



Escola Superior de Hotelaria e Turismo do Estoril

**Implicações do processamento na qualidade nutricional e organolética de 3 variedades tradicionais de feijão comum**

- Ana Lúcia Vargas Castanho –



MESTRADO EM INOVAÇÃO EM ARTES CULINÁRIAS

DISSERTAÇÃO

Outubro 2015



Escola Superior de Hotelaria e Turismo do Estoril

**Implicações do processamento na qualidade nutricional e organolética de 3 variedades tradicionais de feijão comum**

- Ana Lúcia Vargas Castanho –

MESTRADO EM INOVAÇÃO EM ARTES CULINÁRIAS

DISSERTAÇÃO

Orientadora: Doutora Carla Brites

Co-Orientadora: Doutora Cláudia Viegas

Outubro 2015

## **Agradecimentos**

A elaboração deste trabalho não seria possível sem o dedicado apoio das minhas orientadoras, Doutora Carla Brites e Doutora Cláudia Viegas; sem a vontade de partilhar conhecimentos da Doutora Manuela Guerra e da professora Cláudia Azevedo durante a licenciatura e mestrado. Foi também fundamental o apoio do Engenheiro José António Passarinho, do Doutor Armando Ferreira, da Diana Lourenço, da Bruna Carbas, da Fernanda Balsemão, da Doutora Carmo Serrano, da Liane Rosário, do Marc Koener e do Miguel Cruz que contribuíram para este trabalho.

A elaboração deste trabalho não seria possível sem o acesso diário às instalações do INIAV (Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária) e sem o apoio dos que lá trabalham; sem o apoio da minha família e amigos.

A todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para este trabalho o meu enorme agradecimento.

*Este trabalho foi financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do projetoPTDC/AGR-TEC/3555/2012- BEGEQA Exploiting Bean Genetics for food Quality and Attractiveness innovation.*

# Índice

Agradecimentos .....	i
Índice .....	ii
Índice de figuras .....	v
Índice de tabelas .....	v
Índice de gráficos.....	vi
Resumo .....	viii
Abstract.....	ix
1 Introdução.....	1
1.1 Objetivos e desenho experimental .....	6
1.2 Caracterização nutricional e fitoquímica .....	8
1.2.1 Proteína.....	8
1.2.2 Lípidos .....	9
1.2.3 Glúcidos.....	9
1.2.4 Fibra.....	14
1.2.5 Vitaminas e minerais .....	14
1.2.6 Fitoquímicos .....	15
1.2.7 Compostos antinutricionais .....	16
1.3 Tipos de processamento .....	17
1.3.1 Cozedura.....	17
1.3.2 Cozedura a alta pressão .....	17
1.3.3 Cozedura a baixa pressão .....	18
1.4 Implicações do processamento na qualidade nutricional e organolética .....	21
1.4.1 Glúcidos.....	21
1.4.2 Proteína.....	24

1.4.3	Fibra.....	24
2	Materiais e métodos.....	25
2.1	Feijão inteiro.....	25
2.2	Análises no feijão inteiro.....	26
2.2.1	Análise da cor.....	26
2.2.2	Biometria.....	26
2.2.3	Capacidade de hidratação e percentagem de grãos não hidratados.....	26
2.2.4	Tempo de cozedura.....	26
2.2.5	Ensaio de cozedura.....	27
2.3	Análises nas farinhas de feijão.....	28
2.3.1	Tocoferóis.....	28
2.3.2	Proteína e gordura.....	29
2.3.3	Amido resistente.....	29
2.3.4	Viscosidade.....	29
2.4	Análises nos grãos após processamento.....	29
2.4.1	Integridade do grão.....	29
2.4.2	Força à compressão.....	30
2.5	Análises no amido de feijão.....	30
2.5.1	Extração do amido.....	30
2.5.2	Determinação da amilose e temperatura de gelatinização.....	31
2.6	Análise estatística.....	31
3	Resultados e discussão.....	32
3.1	Biometria e caracterização geral.....	32
3.1.1	Capacidade de hidratação e grãos não hidratados.....	33
3.1.2	Tempo de cozedura.....	33
3.1.3	Integridade do grão.....	34

3.2	Composição nutricional .....	36
3.2.1	Proteína e lípidos nas diferentes variedades .....	36
3.2.2	Proteína.....	37
3.2.3	Lípidos .....	38
3.2.4	Amido resistente .....	40
3.2.5	Tocoferóis .....	41
3.3	Aspetos organoléticos .....	42
3.3.1	Cor .....	42
3.3.2	Textura.....	47
3.3.3	Perfil de viscosidade .....	49
3.4	Determinações no amido .....	52
3.4.1	Determinação da amilose.....	52
3.4.2	Determinação das propriedades térmicas .....	52
3.5	Influência do processamento e das variedades .....	54
3.6	Influência das características físicas e químicas na textura e tempo de cozedura 55	
3.7	Influência do processamento na cor e integridade do feijão.....	57
3.8	Conclusão.....	59
4	Bibliografia.....	61
	ANEXOS .....	73
	Tabelas adicionais.....	73
	Trabalhos realizados durante a elaboração da presente dissertação .....	75
	Curriculum vitae .....	80

## Índice de figuras

Figura 1 – Consumo de leguminosas. A: Indicações nutricionais da roda dos alimentos. B: Balança Alimentar Portuguesa (dados de 2012).....	3
Figura 2 – Amilose e amilopectina, estrutura (Buléon et al., 1998).....	10
Figura 3 – Influência do processamento hidrotérmico nas características físicas do amido. Fonte: (Brummer et al., 2015) .....	23
Figura 4 – Variedades utilizadas (Moleiro, Pataral e Tarrestre).....	25
Figura 5 – <i>Mattson Cooker</i> .....	27
Figura 6 – Variedades de feijão estudadas (antes do processamento). a) Feijão Moleiro b) Feijão Pataral c) Feijão Tarrestre .....	32
Figura 7 – Aspeto dos grãos de feijão após processamento. ....	36
Figura 8 – Variação da composição nutricional das variedades de feijão antes e depois dos vários tipos de processamento.....	39
Figura 9 – Representação do sistema CIELab (Liew et al., 2008) .....	43
Figura 10 – Coloração obtida para as diferentes variedades e tipo de processamento convertidas para RGB.....	46
Figura 11 – Curva de viscosidade e parâmetros associados. Fonte: (Oro et al., 2013)..	49
Figura 12 – Representação da gelatinização do amido numa curva de DSC. Fonte: (Wang & Copeland, 2013).....	53

## Índice de tabelas

Tabela 1 – Conteúdo de amido resistente de leguminosas e cereais .....	2
Tabela 2 – Ensaio a realizar: caracterização de 3 variedades de feijão de origem nacional: patalar, tarrestre e moleiro .....	7
Tabela 3 – Aspetos biométricos das variedades de feijão estudadas.....	32
Tabela 4 – Capacidade de hidratação (mL/g) e grãos não hidratados (%). ....	33
Tabela 5 – Tempo de cozedura médio para cada variedade estudada (min.) .....	34
Tabela 6 – Conteúdo de $\gamma$ -tocoferóis ( $\mu\text{g/g}$ ) nas farinhas de feijão das variedades estudadas.....	41
Tabela 7 – Conteúdo de $\delta$ -tocoferóis ( $\mu\text{g/g}$ ) nas farinhas de feijão das variedades estudadas.....	42

Tabela 8 – Força máxima à compressão para cada variedade e tipo de processamento (N/g m.s).....	48
Tabela 9 – Conteúdo de amilose no amido nas variedades estudadas (g/100).....	52
Tabela 10 – propriedades térmicas (°C) .....	53
Tabela 11 – Análise estatística (two-way ANOVA). Quadrados médios para $p < 0.05$	54
Tabela 12 – Correlação de Pearson para os parâmetros amilose, viscosidade no amido (peak, trough, breakdown, vinal viscosity, setback, pasting temperature), capacidade de hidratação, textura e tempo de cozedura com $p < 0.05$ . .....	56
Tabela 13 – Correlação de Pearson para os parâmetros proteína, lípidos, capacidade de hidratação, textura e tempo de cozedura com $p < 0.05$ .....	57
Tabela 14 – Análise estatística (two-way ANOVA). Quadrados médios para $p < 0.05$	57
Tabela 15 – Conteúdo lipídico das variedades estudadas em cada tipo de processamento (g/Kg) .....	73
Tabela 16 – Conteúdo proteico das variedades estudadas em cada tipo de processamento (g/Kg) .....	73
Tabela 17 – Conteúdo de amido resistente das variedades estudadas em cada tipo de processamento (g/Kg).....	73
Tabela 18 - Perfil de viscosidade do feijão inteiro .....	74
Tabela 19 - Perfil de viscosidade do amido de feijão.....	74

