes parâmetros por períodos. Assim, o primeiro período é referente às duas primeiras semanas do ensaio, o segundo período, às últimas três semanas e o período total, às cinco semanas do ensaio.

Tabela 17. Valores médios do efeito nos parâmetros zootécnicos estudados da substituição do bagaço de soja (C) por tremoço (TMC) e tremocilha (TLH).

Resultados Zootécnicos	C	TMC	TLH	EPM*	P
Peso Vivo 35 d (g)	1023,5	1028,7	1024,9	15,34	0,990
Peso Vivo 49 d (g)	1615,2	1572,8	1591,3	18,73	0,661
Peso Vivo 69 d (g)	2621,0	2474,5	2490,0	35,97	0,196
1º Período (35 - 49 dias de idade)					
Ganho médio diário de peso (g/dia)	45,3 ^a	38,9 ^b	40,3 ^{ab}	1,09	0,038
Ingestão média diária de alimento (g/dia)	90,1	89,1	88,4	0,33	0,085
Índice de conversão alimentar	2,09	2,31	2,20	0,06	0,392
2º Período (49 - 69 dias de idade)					
Ganho médio diário de peso (g/dia)	50,1	45,5	43,2	1,40	0,123
Ingestão média diária de alimento (g/dia)	184,3	191,9	188,3	2,58	0,502
Índice de conversão alimentar	3,75	4,27	4,61	0,15	0,059
Período total (35 - 69 dias de idade)					
Ganho médio diário de peso (g/dia)	47,7 ^a	42,8 ^{ab}	42,1 ^b	0,85	0,010
Ingestão média diária de alimento (g/dia)	146,6	150,7	148,3	1,57	0,574
Índice de conversão alimentar	3,10 ^a	3,50 ^{ab}	3,60 ^b	0,07	0,004

¹ C = dieta de bagaço de soja; ² TMC = dieta de tremoço; ³ TLH = dieta de tremocilha;

*EPM = erro padrão da média (Std err mean)

2.1 Peso Vivo

Através da Figura 9 e Tabela 17 podemos observar o efeito da substituição, na dieta, do bagaço de soja (C) por tremoço (TMC) e tremocilha (TLH), em valores médios, para o parâmetro de peso vivo médio (PV) dos animais em cada semana do ensaio.

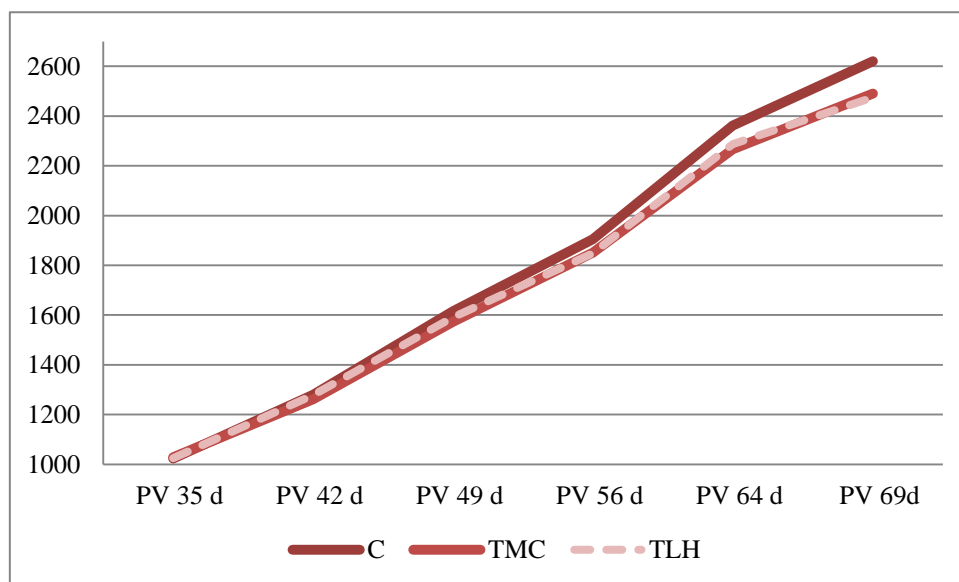


Figura 9. Evolução do peso vivo (PV) dos animais, em gramas (g) em cada semana do ensaio e de acordo com os tratamentos C (bagaço de soja), TMC (tremoço branco) e TLH (tremocilha) a que estiveram sujeitos.

Pela análise dos dados, é possível constatar que o peso vivo dos coelhos não foi afetado pelas dietas ($P < 0,05$). Contudo, observamos uma diferença numérica nos pesos vivos registados aos 69 dias de idade, que corresponde ao peso vivo final, alcançado com cada regime alimentar. Essa diferença é de 131 g entre os animais alimentados com C e com TMC e de 147 g entre os de C e os de TLH.

Estes resultados estão de acordo com Volek (2016), que num artigo recente, fazendo uma síntese de estudos sobre a inclusão de tremoço branco na alimentação de coelho, refere que nível de incorporação entre os 5 e os 25% pode substituir as fontes tradicionais de proteína sem afetar o peso vivo ao abate dos coelhos.

Os ensaios, utilizados na bibliografia do nosso trabalho, em que os regimes possuem uma incorporação entre 4 e 30 % de tremoço branco com o objectivo de substituir, total ou parcialmente, o bagaço de soja ou de girassol, demonstraram que a substituição conduziu a pesos que não foram afectados pela dieta (Falcão e Cunha et al., 2008; Volek & Marounek, 2009; Volek & Marounek, 2011; Volek, Volková & Marounek, 2013, Zwoliński et al. 2017; Gugolek et al. 2018, Volek et al. 2018).

Os resultados do nosso ensaio estão de acordo com os encontrados por esses autores.

2.2 Ingestão média diária de alimento

Na Figura 10, estão representados os dados referentes ao efeito da substituição, na dieta, do bagaço de soja por tremoço e tremocilha, em valores médios, para o parâmetro de ingestão média diária de alimento dos coelhos, nos respetivos períodos do ensaio.

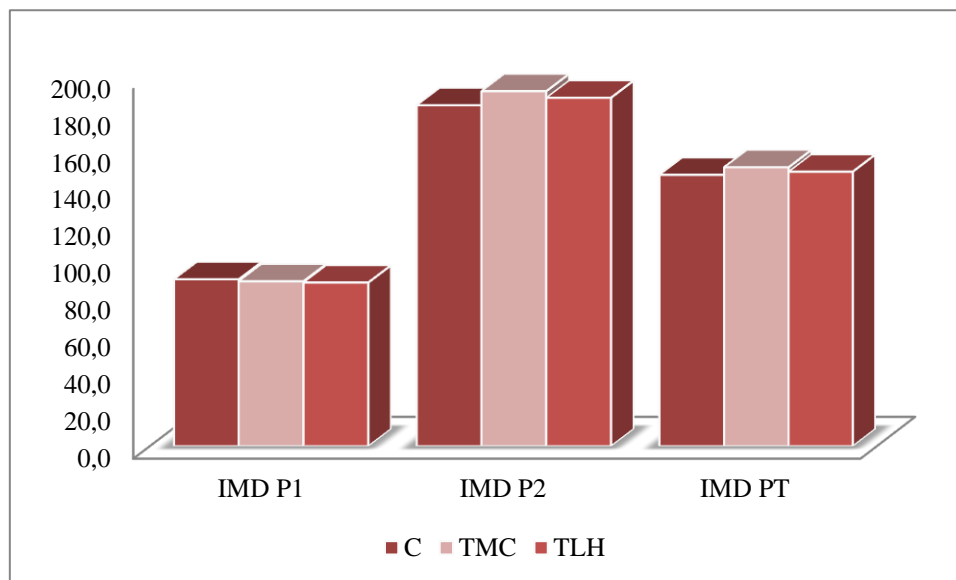


Figura 10. Ingestão média diária de alimento (IMD) dos coelhos, em gramas por dia (g/dia), por períodos (P1 (primeiro período), P2 (segundo período) e PT (período total)) consoante os tratamentos C (bagaço de soja), TMC (tremoço branco) e TLH (tremocilha)

Através da Tabela 17 e da Figura 10, é possível verificar que não existiram diferenças significativas entre as quantidades ingeridas dos tratamentos. É necessário ter em conta que em P1, a quantidade ingerida foi inferior à que os coelhos ingeririam em *ad libitum* não só devido à restrição alimentar aplicada nas duas primeiras semanas do ensaio, mas também porque nesta fase os animais são mais jovens e têm menores necessidades.

Como já foi dito na página 26, os coelhos podem regular a sua ingestão pelo teor em energia do alimento. Podemos constatar que, na formulação das dietas (página 33), o teor calculado para energia digestível foi semelhantes para as três dietas. Este facto poderá explicar a não existência de diferenças significativas entre os vários tratamentos em termos de quantidade ingerida. O que nos sugere que a substituição do bagaço de soja, por tremoço ou por tremocilha na dieta, não tendo influenciado a quantidade de alimento ingerida pelos coelhos, não terá influenciado o teor ingerido de energia digestível.

Nas páginas 13 e 15 é referido que, ambas as variedades utilizadas neste ensaio são classificadas como doces e, segundo Magalhães et al. (2016), devem ser consideradas para a alimentação animal, dado que estas variedades não respeitam o limite de segurança fixado pelas autoridades da saúde do Reino Unido, França, Austrália e Nova Zelândia, para a quantidade total de alcaloides permitidos nos produtos para a alimentação humana.

No entanto, o facto da ingestão de alimento não ter sido afectada, sugere que as dietas TMC e TLH tiveram tanta aceitabilidade pelos animais como C e que o teor de alcaloides e outros factores anti-nutricionais não terão afectado a ingestão.

Em todos ensaios apresentados na bibliografia deste trabalho (página 31), é afirmado que a incorporação entre 4 e 30 % de tremço branco com o objectivo de substituir, total ou parcialmente, o bagaço de soja ou de girassol não influenciou a quantidade de alimento ingerida pelos animais. O mesmo se comprovou no nosso ensaio.

2.3 Ganho médio diário de peso vivo

A Figura 11 apresenta os dados relativos ao efeito da incorporação, no regime, de tremoço branco e tremocilha como substitutos ao bagaço de soja, em valores médios, para o parâmetro de ganho médio diário de peso vivo dos coelhos em cada período.

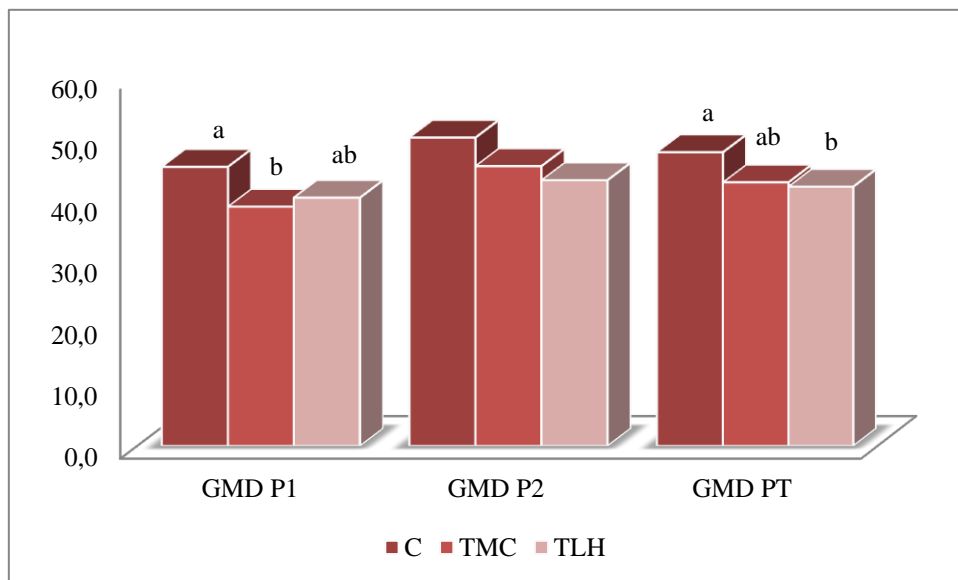


Figura 11. Ganhos médios diários de peso (GMD) dos animais, em gramas por dia (g/dia), por períodos (P1 (primeiro período), P2 (segundo período) e PT (período total)) consoante os tratamentos C (bagaço de soja), TMC (tremoço branco) e TLH (tremocilha)

Com a análise da Tabela 17 e a Figura 11, é possível constatar que houve diferenças significativas entre os tratamentos durante o ensaio. Quando analisamos os dados, vemos que ocorreram diferenças significativas no aumento diário de peso entre os vários tratamentos, quer no primeiro período, quer no período total. No período inicial, os coelhos alimentados com tremoço tiveram um aumento diário de peso de 38,9 g/dia, significativamente inferior ($P < 0,05$) aos 45,3 g/dia obtidos com os coelhos alimentados com bagaço de soja. Os coelhos que ingeriram tremocilha apresentaram um crescimento intermédio (40,3 g/dia) e que não foi significativamente diferente dos outros dois tratamentos. Este menor aumento de peso poderá corresponder a uma mais difícil adaptação a este alimento.

No período total, foram os animais alimentados com tremocilha que apresentaram o menor aumento diário de peso (42,1 g/dia), apenas significativamente diferente dos animais que ingeriram o regime controlo (47,7 g/dia).

Comparando os teores estimados em aminoácidos (AA) das dietas (Tabela 11, página 36) com os valores recomendados para as necessidades do coelho na fase de crescimento e engorda (Tabela 7, página 27), podemos constatar que, o teor de metionina e cistina digestível das dietas encontra-se abaixo das necessidades para coelhos em crescimento. Este facto poderá ter sido um factor limitante para o crescimento dos animais, mas dado que os valores recomendados para as necessidades são valores relativos tal como os valores estimados dos aminoácidos das dietas, não podemos ter a certeza. É necessário também ter em conta que os animais possuem maiores necessidades relativas quando são mais jovens.