## Índice de gráficos

Gráfico 1 – Produção mundial de leguminosas em 2013. Fonte: (FAO, 2013) .....	2
Gráfico 2 – Integridade dos grãos após processamento. ....	35
Gráfico 3 – Percentagem de proteína em base seca em cada processamento nas variedades estudadas.....	37
Gráfico 4 – Percentagem de lípidos em base seca em cada processamento nas variedades estudadas.....	38
Gráfico 5 – Percentagem de amido resistente em base seca nas 3 variedades de feijão estudadas.....	40
Gráfico 6 – Valores de $L^*$ para as diferentes variedades e estados de processamento.	44
Gráfico 7 – Valores de $a^*$ para as diferentes variedades e estados de processamento..	45

Gráfico 8 – Valores de $b^*$ para as diferentes variedades e estados de processamento...	46
Gráfico 9 – Perfil de textura determinado pela força à compressão nas 3 variedades estudadas.....	48
Gráfico 10 – Propriedades de viscosidade das farinhas de feijão inteiro das variedades estudadas. a) Patarar; b) Tarrestre; c) Moleiro .....	50
Gráfico 11 – Propriedades de viscosidade do amido de feijão das variedades estudadas. a) Patarar; b) Tarrestre; c) Moleiro .....	50

## Resumo

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) é uma das leguminosas mais consumidas mundialmente, sendo que em Portugal existe uma grande variedade de variedades, embora desconhecidas do consumidor comum. A estimativa do consumo diário de leguminosas no período 2008-2012 em Portugal foi 0.6% do total ingerido, muito abaixo dos 4% recomendados. Perante este baixo valor, é urgente reforçar a utilização deste grupo de alimentos, nomeadamente através da promoção de formas inovadoras de consumo e da valorização das suas qualidades nutricionais e organoléticas.

Para além da conveniência, a qualidade organolética e a nutricional são os fatores que mais influenciam a escolha do consumidor. As diferentes tecnologias culinárias podem ter um importante papel como forma de potenciar a qualidade nutricional e dar novas características sensoriais ao produto, tornando-o mais apetecível ao consumidor.

Neste trabalho foi estudado o comportamento de três variedades tradicionais portuguesas (Moleiro, Patalar e Tarrestre) com o objetivo de entender o seu potencial ao nível do consumo na alimentação humana. Foram feitas análises físico-químicas de modo a avaliar como os tipos de processamento utilizados em restauração (cozedura comum, cozedura em panela de pressão ou cozedura a vácuo) influenciam as características nutricionais e organoléticas, bem como outros parâmetros que possam influenciar o consumo deste alimento (capacidade de hidratação, tempo de cozedura).

Os valores obtidos para a percentagem de proteína, lípidos, amido resistente e tocoferóis, mostraram-se significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) entre variedades; o processamento teve efeito sobre estes valores, no entanto entre tipos de processamento não se observaram resultados significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

Concluiu-se que o feijão Tarrestre é o que apresenta o tempo de cozedura mais elevado (>120min) e que é o que apresenta uma textura mais firme para todos os tipos de processamento quando submetido à análise de textura. Das análises de textura e integridade do grão concluiu-se que a cozedura a baixa pressão é a que melhor mantém a estrutura do grão e a sua aparência.

**Palavras chave:** *Phaseolus vulgaris*, processamento térmico, amido resistente, *sous vide*

## **Abstract**

Common beans (*Phaseolus vulgaris*) is one of the most consumed legume worldwide. In Portugal there is a great diversity of this legume, although unknown to the average consumer. The estimated daily intake of legumes in Portugal between 2008 and 2012 was 0.6% far below the 4% recommended. Given this low value it is urgent to increase the intake of this food type, particularly through the promotion of innovative forms of consumption and the valorization of its nutritional and organoleptic characteristics.

In addition to convenience, the organoleptic and nutritional quality are the factors that most influence consumer choice. Different culinary techniques can play an important role in order to maximize the nutritional quality and give new sensory characteristics to the product, making it more attractive to the consumer.

In this work the behavior of three traditional Portuguese varieties (Moleiro, Patalar and Tarrestre) was studied in order to understand its potential in terms of consumption as human food. There were made physicochemical analysis in order to evaluate how the types of processing used in restoration (common cooking , cooking in a pressure cooker or vacuum cooking ) influence the nutritional and organoleptic characteristics, as well as other parameters that can influence the consumption of this food ( hydration capacity, cooking time).

The values obtained for the percentage of protein, fats, resistant starch and tocopherols, were significantly different ( $p < 0.05$ ) between bean varieties; processing had effect on these values, however among the processing types no significant differences were observed ( $p < 0.05$ ).

It was concluded that Tarrestre beans had the highest cooking time ( $> 120\text{min}$  ) and the firmest texture for all types of processing when subjected to texture analysis. From the analysis of texture and grain integrity it was concluded that the low-pressure cooking can better maintain the grain structure and its appearance.

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris*, thermal processing, resistant starch, *sous vide*

## 1 Introdução

Os grãos de leguminosas pertencem à família botânica *Leguminosae*. Esta família tem uma enorme diversidade, sendo que apenas cerca de 20 espécies são utilizadas sob a forma de grãos secos para a alimentação humana. Os grãos de leguminosas mais consumidos pelo Homem são as favas, o grão-de-bico, as lentilhas, as ervilhas e o feijão, sendo este último um dos mais consumidos a nível mundial (Oliete & Pallarés, 2007; Costa et al., 2006; Lin et al., 2008).

A origem do consumo de feijão remonta a 4000 anos a.C (1000 anos anterior ao milho), tendo sido encontrados exemplares de grãos de *Phaseolus vulgaris* dessa época no México. Não existe no entanto uma noção clara da época de domesticação da planta. O feijão foi levado da América para a Europa no século XVI, tendo sido no início considerado um produto luxuoso. Acredita-se que a origem do feijão se situa no México, tendo esta cultura sido dispersada por outros países da América Central como o Perú, o Equador e a Bolívia (Oliete & Pallarés, 2007).

Atualmente os maiores produtores de feijão (*Phaseolus vulgaris*) são o Brasil, a Índia e a China. Na Europa cultiva-se maioritariamente nos países do sul, sendo esta a segunda cultura de leguminosas mais importante do mundo, a seguir à soja (Choung et al., 2003; Oliete & Pallarés, 2007) com uma produção global de 300 milhões de toneladas (Gráfico 1).

As leguminosas secas têm sido utilizadas ao longo dos séculos em grande parte devido ao seu elevado teor proteico (de 20 a 40%) (Patto et al., 2015). Este valor de proteína é aproximado ao da carne, sendo por isso muitas vezes consideradas “a carne dos pobres” (Tharanathan & Mahadevamma, 2003; Oliete & Pallarés, 2007). O seu valor nutricional, tanto ao nível da proteína como dos outros macro e micronutrientes, aliados ao baixo preço e à facilidade de armazenamento e conservação, fazem com que as leguminosas, particularmente o feijão, sejam consideradas alimentos de base em países em vias de desenvolvimento como os da América Central e de África (Shimelis & Raskit, 2005; Oliete & Pallarés, 2007).

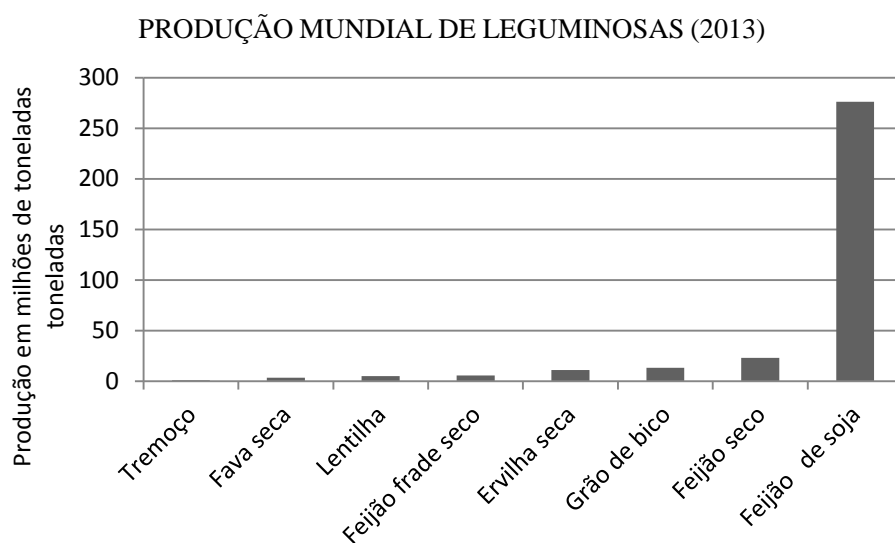


Gráfico 1 – Produção mundial de leguminosas em 2013. Fonte: (FAO, 2013)

O consumo de leguminosas está associado à proteção contra diversas doenças como a obesidade, o cancro, as doenças cardiovasculares e a diabetes (Chung et al., 2008). No feijão, estas vantagens devem-se particularmente ao seu conteúdo em glícidos de digestão lenta (fibra e amido resistente). O conteúdo de amido resistente nas leguminosas é superior ao dos cereais e o do feijão é particularmente elevado (Tabela 1). Estes glícidos ao não serem digeridos no intestino delgado, servem posteriormente de substrato para a fermentação bacteriana que ocorre no intestino grosso, produzindo-se ácidos gordos de cadeia curta. Os glícidos de absorção lenta evitam o aumento rápido dos níveis de glicose no sangue, sendo por essa razão que o feijão é um alimento de baixo nível glicémico, o que previne as doenças crónicas já mencionadas (Foster-Poerll et al., 2002; Chung et al., 2008).