O teor estimado de metionina e cistina digestível de TLH foi o mais baixo das três dietas, com 0,28 %, seguindo da dieta TMC, com 0,30 % e de C com 0,38 % contra o valor recomendado de 0,43 a 0,47%. O ganho médio diário também segue a mesma ordem decrescente, o que demonstra uma possível influência nos resultados.

Analisando os valores obtidos na análise em AA das dietas experimentais, Tabela 16, dando uma atenção especial aos AA essenciais ao coelho, podemos constatar ligeiras diferenças na concentração de alguns AA nas dietas TMC e TLH comparativamente a C, tal como foi referido no subcapítulo dos resultados referente as dietas. Essa ligeira diferença poderá, juntamente com o facto da metionina e cistina digestível estimada estar abaixo do recomendado, explicar as diferenças do ganho médio diário dado que o ganho médio diário de TMC e de TLH foram também inferiores ao de C.

Os trabalhos, utilizados na bibliografia (página 31), aplicaram uma incorporação entre 4 e 30 % de tremço branco, inteiro ou descascado, com o objectivo de substituir, total ou parcialmente, o bagaço de soja ou de girassol, obtiveram que o ganho medio diário não era afectado pela substituição, excepto Volek et al. (2018) que afirmam que a inclusão de 7% de tremço descascado como substituto terá melhorado o ganho médio diário no seu ensaio. Essa inclusão em Volek et al. (2018) poderá explicar esse facto.

O nosso trabalho não apresentou esses resultados, dado que o ganho médio diário até piorou ligeiramente. Uma possível explicação para este facto poderá ser o desequilíbrio em aminoácidos e o nível de incorporação aplicado no nosso ensaio.

2.4 Índice de conversão alimentar

A Figura 12 expressa, o efeito da incorporação, no regime, de tremoço branco e tremocilha como substitutos ao bagaço de soja em valores médios para o parâmetro de índice de conversão alimentar dos coelhos nos respetivos períodos do ensaio.

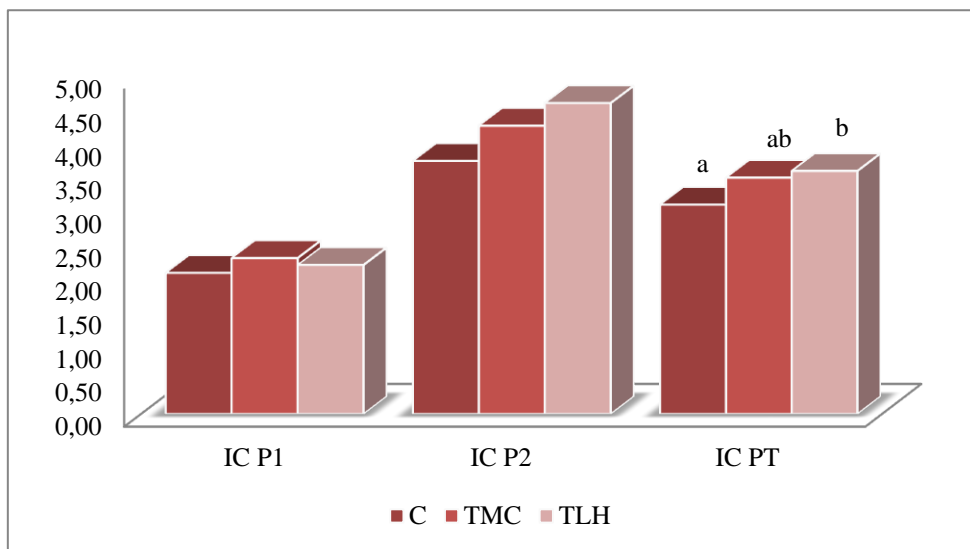


Figura 12. Índice de conversão alimentar (IC) dos coelhos por períodos (P1 (primeiro período), P2 (segundo período) e PT (período total)) consoante os tratamentos C (bagaço de soja), TMC (tremoço branco) e TLH (tremocilha)

Com a Tabela 17 e a Figura 12, é possível constatar diferenças significativas entre os tratamentos. Quando analisamos os dados, vemos que no período total (PT) existe uma diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos de controlo (C) e de tremocilha (TLH).

Os animais alimentados com a dieta de tremoço (TMC) e de tremocilha (TLH) tiveram um índice de conversão de cerca de 3,5 e 3,6, respetivamente, superior ao dos animais do grupo de controlo (C), que tiveram cerca de 3,1 ($P=0,004$), embora as diferenças sejam significativas apenas entre os tratamentos C e TLH. Esta diferença poderá ser a reflexo da tendência presente no segundo período, onde $P=0,059$ (Tabela 17).

O índice de conversão alimentar (IC) representa a quantidade de alimento necessária para o animal aumentar um quilograma de peso, ou seja, é a ingestão média diária a dividir pelo ganho médio diário. Como já foi visto anteriormente, a ingestão não foi influenciada pela substituição do bagaço de soja pelo tremoço e pela tremocilha, o que torna este factor numa variável constante no cálculo do índice de conversão. Neste caso, o índice de conversão depende exclusivamente do ganho médio diário, que é inversamente proporcional ao índice de conversão.

Como vimos anteriormente, o ganho médio diário de TMC e de TLH foram inferiores aos de C logo, o índice de conversão que é inversamente proporcional, foi para TMC e TLH superior a C, sendo o grupo TLH significativamente diferente de C. Logo podemos deduzir que a substituição do bagaço de soja por tremoço e tremocilha terá prejudicado ligeiramente o índice de conversão dos coelhos em crescimento e engorda.

Os resultados do nosso ensaio são diferentes dos resultados apresentados nos trabalhos utilizados na bibliografia em que não houve influência da substituição do bagaço de soja no índice de conversão ou no caso de Volek et al. (2018) houve uma melhoria do índice de conversão.

Como já foi explicado no tópico anterior, as diferenças no equilíbrio em aminoácidos poderá justificar as diferenças nas performances.

3 Digestibilidade

Este subcapítulo irá abordar o efeito da incorporação no regime, de tremoço branco (TMC) e tremocilha (TLH) como substitutos ao bagaço de soja (C) na digestibilidade dos principais componentes da dieta, nomeadamente no coeficiente de utilização digestiva aparente da recolha entre 60º ao 64º dia de idade dos animais.

3.1 Coeficiente de utilização digestiva

A Tabela 18 e a Figura 13 mostram os valores médios do coeficiente de utilização digestiva, expresso em %, obtidos para as várias frações analíticas em estudo, nomeadamente matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), gordura bruta (GB), fibra do detergente neutro (NDF) e fibra do detergente ácido (ADF).

Tabela 18. Efeito no coeficiente de utilização digestiva da substituição do bagaço de soja (C) por tremoço branco (TMC) e tremocilha (TLH).