Tabela 1 – Conteúdo de amido resistente de leguminosas e cereais

Arroz, trigo, milho miúdo e cevada	0.10 - 3.20% (Hu et al., 2004; Ragaee et al., 2006)
Grão-de-bico	3.10 - 6.40 % (Ragaee et al., 2006)
Fava	8.14 - 15.03% (Chung et al., 2008)
Lentilha	9.10 - 14.90% (Ragaee et al., 2006)
Ervilha	10.10% - 14.70% (Ragaee et al., 2006)
Feijão	32.00% - 36.00 (Ambigaipalan et al., 2011)

A proteína das leguminosas (especialmente quando em farinhas ou isolados proteicos) tem também uma função importante na redução dos níveis de colesterol, já que tem a capacidade de aglutinar os ácidos biliares que são sintetizados no fígado a partir do colesterol LDL. A remoção dos ácidos biliares através de aglutinação, seguido da sua eliminação aumenta o metabolismo do colesterol, ajudando a removê-lo (Barbana, C.; Boucher, A.; Boye, J., 2011; Patto et al., 2015).

Apesar do elevado consumo de leguminosas em países em vias de desenvolvimento, em Portugal o seu consumo é bastante deficitário. Segundo dados que constam da balança alimentar portuguesa (BAP), em 2012, o consumo diário de leguminosas rondava os 0.6%, o que diverge grandemente dos valores de referência da roda dos alimentos, que indicam um consumo ideal aproximado de 4% (Figura 1). Dados do Instituto Nacional de Estatística (2014) indicam ainda que o grupo das leguminosas foi o que mais deixou de ser consumido entre 2008 e 2012.

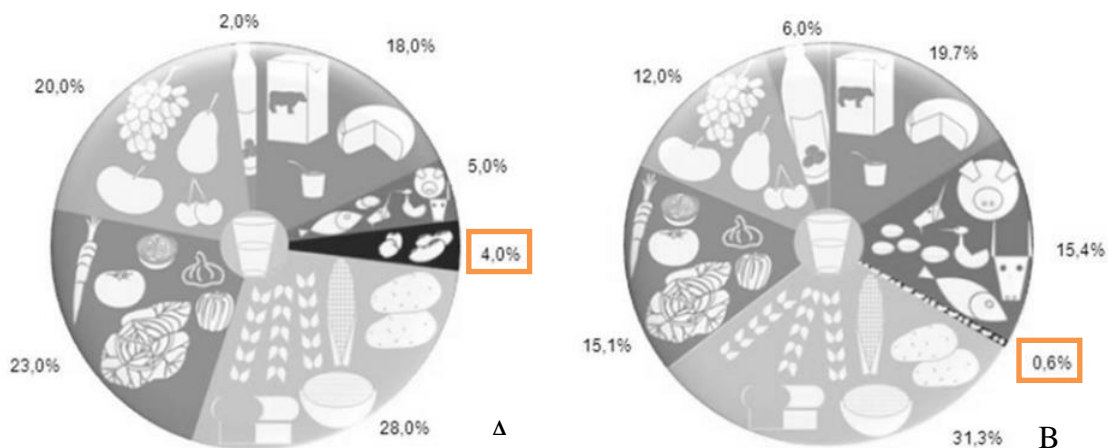


Figura 1 – Consumo de leguminosas. A: Indicações nutricionais da roda dos alimentos. B: Balança Alimentar Portuguesa (dados de 2012).

Existem muitos fatores a influenciar as escolhas alimentares do consumidor, nomeadamente as questões de saúde (cancro, colesterol, obesidade, etc), mudanças na demografia (etnias, envelhecimento), a procura pela conveniência, mudança no sistema de distribuição, o preço e a importância das leguminosas para a sustentabilidade ambiental pelo facto de terem a capacidade de fixar o azoto no solo (Fuentes-Zaragoza

et al., 2010). Contudo, existem algumas limitações que são potenciais causas para a diminuição do seu consumo, nomeadamente a flatulência gerada pela fibra e amido resistente, o elevado tempo de cozedura, a falta de produtos inovadores e a conotação a produtos que “passaram de moda” (Oliete & Pallarés, 2007).

O processamento, nomeadamente o tratamento hidrotérmico por aquecimento, além de aumentar a qualidade nutricional das leguminosas pela diminuição de fatores antinutricionais termolábeis, altera-as aumentando a sua digestibilidade e características orgenolépticas, bem como modificando a sua composição química ao nível nutricional e de compostos bioativos (Tharanathan & Mahadevamma, 2003; Aguilera et al., 2009).

No processamento hidrotérmico, devem no entanto ser tidos em conta fatores que podem afetar o alimento e provocar a perda de alguns compostos desejáveis, tais como o método de cozedura, o tempo de processamento, a presença de acidulantes, especiarias, ferro e ácido ascórbico entre outros fatores (Aguilera et al., 2009).

Apesar do baixo consumo em Portugal o feijão é um ingrediente da tradição gastronómica em receitas que ainda fazem parte da ementa das famílias, dos restaurantes e dos estabelecimentos de restauração coletiva.

Ao nível da restauração, o feijão, quando cozido, é normalmente previamente hidratado através da demolha. A fase de hidratação é realizada em água fria durante 8 a 12h, tempo após o qual a água é descartada. É adicionada novamente água para a cozedura que dura entre 3 a 4h. De modo a acelerar o processo de cozedura pode ser utilizada uma panela de pressão (Sequeira, 2007). Um outro método utilizado, e que acelera o processo de hidratação é a imersão do feijão em água fervente, retirar da água e deixar esperar uma hora antes da cozedura (Gisslen, 2007), ou simplesmente deixar ferver durante algum tempo em água, descartar e cozer numa outra água (McGee, 2004). A hidratação prévia facilita o processo de remoção de oligossacáridos, no entanto, e sobretudo se esta for feita com aquecimento térmico, pode ocorrer a lixiviação de compostos nutricionais como vitaminas hidrossolúveis, minerais, açúcares simples e pigmentos (McGee, 2004).

Para colmatar o elevado tempo de confecção, o feijão é muitas vezes adquirido já cozido em conserva, por apertização. A apertização é um processo que consiste no

tratamento térmico dos alimentos através do calor em ambiente fechado. Ao ser realizado a temperaturas elevadas durante um período de tempo determinado, o processo permite a eliminação de microrganismos e a conservação por um longo período de tempo. Apesar de atualmente haver indicações de que o valor nutricional dos alimentos tratados termicamente por apertização é semelhante ao dos alimentos crus ou congelados (Featherstone, 2012), existe uma grande limitação ao nível da oferta de produtos já que, comparativamente à grande diversidade de variedades existentes, apenas algumas são acessíveis em conserva depois de processadas.

## 1.1 Objetivos e desenho experimental

Tendo em conta os diferentes tipos de processamento possíveis de utilizar na restauração, nomeadamente a cozedura comum, a cozedura com pressão e a cozedura a vácuo, pretende-se avaliar a influência desses tratamentos nas características nutricionais e organoléticas do feijão comum. Pretende-se, desta forma, contribuir para uma melhor compreensão dos fatores relacionados com a diminuição do consumo de feijão e potenciar o consumo de variedades tradicionais, nomeadamente a Moleiro, Patalar e Tarrestre, que apesar de serem cultivadas em Portugal não se encontram nos principais canais comerciais.