Coeficiente de utilização digestiva (%)	C ¹	TMC ²	TLH ³	EPM*	P
Matéria orgânica (MO)	62,2 ^a	59,6 ^b	60,0 ^{ab}	0,43	0,032
Proteína bruta (PB)	71,5 ^{ab}	71,4 ^a	73,8 ^b	0,43	0,026
Gordura bruta (GB)	84,4 ^{ab}	81,6 ^a	86,3 ^b	0,71	0,012
NDF	28,6	26,4	28,4	0,62	0,314
ADF	23,5	23,0	20,1	0,89	0,259

¹ C = dieta de bagaço de soja; ² TMC = dieta de tremoço; ³ TLH = dieta de tremocilha;

*EPM = erro padrão da média (Std err mean)

Valores na mesma linha com letras diferentes diferem significativamente (P <0,05).

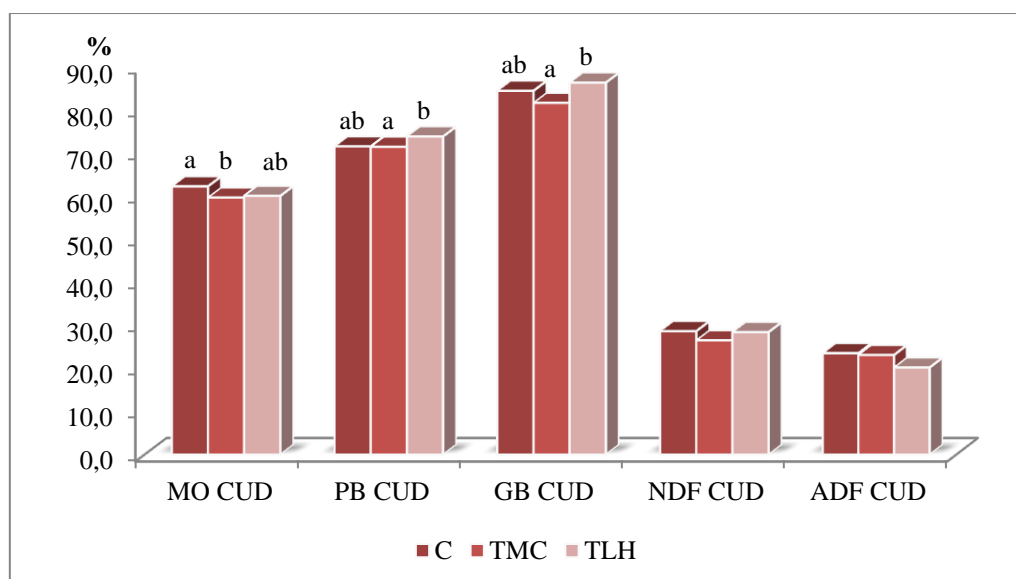


Figura 13. Coeficiente de utilização digestiva aparente (CUD), expresso em % dos tratamentos C (bagaço de soja), TMC (tremoço branco) e TLH (tremocilha)

Podemos observar diferenças significativas entre o coeficiente de utilização digestiva das várias dietas fornecidas aos animais, para a matéria orgânica (MO), a proteína bruta (PB) e a gordura bruta (GB) ($P < 0,05$). Para o NDF e o ADF não houve diferenças significativas ($P < 0,05$), o que nos sugere que a substituição do bagaço de soja (C), por tremoço (TMC) e tremocilha (TLH) na dieta dos animais, não influenciou a digestibilidade destes dois parâmetros.

Para entender melhor os resultados obtidos para a matéria orgânica, é necessário ter em conta a composição das três dietas. Em valores numéricos, a dieta de TMC teve um teor de NDF superior às outras dietas (TMC = 40,2 vs C = 37,8 e TLH = 37,7).

A digestibilidade da matéria orgânica, TMC foi significativamente diferente de C ($P=0,032$) (59,6 % vs 62,2% respectivamente). Esta diferença pode-se justificar com o anteriormente referido na bibliografia. Dado que a digestibilidade da matéria orgânica decresce proporcionalmente com o aumento de NDF da dieta devido a baixa digestibilidade do NDF que podemos ver nos resultados, o aumento 3 pontos percentuais do teor de NDF em TMC poderá ter influenciado a digestibilidade da matéria orgânica. Ou seja, um teor mais elevado de uma fração analítica pouco digestível poderá ter sido responsável pela digestibilidade menor de TMC, comparativamente as outras duas dietas.

Para a digestibilidade da proteína bruta, destaca-se a dieta TLH, que foi significativamente diferente (73,8%) de TMC (71,4%) ($P=0,026$). A dieta C, com 71,5 %, encontra-se próxima de TMC.

Os resultados da proteína bruta, no caso do tremoço, estão de acordo com Volek (2016), que afirma que existe unanimidade na literatura de que as fontes proteicas alternativas não afetam a digestibilidade total aparente da proteína bruta. O mesmo se pode comprovar na bibliografia deste trabalho, em que nenhum trabalho demonstrou efeitos na digestibilidade para a proteína bruta (Falcão e Cunha et al., 2008; Volek & Marounek, 2009; Volek & Marounek, 2011; Volek, Volková & Marounek, 2013; Zwoliński et al. 2017; Volek et al. 2018).

No caso da gordura bruta, a digestibilidade da dieta TLH foi de 86,3%, superior e significativamente diferente, da dieta TMC com 81,6%, seguida da dieta C com 84,4 % ($P=0,012$). A Tabela 19 apresenta a junção dos dados recolhidos na revisão bibliográfica sobre os ácidos gordos presentes nos três ingredientes principais que compõem as dietas deste ensaio.

Tabela 19. Resumo do perfil em ácidos gordos do bagaço de soja, tremoço e tremocilha.

Ácidos Gordos (% ácidos gordos totais)	SFAs ¹	MUFAs ²	n-6 PUFAs ³	n-3 PUFAs ³	PUFAs ³
Bagaço de Soja ⁴	15,5	27,3	55,8	1,5	57,3
<i>L. albus</i> ⁵	16,7	54,4	19,4	9,9	29,3
<i>L. luteus</i> ⁵	16,2	29,5	47,6	6,7	54,3

¹ Ácidos gordos saturados; ² Ácidos gordos monoinsaturados; ³ Ácidos gordos polinsaturados;

⁴(Volek & Marounek, 2011); ⁵(Musco, et al., 2017)

Com a tabela, podemos contatar que a tremocilha possui mais PUFAs do que o tremoço e ligeiramente menos do que o bagaço de soja. O contrário acontece no caso dos MUFAs, o tremoço é o que possui mais. Dado que os PUFAs são mais digestíveis que os outros ácidos gordos (Xiccato, 2010), este poderá ter tido um papel influenciador na digestibilidade da gordura bruta do grupo TMC.

Nos ensaios mencionados na bibliografia, no caso do tremoço, as conclusões sobre digestibilidade, das várias frações analíticas em estudo, variam bastante. Volek & Marounek (2009), com uma inclusão de tremoço igual ao nosso ensaio (15%), e Volek et al. (2013), que tinha um terço da inclusão do nosso ensaio (5%), não averiguaram diferenças significativas para a digestibilidade.

Volek e Marounek (2011) que tiveram uma inclusão de tremoço inferior (12%), verificaram diferenças significativas na digestibilidade da matéria orgânica e NDF. A dieta experimental possuía menos fibra que a dieta de controlo, o que poderá ter influenciado a digestibilidade da matéria orgânica, como já foi referido anteriormente o teor de NDF, ADF e ADL na dieta pode influenciar a digestibilidade destas frações analíticas. A natureza da fibra poderá ter influenciado a digestibilidade.

Zwoliński et al. (2017), com uma inclusão de 4 e 8%, obtiveram diferenças significativas na digestibilidade do NDF e Volek et al. (2018) na gordura bruta e no ADF, com a incorporação de 7 % de tremoço descascado. Neste último, segundo o autor, a dieta experimental possuía um maior teor de gordura bruta o que poderá explicar a maior digestibilidade desta fracção analítica, e o menor teor em ADL, comparativamente a dieta de controlo, poderá ter influenciado a maior digestibilidade do ADF.

4 Avaliação pós morte

Este subcapítulo trata da avaliação pós morte dos animais abatidos do 69º dia de idade do efeito da substituição do bagaço de soja por tremoço e tremocilha na dieta. Os parâmetros que irão ser abordados são as características do trato digestivo, as características cecais, as características da carcaça e alguns parâmetros sobre a qualidade da carne.

4.1 Desenvolvimento do trato digestivo

Na Tabela 20, podemos observar que não houve diferenças significativas (para $P < 0,05$) provocadas pela incorporação de tremoço branco e de tremocilha, no regime, como substitutos ao bagaço de soja, nos parâmetros estudados no decorrer do abate apresentados em vários valores médios por gramas (g) e por proporção do peso vivo do animal (% PV).

Tabela 20. Efeito da substituição nas características do trato digestivo dos coelhos do bagaço de soja (C) por tremoço (TMC) e tremocilha (TLH).

Resultados zootécnicos	C	TMC	TLH	EPM*	P
Estômago cheio (g)	124,1	105,2	121,1	5,72	0,059
Estômago cheio (% PV)	4,5	4,0	4,5	0,22	0,250
ID (g)	114,8	105,1	113,5	7,17	0,590
ID (%PV)	4,2	4,0	4,1	0,23	0,876
Ceco cheio (g)	169,1	153,8	167,6	6,01	0,159
Ceco cheio (% PV)	6,2	5,9	6,1	0,22	0,667
Conteúdo cecal fresco (g)	126,4	113,3	123,7	5,34	0,156
Conteúdo cecal seco (g)	28,7	24,7	28,0	1,335	0,091
Ceco vazio (g)	42,7	41,6	43,8	1,20	0,420
Ceco vazio (% PV)	1,6	1,6	1,6	0,05	0,747
Cólon (g)	78,6	73,1	71,0	0,22	0,381
Cólon (% PV)	2,9	2,8	2,6	0,14	0,399

*EPM = erro padrão da média (Std err mean)

Valores na mesma linha com letras diferentes diferem significativamente ($P < 0,05$).

Como a comparação dos parâmetros avaliados não apresentou diferenças significativas ($P = 0,05$) entre os vários tratamentos, podemos sugerir que a substituição do bagaço de soja por tremoço e tremocilha na dieta dos animais não influenciou o desenvolvimento do aparelho digestivo dos coelhos.

4.2 Parâmetros da atividade fermentativa cecal

Na Tabela 21, podemos ver a influência da substituição do bagaço de soja por tremoço e tremocilha na dieta dos animais, em valores médios, nas características fermentativas cecais, com destaque para os ácidos gordos voláteis (AGV).

Tabela 21. Efeito da substituição nas características cecais dos coelhos do bagaço de soja (C) por tremoço (TMC) e tremocilha (TLH).

Resultados zootécnicos	C	TMC	TLH	EPM*	P
Acético (mmol/ 100ml)	8,63	7,46	7,08	0,327	0,122
Propiônico (mmol/ 100ml)	0,53 ^a	0,45 ^{ab}	0,39 ^b	0,024	0,040
Butírico (mmol/ 100ml)	1,98	1,66	1,86	0,094	0,401
AGV min (mmol/ 100ml)	0,018	0,005	0,008	0,004	0,475
AGV Totais (mmol/ 100ml)	11,16	9,58	9,34	0,415	0,144
Acético (%)	77,42	77,80	75,73	0,533	0,249
Propiônico (%)	4,86	4,86	4,12	0,216	0,280
Butírico (%)	17,56	17,28	20,06	0,566	0,080
AGV's min (%)	0,17	0,07	0,08	0,041	0,566
<i>Pool</i> AGV (mmol)	13,97 ^a	10,78 ^b	11,48 ^{ab}	0,551	0,039
C3 ¹ :C4 ²	0,28	0,31	0,21	0,023	0,206
MS conteúdo cecal (%)	22,73	21,99	22,60	0,429	0,416
pH conteúdo cecal	5,56 ^a	5,72 ^{ab}	5,79 ^b	0,053	0,019

*EPM = erro padrão da média (Std err mean); ¹ Ácido propiônico; ² Ácido butírico
Valores na mesma linha com letras diferentes diferem significativamente (P <0,05).

Podemos observar diferenças significativas (P <0,05) na concentração de ácido propiônico (C3) (P=0,040), no *pool* AGV (P=0,039) e no pH no conteúdo cecal (P=0,019).

No regime de controlo (C), a concentração de ácido propiônico e o pH do conteúdo cecal foram, em média, significativamente diferente, para P <0,05, do regime de tremocilha (TLH). Ou seja, no caso da concentração de C3, foi superior, e no caso do pH do conteúdo cecal, foi inferior. O tremoço (TMC) nos dois casos teve um valor intermédio e sem diferença significativa para os outros dois tratamentos.

No *pool* AGV, a diferença significativa encontra-se entre os grupos C e TMC, para $P < 0,05$, com valores médios de 13,97 e 10,78 mmol, respetivamente. O grupo TLH teve um valor médio de 11,48 mmol, não diferindo dos outros dois tratamentos.

Gugolek et al. (2018) demonstra com regimes de incorporação 4 e 8 % de tremço branco, com o objectivo de substituir total ou parcialmente o bagaço de soja, que a substituição conduziu a mudanças benéficas na atividade enzimática cecal, que influenciou positivamente os processos de fermentação.

No nosso ensaio, o aumento do pH cecal do grupo TMC e TLH que leva a diminuição da acidez do conteúdo cecal, comparativamente ao grupo C (5,72 vs 5,79 vs 5,56 respetivamente), juntamente com a diminuição da produção de AGV's, revela-nos uma diminuição da atividade fermentativa que pode ser devido ao maior teor em ADL das dietas TMC e TLH. A redução da atividade fermentativa no grupo TLH poderá também ter diminuído devido a elevada digestibilidade da proteína da dieta que terá afectado a chegada de azoto ao ceco.

Em geral, os valores em relação aos AGV apresentados na Tabela 21 estão de acordo com os valores normais para coelhos em crescimento, que para C2 devem estar entre 63 a 84%, para C3 entre 4 a 13% e para C4 entre 5 a 29% (Carabaño et al., 2010). A relação C3:C4 deve ser menor que 1 e o pH do conteúdo cecal deve estar entre os 5,5 e os 6,5 (Pinheiro & Mourão, 2006).