O objetivo geral deste trabalho foi obtido através dos seguintes objetivos secundários:

- a) Avaliação das perdas nutricionais ocorridas nos diferentes tipos de cozedura ao nível dos macronutrientes;
- b) Avaliar o conteúdo de amido resistente e de que forma é afetado pelos diferentes tipos de processamento;
- c) Entender se a composição e as características de viscosidade do amido afetam o tempo de cozedura e a textura do feijão após o processamento;
- d) Verificar a influência do processamento na cor e integridade do feijão;

Com as finalidades mencionadas, foram realizadas análises físico-químicas e reológicas a três variedades de feijão nacional selecionadas (Moleiro, Patalar e Tarrestre). As análises foram efetuadas no grão inteiro, farinha integral e amido, nos grãos não processados ou submetidos a três tipos de processamento: a cozedura convencional, a cozedura a alta pressão e a cozedura a baixa pressão com a utilização de um equipamento Gastrovac.

Tabela 2 – Ensaio a realizar: caracterização de 3 variedades de feijão de origem nacional: patalar, tarrestre e moleiro

ANÁLISES	Feijão		Amido de feijão
	Nativo	Processado	
Amido resistente	X	X	
Tocoferóis	X	X	
Amilose	X		X
Proteína	X	X	
Gordura	X	X	
Temperatura de gelatinização	X		X
Viscosidade	X		X
Capacidade de hidratação	X		
Grãos não hidratados	X		
Cor	X	X	
Tempo de cozedura	X		
Textura		X	
Integridade após processamento		X	

As análises químicas realizadas (proteína e gordura) permitem entender de que forma o processamento afeta os macronutrientes e comparar a eficácia dos diferentes tipos de cozedura.

O amido resistente e conteúdo em tocoferóis são também outros compostos relevantes que contribuem grandemente para a qualidade nutricional, pelo que as suas perdas também foram avaliadas.

A preferência do consumidor pelo tipo de feijão é muito influenciada por aspetos como o tempo de cozedura, o bom sabor, a textura suave e a capacidade para fazer um molho encorpado (Garcia et al., 2012). O tempo de cozedura foi assim testado, bem como a textura para os mesmos tempos de cozedura. A temperatura de gelatinização, a relação amilose:amilopectina e a taxa de hidratação podem ser determinantes para a textura e tempo de cozedura do feijão. Outros parâmetros que podem relacionar-se com o tempo de cozedura e a textura são os perfis de viscosidade do amido, que por isso também foram analisados.

## **1.2 Caracterização nutricional e fitoquímica**

O feijão, como as restantes leguminosas, tem particular interesse nutricional devido ao seu elevado valor proteico e à sua composição em aminoácidos essenciais (Boye et al., 2010). Além do seu valor proteico, o seu conteúdo em glícidos complexos, particularmente amido resistente e a ausência de colesterol e gorduras saturadas fazem parte dos seus benefícios (Atkinson et al., 2008; Singhal et al., 2014).

Comparativamente aos cereais, as leguminosas contém 2 a 3 vezes mais proteína, aproximando-se do valor proteico da carne, que apresenta valores de 16 a 24% (USDA, 2015). O valor energético das leguminosas é semelhante ao dos cereais (entre 333Kcal e 364kcal/100g) (Oliete & Pallarés, 2007).

### **1.2.1 Proteína**

O conteúdo proteico do feijão é semelhante ao das restantes leguminosas (20 a 30%) (Costa et al., 2006). As proteínas do feijão comum pertencem a dois grupos: as globulinas solúveis em sais (45 a 70% da proteína total) e as albuminas solúveis em água (10 a 30% da proteína total). No feijão seco as albuminas são normalmente compostas por lectinas e inibidores de enzimas que são considerados compostos protetores contra ataques de insetos e outras invasoras (Sathe, 2002). Estes compostos, apesar de protetores para as plantas têm efeitos negativos para o ser humano e apenas são destruídos com a confecção (Oliete & Pallarés, 2007).

A qualidade de proteínas das leguminosas é definida pela sua digestibilidade, composição e biodisponibilidade de aminoácidos (Boye et al., 2012). A proteína do feijão, à semelhança da das restantes leguminosas, tem quantidades apreciáveis de aminoácidos essenciais, como a lisina e a isoleucina, que são escassas nos cereais, podendo ser complementados com estes, que por sua vez são ricos em metionina e triptofano, que se encontram em baixa quantidade nas leguminosas, para a obtenção de uma proteína de elevado valor biológico em refeições vegetarianas (Costa et al., 2006; Oliete & Pallarés, 2007; Hayat et al., 2014; USDA, 2015).

A digestão da proteína do feijão no seu estado nativo pelas enzimas do estômago e do intestino é um processo difícil, no entanto pode ser facilitada pela hidrólise ocorrida na cozedura (Oliete & Pallarés, 2007). A digestibilidade da proteína do feijão pode ser afectada pelas suas características estruturais (Costa et al., 2006; Hayat et al., 2014) mas, também por interações com outros componentes como o amido, a hemicelulose, minerais e outras proteínas (Oliete & Pallarés, 2007; Hayat et al., 2014).

### **1.2.2 Lípidos**

As leguminosas contêm um baixo teor lipídico – cerca de 1 a 2% - sendo que a existente é essencialmente composta por ácidos gordos essenciais (AGE). O feijão contém AGE como o linoleico, que corresponde a 43.1% dos AGE (Grela & Günter, 1995; Oliete & Pallarés, 2007).

### **1.2.3 Glícidos**

A quantidade de glícidos no feijão ronda os 50 a 60% em matéria seca, sendo maioritariamente constituídos por amido (22-45%) (Hoover & Ratnayake, 2002) com alto teor de amilose e outros polissacáridos e derivados como os oligossacáridos, na sua maioria glícidos complexos (Rehmar et al., 2001; Oliete & Pallarés, 2007).

#### **1.2.3.1 O amido**

O amido é a maior fonte de glícidos na alimentação humana e encontra-se presente em grânulos nos cloroplastos das folhas verdes e nos amiloplastos das sementes, grãos e tubérculos (Sajilata et al., 2006; Ratnayake & Jackson, 2008). A forma e tamanho dos grânulos dependem da sua origem, sendo que os das leguminosas possuem uma forma ovoide (Zobel, 1988).

Quimicamente, os amidos são polissacáridos compostos por unidades de glucose ligadas por ligações  $\alpha$ -D- (1-4) e/ou  $\alpha$  -D-(1-6) que se compõem em duas diferentes moléculas: a amilose, uma molécula de cadeia linear composta por aproximadamente 6000 unidades de moléculas de glucose com ligações  $\alpha$ -D-(1-4) e a amilopectina, um glucano ramificado formado por ligações  $\alpha$ -1-4 e com a ramificação a ocorrer nas ligações  $\alpha$ -D-

(1-6) (ver Figura 2) (Sajilata et al., 2006). A relação amilose:amilopectina nas leguminosas varia mas normalmente é 20/80 (Tharanathan & Mahadevamma, 2003).

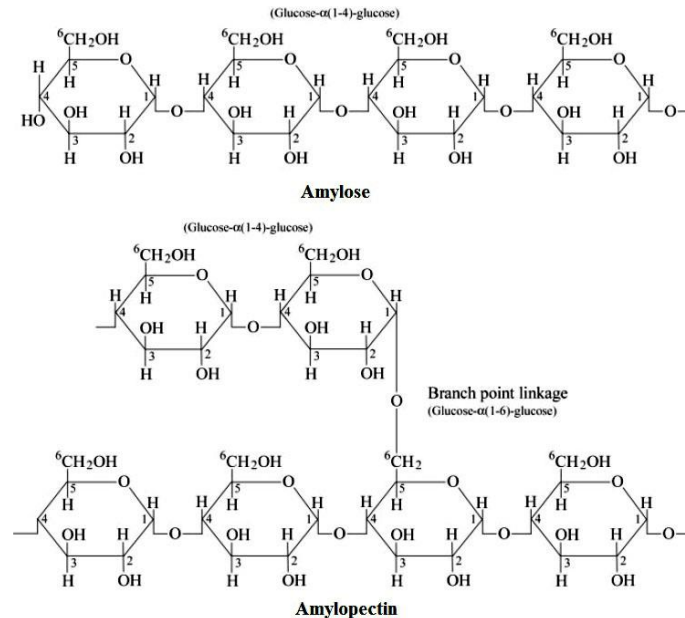


Figura 2 – Amilose e amilopectina, estrutura (Buléon et al., 1998)

A funcionalidade do amido difere conforme a sua fonte, maturidade, condi es edafoclimáticas e tipo de variedades, pois depende da rela o amilose/amilopectina, rela es intra e inter-molecular por pontes de hidrog nio, do grau de polimeriza o, da cristalinidade e presença ou influência de componentes que não gl cidos e do conteúdo mineral (Tharanathan & Mahadevamma, 2003; Dupuis et al., 2014)

O amido das leguminosas digere-se no intestino delgado de uma forma mais lenta que o dos cereais devido   sua disposi o nos amiloplastos e ao seu relativamente elevado conteúdo de amilose, apresentando assim um  ndice glic mico mais baixo, sendo por isso benéfico na preven o de doenças como a diabetes. Existem no entanto fatores relevantes como as propriedades intr secas do amido, ou outros extr secos que afetam a sua digestibilidade (Rizkalla et al., 2002; Oliete & Pallarés, 2007).