Tal como acontece em Volek e Marounek (2009), a proporção de cada AGV da dieta com bagaço de soja e da dieta com tremço assemelham-se. Isto não acontece com a tremocilha em que, nalguns parâmetros, se afasta dos valores de C e TMC.

4.3 Características da conformação da carcaça

Na Tabela 22, podemos ver o efeito provocado pela substituição do bagaço de soja por tremoço e tremocilha na dieta dos animais, apresentados em valores médios por gramas (g) e por proporção do peso da carcaça refrigerada (%), nos parâmetros estudados no decorrer do abate e após a refrigeração da carcaça.

Tabela 22. Efeito da substituição nas características da conformação da carcaça de coelho do bagaço de soja (C) por tremoço (TMC) e tremocilha (TLH).

Resultados zootécnicos	C	TMC	TLH	EPM*	P
Peso vivo ao abate (g)	2739,0 ^a	2605,8 ^b	2731,1 ^{ab}	40,37	0,047
Carcaça quente (g)	1692,9	1613,9	1669,6	26,92	0,122
Rendimento carcaça quente (%)	61,8	61,9	61,2	0,48	0,491
Carcaça refrigerada com fígado (g)	1657,5	1579,5	1622,9	27,65	0,156
Perdas da carcaça refrigerada (g)	35,4	34,4	46,7	6,13	0,306
Perdas da carcaça refrigerada (%)	2,09	2,13	2,20	0,37	0,320
Rendimento da carcaça refrigerada (%)	60,5	60,6	59,4	0,42	0,104
Cabeça (% carcaça refrigerada)	7,98	7,97	7,96	0,18	0,996
Fígado (% carcaça refrigerada)	7,69	7,52	7,05	0,27	0,244
Rins (% carcaça refrigerada)	1,20	1,26	1,21	0,03	0,313
Timo e coração (% carcaça refrigerada)	2,05	2,24	2,15	0,06	0,130
Gordura (% carcaça refrigerada)	2,89	2,83	2,91	0,15	0,923
Pernas (% carcaça refrigerada)	29,7	29,7	29,9	0,32	0,940
Partes anteriores (% carcaça refrigerada)	28,5	28,6	29,4	0,40	0,230
Lombo (% carcaça refrigerada)	19,9	19,8	20,2	0,33	0,646
Cor Superficial do músculo <i>biceps femoris</i>					
L* ¹	47,5	46,9	48,0	1,04	0,755
a* ²	6,3	7,4	5,9	1,15	0,619
b* ³	8,3	10,5	8,5	0,95	0,228

*EPM = erro padrão da média (Std err mean); ¹ Luminosidade; ² Vermelhidão; ³ Amarelecimento
Valores na mesma linha com letras diferentes diferem significativamente (P < 0,05).

Podemos observar que não houve diferenças significativas nos parâmetros estudados no decorrer do abate e após a refrigeração da carcaça, a exceção do peso vivo (PV) ao abate, para $P < 0,05$. A diferença significativa verifica-se entre o regime controlo, com animais com, em média, 2739,0 g, de PV e o regime de tremço com 2605,8 g de PV ($P=0,047$).

Nos ensaios, utilizados na bibliografia deste trabalho, em que os regimes possuem uma incorporação entre 4 e 30 % de tremço branco, inteiro ou descascado, com o objectivo de substituir, total ou parcialmente, o bagaço de soja ou de girassol, demonstraram que a substituição conduziu a pesos de abate, entre 63 e 84 dias, variando de 2043 a 3218 g de peso vivo e que não foram afectados pela dieta (Volek & Marounek, 2009; Volek & Marounek, 2011; Zwoliński et al. 2017; Gugolek et al. 2018; Volek et al. 2018). Os valores obtidos no nosso ensaio encontram-se no intervalo de resultados apresentados pelos autores anteriormente referidos.

Segundo os autores, Zwoliński et al. (2017) e Gugolek et al. (2018), os pesos das pernas, das partes anteriores e do lombo, não foram afectados pela substituição das fontes de proteínas tradicionais pelo tremço branco, tal como o rendimento da carcaça.

Volek e Marounek (2009), os valores obtidos de peso da carcaça quente e de gordura na carcaça também não foram afetados pela alteração das fontes proteicas tradicionais na dieta. Os nossos resultados encontram-se de acordo com as afirmações de ambos trabalhos.

Em Volek e Marounek (2009), o rendimento da carcaça foi influenciado positivamente pela substituição do bagaço de soja e de girassol por tremço branco e em Volek et al. (2018), a proporção parte anterior em relação ao peso da carcaça refrigerada foi influenciada positivamente pela substituição, tal não foram verificados no nosso ensaio.

4.4 Qualidade da carne

Na Tabela 23, encontra-se apresentado o efeito da incorporação, no regime, de tremoço branco e tremocilha como substitutos ao bagaço de soja em valores médios em alguns parâmetros estudados para a avaliação da qualidade da carne de coelho.

Tabela 23. Efeito da substituição nas características da qualidade da carne de coelho do bagaço de soja (C) por tremoço (TMC) e tremocilha (TLH).

Resultados zootécnicos	C	TMC	TLH	EPM*	P
pH da carne	6,0	6,0	5,9	0,07	0,909
Cor do músculo <i>longissimus dorsi</i>					
L* ¹	46,6	45,7	44,3	1,01	0,293
a* ²	3,5	3,8	4,5	0,69	0,569
b* ³	11,0	11,2	10,9	0,37	0,781

*EPM = erro padrão da média (Std err mean); ¹Luminosidade; ²Vermelhidão; ³Amarelecimento
Valores na mesma linha com letras diferentes diferem significativamente (P <0,05).

Tendo em conta a tabela acima mencionada, é possível verificar que não existiram diferenças significativas entre os tratamentos (para P <0,05), o que nos permite deduzir que os alimentos fornecidos não influenciaram os resultados avaliados para os parâmetros de qualidade da carne. Volek et al. (2018), que estudou, com uma inclusão de 7%, o efeito da substituição do bagaço de soja por sementes de tremoço descascado, tal como no nosso ensaio, não observou diferenças significativas nos parâmetros de pH da carne e de cor do músculo.

O ensaio de Volek et al. (2018) avaliou estes parâmetros no músculo *longissimus lumborum* enquanto o nosso ensaio avaliou no músculo *longissimus dorsi*, o que pode explicar as diferenças encontradas nos parâmetros da cor comparativamente ao nosso ensaio. Obtiveram uma carne com maior luminosidade, menor vermelhidão e amarelecimento e os valores obtidos para o pH são praticamente iguais nos dois ensaios.

Capítulo V. Conclusões e perspectiva para o futuro

Com base no nosso trabalho experimental, podemos concluir que os animais toleraram bem a substituição do bagaço de soja por tremoço e tremocilha na sua alimentação. Neste caso, a substituição não revelou incitar efeitos positivos nos índices produtivos dos animais, nem negativos, a saber, problemas intestinais dos animais.