As propriedades intr secas incluem a cristalinidade, que confere resistência às enzimas, que são acedem ao amido através de tratamentos como a moagem e gelatiniza o; a estrutura, já que a susceptibilidade às amilases depende da superfície de contacto; a

relação amilose/amilopectina, já que se sabe que a amilose é mais resistente aos enzimas que a amilopectina; a retrogradação da amilose, que ocorre rapidamente após tratamento térmico de arrefecimento e que aumenta a resistência do amido através da formação de ligações de hidrogénio; o comprimento da cadeia de amilose e a linearização da amilopectina que ocorre durante a cozedura a baixa temperatura devido à atividade prolongada das amilases (Tharanathan & Mahadevamma, 2003; Sajilata et al., 2006).

Além dos factores estruturais, existem outros que podem influenciar a digestibilidade do amido, tais como os complexos formados da sua junção com lípidos, a relação entre o amido e a proteína, que existe em grande quantidade nas leguminosas, a presença de inibidores de  $\alpha$ -amilase e de polissacáridos que não amido (Tharanathan & Mahadevamma, 2003; Oliete & Pallarés, 2007). Também devem ser considerados factores fisiológicos tais como a mastigação, que ao diminuir o tamanho das partículas aumenta a sua digestibilidade, o tempo de transição para o intestino grosso, a concentração de enzimas digestivas e a viscosidade do fluido gástrico (Nugent, 2005; Dupuis et al., 2014).

Os amidos podem ser classificados quanto à sua digestibilidade em 3 tipos:

1) Amidos de digestão rápida (ADR), que consistem nas partes amorfas e amido disperso que se liberta após tratamento por calor húmido. É convertido em moléculas de glucose depois de 20 minutos de digestão enzimática; 2) Amidos de digestão lenta (ADL) são compostos por amido não amorfo não acessível e amido nativo; 3) O amido resistente (AR) foi inicialmente identificado por Englyst et al. 1982, e consiste na porção de amido que resiste à digestão enzimática pela  $\alpha$ -amilase e pullulanase durante 120 minutos, não sendo portanto digerido e absorvido no intestino delgado e passa através do trato intestinal sendo depois fermentado no intestino grosso (Haralampu, 2000; Tharanathan & Mahadevamma, 2003; Nugent, 2005; Sajilata et al., 2006; Ratnayake & Jackson, 2008).

O AR é uma das fontes mais importantes de hidratos de carbono não digeríveis (Nugent, 2005) já que se comporta como as fibras solúveis, fermentescíveis, aumentando o bolo fecal e promovendo a acidificação no cólon. O AR tem um papel relevante na digestão que ocorre no intestino grosso, onde é fermentado por bactérias que produzem ácidos

gordos de cadeia curta, que são rapidamente absorvidos pela mucosa do cólon, promovendo a absorção de água e sódio; o butirato, ao servir de fonte de energia para as células epiteliais do intestino, aumenta a produção deste tipo de células e/ou diminui a sua atrofia, o que pode estar associado à diminuição da incidência do cancro do colon (Haralampu, 2000; Tharanathan & Mahadevamma, 2003). Para além do efeito nas células intestinais, o AR pode também interferir no metabolismo dos lípidos, ao reduzir o colesterol e triglicéridos (Nugent, 2005).

O AR pode ser dividido em 5 tipos, conforme a sua estrutura e resistência à digestão:

AR1) O AR1 tem uma estrutura molecular compacta (fisicamente inacessível) que limita o acesso das enzimas, o que explica a natureza resistente do amido em cru – este tipo de amido é estável à temperatura (Sajilata et al., 2006); encontra-se nos grãos não moídos ou parcialmente moídos (Dupuis et al., 2014);

AR2) O AR2 tem uma estrutura molecular em que a molécula de amilopectina tem ramificações maiores, com ligações fortes (através de ligações de hidrogénio) que impedem a quebra por ação enzimática (Tharanathan & Mahadevamma, 2003; Dupuis et al., 2014);

AR3) O AR 3 tem uma estrutura que o torna totalmente resistente às amílases pancreáticas e estável à temperatura (Haralampu, 2000). As operações que envolvam calor e humidade, que na maior parte dos casos destroem o AR 1 e 2, podem formar AR3 (Faraj et al., 2004), já que este tipo de amido, que representa a maior parte do amido resistente, é aquele que é gelatinizado e retrogradado, sendo a amilose retrogradada a principal responsável pela sua geração (Mikulíková et al., 2008). Desta forma o número dos ciclos de aquecimento e arrefecimento e o armazenamento também influenciam a formação de RS3 (Dupuis et al., 2014).

AR4) O AR4 tem uma estrutura quimicamente modificada por eterificação ou esterificação para libertar os grupos hidroxilos do anel de glucose, por oxidação ou pela introdução de ligações  $\beta$  por irradiação (Dupuis et al., 2014);

AR5) O AR5 consiste num complexo formado por lípidos e amilose que formam uma estrutura contendo parte do ácido gordo no centro do anel de glucose (Dupuis et al., 2014).

No feijão, a maior parte do amido resistente é considerado do tipo 3. O AR3 é totalmente resistente às amilases pancreáticas, é estável à temperatura e está positivamente relacionado com a quantidade de amilose e o comprimento das suas cadeias (Haralampu, 2000; Luckett & Wang, 2012; Faraj et al., 2004)

A grande quantidade de AR presente nas leguminosas (Tabela 1) deve-se ao alto conteúdo de amilose do seu amido (30 a 40%), retrogradando assim mais rapidamente que o dos cereais (Tharanathan & Mahadevamma, 2003). A relação entre o amido e a proteína ou entre o amido e os lípidos, e factores estruturais como o grau de polimerização das moléculas podem também justificar os altos conteúdos (Bednar et al., 2001; Tharanathan & Mahadevamma, 2003; Mikulíková et al., 2008).

Além dos factores já enumerados, a formação de AR depende de factores como a mastigação, o tempo do trânsito intestinal e a presença de inibidores da amilase (Tharanathan & Mahadevamma, 2003).

As formulações alimentares com alto conteúdo de AR estão associadas ao baixo valor calórico, aumento da saciedade e melhoria da resposta glicémica (Tharanathan & Mahadevamma, 2003; Nugent, 2005), sendo por esse motivo que o regulamento nº 432/2012 prevê a utilização de alegação de saúde na sua rotulagem (Comissão Europeia, 2012).

O AR, devido às suas propriedades nutricionais tem vindo a ser testado na incorporação em alimentos (Nugent, 2005). Ao nível organolético, o AR não só não altera como pode melhorar a qualidade dos alimentos, dando melhor aparência, textura e *mouth feel* que as restantes fibras alimentares (Fuentes-Zaragoza et al., 2010).

O AR possui capacidades interessantes para a utilização alimentar, como o inchamento, o aumento da viscosidade, a formação de gel e a capacidade de reter a água podendo ser útil em alguns alimentos. Estas características permitem aumentar a expansão e a

crocância dos alimentos, bem como impedir a retenção de óleo (Fuentes-Zaragoza et al., 2010).

#### **1.2.4 Fibra**

A fibra alimentar foi pela primeira vez definida como os compostos não digeríveis que formam as paredes celulares das plantas: celulose, hemicelulose e lignina. Apesar de, na sua versão inicial o conceito de fibra alimentar não considerar muitas substâncias presentes no endoplasma dos grãos, existem compostos, como o amido resistente e os oligossacáridos que são reconhecidos hoje como fazendo parte da fibra alimentar total (Fuentes-Zaragoza et al., 2010).

A fibra alimentar resiste à digestão e absorção no intestino delgado e é parcial ou totalmente fermentada no intestino grosso, o que tem vários impactos fisiológicos com implicações na saúde, como por exemplo na saciedade, no tempo de digestão e na geração de flatulência, nos níveis de colesterol, glucose e insulina, derivado da sua composição físico-química. O consumo de fibra está assim relacionado com a redução do risco de determinadas doenças tais como o cancro, doenças coronárias, obesidade e diabetes (Costa et al., 2006).