Tendo em conta os resultados obtidos é possível deduzir que o tremoço e a tremocilha podem ser utilizados como um alimento alternativo na alimentação do coelho, embora, não se tenham obtido valores competitivos com o bagaço de soja, na percentagem de incorporação estudada. Observamos de facto um menor crescimento, mas podemos optar por incorporar menores quantidades para atenuar esse efeito. Temos também de ter atenção a componente económica que poderá não incentivar a sua utilização.

Existem ainda diversos pontos deste trabalho que poderiam ser melhorados. Seria benéfico, realizar um outro estudo mais abrangente para avaliar outros parâmetros também interessantes, como por exemplo efeitos no perfil de ácidos gordos, como tentativa de se observar um produto diferenciado. Estudos económicos com a correção dos teores em aminoácidos poderiam ser desenvolvidos, para procurar melhorar os efeitos da substituição. A análise das características sensoriais e organolépticas da carne, tal como a medição da perda de água, teriam aprofundado mais o estudo, dado que são parâmetros que podem influenciar as preferências do consumidor.

Capítulo VI. Referências Bibliográficas

- Blasco, A., Ouhayoun, J., & Masoero, G. (1993). Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. *World Rabbit Science*, 1(1), 3-10.
- Boerema, A., Peeters, A., Swolfs, S., Vandevenne, F., Jacobs, S., Staes, J., et al. (31 de Maio de 2016). Soybean Trade: Balancing Environmental and Socio-Economic Impacts of an Intercontinental Market. *PLOS ONE*, 11, pp. 1-13.
- Campbell-Ward, M. L. (2012). Chapter 14 - Gastrointestinal Physiology and Nutrition. In K. E. Quesenberry, & J. W. Carpenter, *Ferrets, Rabbits, and Rodents: Clinical Medicine and Surgery* (3º ed., pp. 183-192). Saunders: Copyright.
- Carabaño, R., Piquer, J., Menoyo, D., & Badiola, I. (2010). Chapter 1 - The Digestive System of the Rabbit. In C. de Blas, & J. Wiseman, *Nutrition of the Rabbits* (2 ed., pp. 1-19). Cambridge: CAB International.
- Cheng, M.-H., Sekhonb, J. J., Rosentrater, K. A., Wang, T., Jung, S., & Johnson, L. A. (2018). Environmental Impact Analysis of Soybean Oil Production from Expelling, Hexane Extraction and Enzyme Assisted Aqueous Extraction. *Food and Bioproducts Processing*, 58-68.
- Erbas, M., Certel, M., & Uslu, M. (2005). Some chemical properties of white lupin seeds (*Lupinus albus* L.). *Food Chemistry*, 89, pp. 341–345.
- European Group on Rabbit Nutrition . (2001). Technical note: attempts to harmonize chemical analyses of feeds and faeces for rabbits feed evaluation. *World Rabbit Science*, 9 (2), 57-64.
- Falcão e Cunha, L., Sabino, I., Bruno-Soares, A., & Freire, J. (2008). Improving the nutritive value of lupin seed for growing rabbits: α -galactosidase enzymes vs. washing. *9th World Rabbit Congress*, 661-666.
- FAO. (1996). Chapitre 2 - Nutrition et alimentation (nouvelle version révisée). In F. Lebas, P. Coudert, H. de Rochambeau, & R. G. Thébault, *Le Lapin - Elevage et pathologie* (pp. 21-50). Roma: ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE.
- FAO. (2016). *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*. Obtido em 17 de Agosto de 2018, de FAOSTAT: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
- FEDNA. (2010). Obtido em 08 de Novembro de 2018, de Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal: http://fundacionfedna.org/concentrados_proteina_vegetal

- Fortun-Lamothe, L., & Gidenne, T. (2006). Recent advances in the digestive physiology of the growing rabbit. In L. Maertens, & P. Coudert, *Recent Advances In Rabbit Sciences* (pp. 201-209). Belgium: ILVO.
- Garreau, H., Molette, C., Gilbert, H., Larzul, C., Balmisse, E., Ruesche, J., et al. (24 e 25 de Novembro de 2015). Réponse à la selection pour deux critères d'efficacité alimentaires chez le lapin. 2. Caractères de carcasse et de qualité de viande. *16 èmes Journées de la Recherche Cunicoles*, pp. 169-172.
- Gidenne, T. (1997). Caeco-colic digestion in the growing rabbit: impact of nutritional factors and related disturbances. *Livestock Production Science*, *51*, 73-88.
- Gidenne, T., & Garcia, J. (2006). Nutritional strategies improving the digestive health of the weaned rabbit. In L. Maertens, & P. Coudert, *Recent Advances in Rabbit Sciences* (pp. 229-238). Belgium: ILVO.
- Gidenne, T., García, J., Lebas, F., & Licois, D. (2010). Chapter 10 - Nutrition and Feeding Strategy: Interactions with Pathology. In C. de Blas, & J. Wiseman, *Nutrition of the Rabbits* (2 ed., pp. 179-199). Cambridge: CAB International.
- Gidenne, T., Lebas, F., Savietto, D., Dorchies, P., Duperray, J., Davoust, C., et al. (2015). Chapitre 5 : Nutrition et alimentation. In T. Gidenne, *Le Lapin : de la biologie à l'élevage* (pp. 139-134). France: Editions Quae Versailles.
- Gondret, F., & Bonneau, M. (Novembro de 1998). Mise en place des caractéristique du muscle chez le lapin et incidence sur la qualité de la viande. *INRA Productions Animales*, *11*, pp. 335-337.
- Gugolek, A., Juśkiewicz, J., Kowalska, D., Zwoliński, C., Sobiech, P., & Strychalski, J. (Maio de 2018). Physiological responses of rabbits fed with diets containing rapeseed meal, white lupine and pea seeds as soybean meal substitutes. *Ciência e Agrotecnologia*, 297-306.
- Hernández, P., & Dalle Zotte, A. (2010). Chapter 9 - Influence of Diet on Rabbit Meat Quality. In C. de Blas, & J. Wiseman, *Nutrition of the Rabbit* (2° ed., pp. 163-178). Cambridge: CAB International.
- Hernández, P., & Gondret, F. (2006). Rabbit Meat Quality. In L. Maertens, & P. Coudert, *Recent Advances in Rabbit Sciences* (2 ed., pp. 269-291). Belgium: ILVO.
- Huyghe, C. (1997). White lupin ("Lupinus albus" L.). *Field Crops Research*, *53*, pp. 147-160.
- INRA CIRAD AFZ and FAO ©. (2012). *Feedipedia Animal feed resources information system*. Obtido em 15 de Agosto de 2018, de <https://www.feedipedia.org/node/674>
- INRA-CIRAD-AFZ. (2018). *INRA-CIRAD-AFZ Feed tables*. Obtido em 17 de Agosto de 2018, de Feed tables: https://feedtables.com/charts/amino-acids?feed_ch_id%5B%5D=12363