A fibra insolúvel melhora a movimentação do material através do sistema digestivo, enquanto a solúvel ajuda na diminuição do colesterol no sangue, regulando os níveis de glucose no sangue. A fibra total ajuda a controlar a libertação de glícidos de forma lenta durante a digestão, o que ajuda na regulação de doenças nomeadamente a diabetes (Dhingra et al., 2012).

O feijão contém grande quantidade de fibra (cerca de 25%), encontrando-se esta maioritariamente na casca (Oliete & Pallarés, 2007).

#### **1.2.5 Vitaminas e minerais**

Os feijões têm maior conteúdo de vitaminas e minerais que os cereais e um maior conteúdo mineral que as outras leguminosas. São importantes fontes de ferro, zinco, cobre, fósforo e alumínio. Ao nível das vitaminas, são uma boa fonte de folatos,

tocoferóis, tiamina, riboflavina, niacina, biotina e piridoxamina (Shimelis & Raskit, 2005). A quantidade de tocoferóis presentes no feijão depende bastante da variedade, no entanto o  $\gamma$  e  $\delta$  tocoferóis encontram-se em maior quantidade que os restantes isómeros (Hayat et al., 2014).

Apesar do seu relativamente elevado conteúdo em ferro e cálcio, a sua absorção é baixa devido à presença de compostos antinutricionais como o ácido fítico e os oxalatos (Oliete & Pallarés, 2007).

### **1.2.6 Fitoquímicos**

O feijão contém fitoquímicos relevantes com propriedades antioxidantes que inibem a formação de radicais livres resultantes da degradação natural dos alimentos (Beninger & Hosfield, 2003).

Ao nível dos compostos fenólicos, apresenta uma grande diversidade, incluindo antocianinas, flavonóis, proantocianinas, taninos, glicosídeos assim como inúmeros ácidos fenólicos (Beninger & Hosfield, 2003). O nível de compostos fenólicos depende da genética e de factores ambientais (Beninger & Hosfield, 2003; Choung et al., 2003).

Os compostos fenólicos presentes na casca dos feijões comuns têm uma capacidade antioxidante significativa quando comparados com os antioxidantes comerciais que são adicionados aos alimentos (Beninger & Hosfield, 2003). As antocianinas em particular, têm sido alvo de muita atenção ao promoverem a atividade antioxidante e captarem radicais livres, podendo ter um papel relevante na prevenção de doenças degenerativas, como as doenças coronárias, cancro e doença de Alzheimer (Choung et al., 2003).

A maior parte dos compostos fenólicos do feijão encontram-se na camada exterior, sendo responsáveis pela sua coloração. As antocianinas encontram-se apenas no feijão preto e azul-violeta enquanto as proantocianinas existem em quase todas as variedades. A variação de cor é especialmente grande nos feijões de cor escura. As cores da casca do feijão têm vindo a ser estudadas como potenciais fontes de corantes naturais (Choung et al., 2003).

### **1.2.7 Compostos antinutricionais**

Os compostos antinutricionais podem ser apontados como um dos fatores que condiciona o consumo de leguminosas já que produzem efeitos indesejados. Os compostos antinutricionais são substâncias bioativas que podem ser classificados em diferentes tipos: inibidores de enzimas (como os taninos e os inibidores de tripsina) (Mondor et al., 2009), lectinas, fitatos e oxalatos, compostos fenólicos e saponinas. A sua resistência ao tratamento térmico é variável, podendo ser considerados termolábeis, como os inibidores de enzimas (proteases e amilases), as lectinas, os glucosídeos cianógenos, os factores antivitaminicos e os taninos condensados, ou termoestáveis, como os alcalóides, aminoácidos tóxicos, glucosídios de pirimidina, saponinas, flavonas e isoflavonas (Oliete & Pallarés, 2007).

Outra das razões para o baixo consumo de leguminosas é a presença de oligossacáridos, nomeadamente aqueles da família da rafinose. A degradação deste tipo de oligossacáridos ocorre apenas no intestino grosso onde são fermentados por bactérias que libertam hidrogénio e metano, causando flatulência (Wang et al., 2003).

A presença de compostos antinutricionais pode no entanto ser diminuída ou eliminada através do processamento. Se os compostos antinutricionais termolábeis podem ser eliminados com a cozedura, alguns termoestáveis podem ser eliminados por outros métodos inerentes ao processamento, como é o caso dos alcalóides que, ao serem solúveis em água são removidos pela hidratação anterior à cozedura (Oliete & Pallarés, 2007).

Segundo Khattab e Arntfield (2009), num estudo sobre o efeito do processamento nos compostos antinutricionais de leguminosas, o conteúdo de taninos, ácido fítico, inibidor de tripsina e oligossacáridos, diminuiu ligeiramente durante a hidratação, e posterior tratamento térmico. Os tratamentos térmicos mais eficazes na redução dos compostos antinutricionais do feijão comum foram a autoclavagem seguida da cozedura. Outros tipos de processamento como a torrefação, a cozedura por micro ondas, a fermentação e a micronização não foram tão eficazes (Khattab & Arntfield, 2009).

## **1.3 Tipos de processamento**

### **1.3.1 Cozedura**

A cozedura é geralmente associada ao aumento da digestibilidade das proteínas do feijão, por outro lado, muitos dos macro e micronutrientes, especialmente vitaminas e minerais são perdidos durante o processo. Perdas proteicas também têm sido descritas durante diferentes processamentos no feijão, como na operação de demolha, que leva à lixiviação de alguns compostos (Rehmar et al., 2001). Segundo Rehmar et al (2001) maiores tempos, temperaturas e adição de bicarbonato de sódio na hidratação pré cozedura do feijão levam a uma perda maior de amido. No processo de cozedura tradicional ocorrem maiores perdas quando em comparação com a cozedura a alta pressão, o que leva a uma mais rápida digestão *in vitro* (Rehmar et al., 2001).

### **1.3.2 Cozedura a alta pressão**

O método de cozedura em panela de pressão é utilizado para reduzir o tempo de confecção graças ao vapor de alta temperatura gerado pelo aumento de pressão. Este processo permite conservar vitaminas nos alimentos, cor e inibe a contaminação microbiológica (Rocca-Poliméni et al., 2011).

Numa primeira fase, a panela de pressão contém água, alimentos e ar frio. Durante o período inicial esta é aquecida por condução através da base, a pressão cresce devido ao aumento da temperatura e do vapor de água. Quando a pressão atinge um determinado valor a válvula abre-se e a pressão começa a ser regulada por esta, que liberta o vapor à medida que este é produzido. O vapor de água condensa-se na superfície dos alimentos até que se abra a válvula que permite a descompressão. Neste processo de cozedura ocorrem simultaneamente diferentes processos, tais como a condução, a convecção livre, a evaporação, a fervura, a condensação, etc (Rocca-Poliméni et al., 2011).

### 1.3.3 Cozedura a baixa pressão

#### 1.3.3.1 *Sous-vide tradicional*

A expressão francesa *sous-vide*, que pode ser traduzida por “sob vácuo”, determina uma forma de processar alimentos relativamente recente. As aplicações culinárias deste processo consistem fundamentalmente na cocção a baixas temperaturas e na impregnação. O sistema de *sous vide* consiste na colocação do alimento num recipiente hermeticamente fechado, resistente ao calor, em condições de baixa pressão. Além da ausência de oxigénio, na cozedura a vácuo intervém outros factores como a relação tempo/temperatura e a utilização de um recipiente hermético (Roca & Brugués, 2007).

As condições do sistema permitem cozer alimentos a temperaturas baixas durante um período alargado de tempo, o que possibilita atingir a temperatura ótima no centro do alimento, melhorando as características organoléticas e diminuindo as perdas nutricionais; por outro lado, o facto de o alimento se encontrar a uma pressão mais baixa que a atmosférica permite a troca de matéria entre o interior e o exterior do alimento possibilitando a impregnação de aromas e nutrientes sem no entanto alterar significativamente a estrutura do alimento (Zhao & Xie, 2004; Roca & Brugués, 2007).

*Sous-vide* pode aplicar-se a alimentos crus ou elaborados, contudo implica sempre uma alteração da pressão atmosférica no interior da embalagem, o que tem também as suas implicações noutros processos (Roca & Brugués, 2007).