- INTERACT. (s.d.). *Integrative Research in Environment, Agro-Chains and Technology*. Obtido em 30 de Maio de 2018, de Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro: <http://interact-utad.pt/index.php/en/>
- Johnson, L., & Smith, K. (2004). *Soybean Processing*. Obtido em 20 de Agosto de 2018, de Soybean meal INFO Center Fact Sheet: https://www.soymeal.org/charts_and_graphs/soybean-processing/?order=date&q
- Knudsen, C., Combes, S., Briens, C., Duperray, J., Rebours, G., Salaun, J.-M., et al. (24-25 de Novembro de 2015). La limitation post-sevrage de l'ingestion, une pratique favorable à la santé et à l'efficacité alimentaire: des mécanismes physiologiques à l'impact économique. *16èmes Journées de la Recherche Cunicole*, pp. 115-128.
- Lucas, M. M., Stoddard, F. L., Annicchiarico, P., Frías, J., Martínez-Villaluenga, C., Sussmann, D., et al. (8 de Setembro de 2015). The future of lupin as a protein crop in Europe. *Frontiers in Plant Science*, 6:705.
- Magalhães, S. C., Fernandes, F., Cabrita, A. R., Fonseca, A. J., Valentão, P., & Andrade, P. B. (2016). Alkaloids in the valorization of European *Lupinus* spp. seeds crop. *Industrial Crops and Products*.
- Monteiro, A., Ribeiro, S., Vasconcelos, T., Costa, J. C., Simões, F., Falcão, L., et al. (2014). *Plantas Forrageiras de Pastagens de Altitude. Série Didáctica Botânica 4*. (A. Monteiro, Ed.) Lisboa: ISAPress.
- Moreira, N. (2002). *Agronomia das forragens e pastagens*. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Musco, N., Cutrignelli, M. I., Calabrò, S., Tudisco, R., F. Infascelli, Grazioli, R., et al. (2017). Comparison of nutritional and antinutritional traits among different species (*Lupinus albus* L., *Lupinus luteus* L., *Lupinus angustifolius* L.) and varieties of lupin seeds. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, pp. 1-15.
- Noort, M. v. (2016). Chapter 10 - Lupin: An Important Protein and Nutrient Source. In S. R. Nadathur, J. P. Wanasundara, & L. Scanlin, *Sustainable Protein Sources* (pp. 165-183). Academic Press.
- Ouhayoun, J. (Julho de 1989). La composition corporelle du lapin. *INRA Productions Animales*, 2 (3), pp. 215-216.
- Perez, J., Lebas, F., Gidenne, T., Maertens, L., Xiccato, G., Parigi-Bini, R., et al. (1995). European reference method for in vivo determination of diet digestibility in rabbits. *World Rabbit Science Association (WRSA)*, 3(1), 41-43.
- Petterson, D. S. (2016). Overview. In C. Wrigley, H. Corke, K. Seetharaman, & J. Faubion, *Encyclopedia of Food Grains* (2^a ed., pp. 166-174). Elsevier Ltd.

- Pinheiro, V., & Mourão, J. (2006). *Alimentação do coelho*. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Portaria nº1005/92 de 23 de Outubro. (s.d.). *Diário da República nº 245/1992 - I-B Série*.
Ministérios da Agricultura, da Educação, da Saúde e do Comércio e Turismo. Lisboa.
- Prusinski, J. (2017). White lupin (*Lupinus albus* L.) – nutritional and health values in human nutrition. *Czech J. Food Sci.*, 35, 95-105.
- Regulamento (CE) Nº 834/2007. (28 de Junho de 2007). Jornal Oficial da União Europeia.
Relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos e que revoga o Regulamento (CEE) nº 2092/91. Bruxelas.
- Shurtleff, W., & Aoyagi, A. (2004). *History of World Soybean Production and Trade*. Obtido em 21 de Agosto de 2018, de SoyInfo Center: Soy from a Historical Perspective:
http://www.soyinfocenter.com/HSS/production_and_trade1.php
- Sujak, A., Kotlarz, A., & Strobel, W. (2006). Compositional and nutritional evaluation of several lupin seeds. *Food Chemistry*, 98, pp. 711-719.
- Thrane, M., Paulsen, P. V., Orcutt, M., & Krieger, T. (2016). Chapter 2 - Soy Protein: Impacts, Production, and Applications. In S. R. Nadathur, J. P. Wanasundara, & L. Scanlin, *Sustainable Protein Sources* (pp. 23-45). Academic Press.
- Van Soest, P., Robertson, J., & Lewis, B. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, pp. 3583-3597.
- Vasconcellos, J. d. (1962). *Ervas Forrageiras*. Lisboa: Ministério da Economia: Secretaria de Estado da Agricultura.
- Vella, D., & Donnelly, T. M. (2012). Chapter 12 - Basic Anatomy, Physiology, and Husbandry. In K. E. Quesenberry, & J. W. Carpenter, *Ferrets, Rabbits, and Rodents: Clinical Medicine and Surgery* (3^o ed., pp. 157-173). Saunders: Copyright.
- Volek, Z. (4 de Outubro de 2016). White Lupine is a suitable feed component in rabbit diets: a review. *The 4th International Scientific Conference "Animal Biotechnology" Slovak J. Anim. Sci.*, 4, pp. 147-150.
- Volek, Z., & Marounek, M. (2009). Whole white lupin (*Lupinus albus* cv. Amiga) seeds as a source of protein for growing-fattening rabbits. *Animal Feed Science and Technology*, 152, pp. 322-329.
- Volek, Z., & Marounek, M. (2011). Effect of feeding growing-fattening rabbits a diet supplemented with whole white lupin (*Lupinus albus* cv. Amiga) seeds on fatty acid composition and indexes related to human health in hind leg meat and perineal fat. *Meat Science*, 87, pp. 40-45.

- Volek, Z., Bureš, D., & Uhlířová, L. (Julho de 2018). Effect of dietary dehulled white lupine seed supplementation on the growth, carcass traits and chemical, physical and sensory meat quality parameters of growing-fattening rabbits. *Meat Science*, 141, 50-56.
- Volek, Z., Volková, L., & Marounek, M. (2013). Effect of a diet containing white lupin hulls (*Lupinus albus* cv. Amiga) on total tract apparent digestibility of nutrients and growth performance of rabbits. *World Rabbit Science*, 21, pp. 17-21.
- Wolko, B., Clements, J., Naganowska, B., Nelson, M., & Yang, H. (2011). Lupinus. In C. Kole (Ed.), *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources* (pp. 153-206). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Xiccato, G. (2010). Chapter 4 - Fat Digestion. In C. de Blas, & J. Wiseman, *Nutrition of the Rabbits* (2 ed., pp. 56-65). Cambridge: CAB International.
- Zwoliński, C., Gugolek, A., Strychalski, J., Kowalska, D., Chwastowska-Siwiecka, I., & Konstantynowicz, M. (2017). The effect of substitution of soybean meal with a mixture of rapeseed meal, white lupin grain, and pea grain on performance indicators, nutrient digestibility, and nitrogen retention in Popielno White rabbits. *Journal of Applied Animal Research*, 45:1, 570-576.