Outro dos objectivos desta técnica é impedir o crescimento de alguns microrganismos ou impedir processos oxidativos no alimento embalado, sendo que um dos principais motivos da sua utilização em restauração é a possibilidade de prolongar o tempo de vida útil de um alimento (Roca & Brugués, 2007). Este método de conservação é no entanto diferente do das conservas comuns onde é aplicado um tratamento intensivo para destruir microrganismos patogénicos. No método de conservação a vácuo os microrganismos aeróbios são impedidos de se desenvolver, e são normalmente estes que causam alterações no alimento. A multiplicação de microrganismos anaeróbios é no entanto possibilitada pelo que continua a ser uma prática com alguns riscos e que necessita de boas práticas de manipulação e higiene (Roca & Brugués, 2007).

Durante muito tempo a técnica *sous vide* foi apenas utilizada para conservar alimentos. Em 1974, o chef francês George Pralus, tentou cozer uma terrina de foie gras e percebeu que com esta envolta em plástico melhorava as qualidades organolepticas e as perdas no produto eram reduzidas (Roca & Brugués, 2007).

Existem dois grandes tipos de cozinha a vácuo: as cozeduras indiretas, adequadas a produtos mais rijos e com resultados que permitem conservar o alimento de 6 a 21 dias e a as cozeduras imediatas, ideais para produtos delicados que requerem temperaturas muito suaves, tempos mais curtos e que estão destinados a consumo imediato (Roca & Brugués, 2007).

Na cozedura indireta trabalha-se a temperaturas baixas (> 65°C). A estas temperaturas, a atuação sobre o colagénio e as albuminas é suave e permite a preservação da textura das carnes, já que a partir dos 70-75°C ocorre a transformação do colagénio em gelatina e a carne começa a desidratar, ocorrendo um progressivo endurecimento (McGee, 2004; Roca & Brugués, 2007).

Do ponto de vista culinário as vantagens da cozedura a vácuo traduzem-se na ausência de reações oxidativas e de rancificação, pontos de cozedura mais adequados ao interior do produto, a preservação das qualidades organolépticas (pela conservação das substâncias voláteis) e a preservação da humidade e peso do produto, o que diminui as perdas. Às temperaturas exercidas os nutrientes são também preservados (assim como os antinutrientes).

Além das vantagens culinárias, o *sous vide* é muito vantajoso ao nível do planeamento na restauração, já que simplifica e agiliza o serviço e permite planear o trabalho de maneira mais eficiente e é uma técnica muito higiénica e produtiva (Roca & Brugués, 2007).

### **1.3.3.2 *Sous-vide no equipamento Gastrovac***

A Gastrovac é um equipamento compacto, de uso profissional, composto por uma panela (semelhante a uma panela de pressão) ligada a uma bomba de vácuo, com aquecimento e controlo de temperatura, criado pela Universidad Politecnica de

Valencia, em parceria com os restaurantes La sucursal e El Rodat. O seu funcionamento baseia-se na criação de uma atmosfera artificial de baixa pressão e ausência de oxigénio em que se cozinham os alimentos. Nestas condições, reduzem-se consideravelmente as temperaturas de cozedura e fritura, mantendo assim a textura, a cor e os nutrientes originais (Mans & Castells, 2011; Garcia & Malva, 2015).

Devido à bomba de vácuo, é possível cozinhar na Gastrovac em vácuo contínuo, o que possibilita confecionar o alimento imerso, a temperaturas inferiores às da ebulição da água. O aparelho permite trabalhar a 20% da pressão atmosférica e, por isso, possibilita cozeduras a 60°C e frituras a 90°C (Mans & Castells, 2011).

Além destas operações, é possível com este equipamento impregnar alimentos com um líquido, ou seja, a ocupação do espaço vazio que naturalmente existe nos alimentos (que têm uma estrutura porosa) por um líquido. A impregnação ocorre quando, ao submeter o alimento a vácuo, a maior parte do ar nele contido é retirada; ao voltar a pressurizar o sistema, o líquido de impregnação preenche os poros abertos anteriormente, criando o chamado “efeito esponja” (Mohamad, 2008; Mans & Castells, 2011).

A Gastrovac tem sido analisada como forma de impregnação a vácuo para a salga de queijos, peixe e carne, pois dessa forma consegue-se um tratamento mais uniforme e menos agressivo. Também está a ser estudado o seu uso na crioproteção de frutas através da impregnação de solutos crioprotetores e desidratação parcial, de modo a baixar a sua temperatura de congelação. Além disso, com este equipamento podem ser desenvolvidos alimentos funcionais, como alimentos enriquecidos (Garcia & Malva, 2015).

No processo de impregnação é fundamental que a textura seja mantida, sem que haja perda de firmeza do produto – normalmente isso ocorre devido a uma desidratação que leva à perda de firmeza, o que não acontece no caso da utilização da impregnação a vácuo já que esta ocorre à temperatura ambiente (Mohamad, 2008).

## **1.4 Implicações do processamento na qualidade nutricional e organolética**

O processamento das leguminosas aumenta a digestibilidade, as qualidades organoléticas e a sua biodisponibilidade nutricional. O descasque e a separação do grão dão ao produto um melhor perfil sensorial e melhor aceitabilidade, além de diminuir o tempo de cozedura (Bressani & Elfes, 1980). Demolhar é um passo prévio comum a quase todos os métodos de preparação de leguminosas antes de cozer, ajudando a diminuir o tempo de cozedura bem como a remoção de taninos (Tharanathan & Mahadevamma, 2003).

### **1.4.1 Glícidos**

Tanto o conteúdo como a qualidade nutricional dos glícidos do feijão podem ser alterados durante o processamento, nomeadamente por condições inerentes ao mesmo, tais como a humidade, a temperatura e o tempo de duração do tratamento (Mahasukhonthachat et al., 2010; Pelgrom et al., 2013).

O processamento de leguminosas afeta a distribuição de tamanho de partículas, o que pode ter repercussão no conteúdo de proteínas e de amido, na digestibilidade, na reologia bem como outras propriedades térmicas e funcionais das farinhas e produtos finais (Mahasukhonthachat et al., 2010; Tinus et al., 2012; Patto et al., 2015).

#### **1.4.1.1 Propriedades térmicas**

##### **1.4.1.1.1 Melting**

Os grânulos de amido são parcialmente cristalinos e, a determinada temperatura, as regiões amorfas são transformadas do estado vítreo a uma textura *borrachosa* e móvel. Ocorre então uma perda de ordem do padrão cristalino do amido sem que no entanto os grânulos percam a forma. Na ausência de água, esta transformação, é denominada de melting, no entanto, na presença de excesso de água ocorre a gelatinização do amido (Annison & Topping, 1994; Jacobs & Delcour, 1998).

#### 1.4.1.1.2 Gelatinização

A gelatinização é um processo irreversível que ocorre quando os grãos de amido são expostos a uma determinada temperatura. Além do desaparecimento das regiões cristalinas, devido à presença de água, os grânulos incham ao absorvê-la, podendo ocorrer lixiviamento de amilose ou amilopectina dos grânulos (Jacobs & Delcour, 1998; Nugent, 2005).

A gelatinização, a 60-70°C, envolve a ruptura do padrão tipo C, a perda de birrefringência e formação de uma estrutura. À medida que a temperatura aumenta (>85°C) a estrutura granular é destruída e o amido fragmenta-se afetando as propriedades reológicas da suspensão (Jacobs & Delcour, 1998; Patto et al., 2015). Esta ruptura estrutural aumenta a disponibilidade do amido para a digestão enzimática, contudo, os amidos tipo C são instáveis e depois de arrefecidos voltam a formar cristais e ficam resistentes à hidrólise pela amilase (Nugent, 2005; Mahasukhonthachat et al., 2010).

A composição do amido afeta a resposta ao aquecimento a diferentes níveis de humidade. Nas leguminosas com alto teor de amilose os grânulos incham mais lentamente que as com alto teor de amilopectina (Patto et al., 2015).

#### 1.4.1.1.3 Retrogradação

Quando o amido gelatinizado é exposto a temperaturas baixas ou moderadas, na presença de humidade, os grânulos associam-se numa estrutura ordenada, num processo denominado retrogradação (Jacobs & Delcour, 1998; Patto et al., 2015). Este processo leva à formação de uma estrutura que pode ser descrita como um composto de grãos gelatinizados deformáveis, enriquecidos com amilopectina recristalizada que se encontram incorporados numa matriz contínua de amilose, reforçando-a, diminuindo a digestibilidade do amido (Jacobs & Delcour, 1998). Na ausência de água o arrefecimento lento do amido gelatinizado favorece a cristalização tipo A, enquanto o arrefecimento lento em excesso de água favorece a cristalização tipo B (Topping & Clifton, 2001). Geralmente os amidos ricos em amilose são mais suscetíveis à retrogradação e, por isso, mais resistentes à digestão (Nugent, 2005).

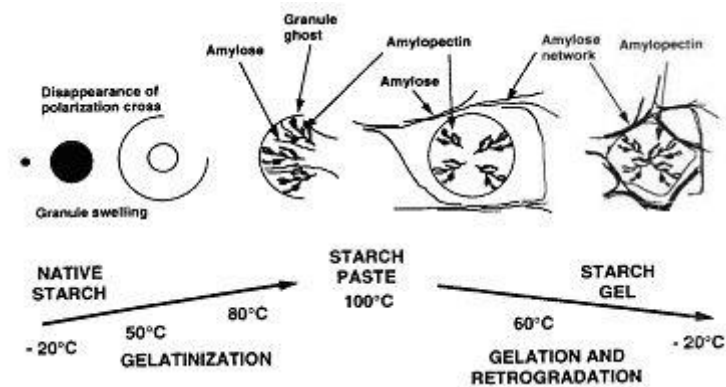


Figura 3 – Influência do processamento hidrotérmico nas características físicas do amido. Fonte: (Brummer et al., 2015)

#### 1.4.1.2 Efeitos do processamento no amido resistente

As condições de processamento podem afetar o conteúdo de AR pela influência da gelatinização e retrogradação, afetando por isso a formação de amido resistente. É possível aumentar o conteúdo de AR em alimentos através da modificação de condições de processamento como pH, o calor e o tempo, bem como os ciclos de aquecimento e arrefecimento e congelação e secagem, no entanto essa influência depende da estrutura cristalina do amido, já que no tipo A, como é menos estável do que no tipo C, pode ocorrer a sua ruptura (Sajilata et al., 2006). As leguminosas cozinhadas tendem a retrogradar mais rápido devido ao alto conteúdo de amilose, tornando assim a digestão mais lenta; isto pode também levar a um maior conteúdo de AR (Tharanathan & Mahadevamma, 2003).

O processamento hidrotérmico pode aumentar ou diminuir o AR, dependendo da variedade da leguminosa (Giczewska & Borowska, 2004). Os tipos nativos de amido resistente são muitas vezes destruídos no processamento, que geralmente envolve hidrólise ácida parcial e tratamentos hidrotérmicos, aquecimento, retrogradação, cozedura por extrusão, modificação química e repolimerização (Charalampopoulos et al., 2002). No entanto, é também através do processamento que o conteúdo de AR pode ser incrementado, alterando algumas variáveis do processamento, por exemplo o pH, a quantidade de humidade, a temperatura, a duração do processamento, os ciclos de aquecimento/arrefecimento. Em determinadas condições o conteúdo de amido resistente pode chegar aos 40% (Tharanathan, 2002; Tharanathan & Mahadevamma, 2003).

### **1.4.2 Proteína**

Processamentos como o descasque, a moagem, a cozedura, o demolho, a germinação ou a precipitação isoeletrica podem aparentemente aumentar conteúdo proteico das leguminosas (Khattab & Arntfield, 2009; Mondor et al., 2009; Wang et al., 2009).

O descasque é um processo que é muitas vezes utilizado para diminuir o tempo de cozedura e aumentar a qualidade organoléptica. A sua implicação no conteúdo proteico e composição em aminoácidos é pouco significativa, sendo mesmo benéfico ao facilitar a digestibilidade da proteína através da remoção de taninos que se encontram na película exterior (Bressani & Elfes, 1980).

O aquecimento, na generalidade, aumenta a qualidade nutricional da proteína das leguminosas pela inativação da tripsina e das hemaglutininas, aumentando a sua digestibilidade e valor biológico (Aguilera et al., 2009).

O processamento térmico pode levar à desnaturação e maior desenrolamento das proteínas, o que expõe as cadeias laterais, aumenta a flexibilidade e digestibilidade, bem como à ocorrência de ligações proteína-amido promovendo a agregação e a insolubilidade, o que pode ter implicações ao nível nutricional e funcional, já que as proteínas insolúveis são digeridas mais lentamente e de uma forma menos fácil (Kaur & Singh, 2007; Gilani et al., 2012; Pelgrom et al., 2013). No entanto, o calor excessivo pode limitar a digestão das proteínas e a disponibilidade de aminoácidos (Aguilera et al., 2009).

### **1.4.3 Fibra**

Durante o processamento ocorrem modificações na fibra solúvel e insolúvel que promovem mudanças na estrutura e estado do material da parede celular da planta (Aguilera et al., 2009; Tosh & Yada, 2010). O processamento térmico resulta num aumento da fibra solúvel e numa diminuição da insolúvel já que as hemiceluloses e a pectina se solubilizam, ocorrendo amolecimento dos tecidos vegetais (Kutos et al., 2003).

## 2 Materiais e métodos

### 2.1 Feijão inteiro

Foram selecionadas 3 variedades de feijão tipicamente portuguesas, encontradas à venda em mercados tradicionais. As variedades selecionadas, Moleiro, Tarrestre e Patalar, são representativas da diversidade existente no país ao nível do feijão, pela sua morfologia, ao mesmo tempo que representam cultivares autóctones.



Figura 4 – Variedades utilizadas (Moleiro, Patalar e Tarrestre)

#### 2.1.1.1 *Feijão Moleiro*

O feijão moleiro apresenta um tamanho pequeno e uma coloração uniforme e amarelada.

#### 2.1.1.2 *Feijão Patalar*

O feijão Patalar apresenta um tamanho relativamente grande e forma achatada. A coloração é branca e uniforme. A amostra utilizada foi obtida na zona da Malveira, no concelho de Mafra.

#### 2.1.1.3 *Feijão Tarrestre*

O feijão Tarrestre apresenta um grão pequeno com cores que variam desde o castanho escuro ao branco. É cultivado nas serras da Peneda e do Soajo (Nature 4, 2015).

## **2.2 Análises no feijão inteiro**

### **2.2.1 Análise da cor**

As determinações foram efectuadas no colorímetro Konica Minolta CR300 previamente calibrado utilizando o padrão branco conforme as instruções do fabricante.

### **2.2.2 Biometria**

Foram digitalizadas imagens de 36 grãos de cada amostra de feijão juntamente com papel milimétrico. Foram determinadas as dimensões com recurso ao software de imagem Scion Image.

### **2.2.3 Capacidade de hidratação e percentagem de grãos não hidratados**

A capacidade de hidratação e percentagem de grãos não hidratados foram determinados pelo método AACC 56-35.01. A capacidade de hidratação dos grãos de leguminosas é definida como a quantidade de água que os grãos inteiros absorvem depois de serem demolidas em excesso de água por 16h à temperatura ambiente. Os grãos não hidratados no processo são contabilizados. Os grãos de feijão (100) foram hidratados durante 16h em água destilada (1:3 g/g) à temperatura ambiente, escorridos e pesados e contados os grãos não hidratados. Os resultados foram expressos em percentagem de peso ganho após a demolha e em percentagem de grãos não hidratados.

### **2.2.4 Tempo de cozedura**

Os ensaios foram efetuados num aparelho *Mattson Cooker* adaptado com 32 pinos de 98g. O aparelho *Mattson Cooker* (Figura 5) consiste num recipiente para cozedura e num sistema de hastes verticais ligadas a um computador. Os grãos de leguminosas são colocados sob cada haste, depois de hidratados. O sistema é colocado no recipiente com água em ebulição. O tempo de queda de cada haste é registado automaticamente num software próprio. O tempo de cozedura é determinado à queda do 23º pino (Ribeiro et al., 2007).



Figura 5 – *Mattson Cooker*

## 2.2.5 Ensaio de cozedura

Foram efectuados ensaios prévios de cozedura nas amostras de feijão da variedade Moleiro e Patalar.

As amostras foram hidratadas durante 16h à temperatura ambiente em água destilada (1:3 v/v) em tomas de 50g.

### 2.2.5.1.1 Cozedura comum:

As amostras (50g) hidratadas foram cozidas em 800 mL de água destilada a 95°C durante 75 minutos.

### 2.2.5.1.2 Cozedura a alta pressão:

As amostras (50g) hidratadas foram cozidas numa panela de pressão (Silampos, 4.5L de capacidade) com 750ml de água destilada. Foram feitos testes de 10, 12 e 14 minutos. Verificou-se que o tempo de cozedura óptimo foi de 12 minutos.

#### 2.2.5.1.3 Cozedura a baixa pressão:

As amostras (50g) foram cozidas no equipamento Gastrovac em 2 L de água destilada. Foram testadas temperaturas de 65, 70, 75 e 80°C durante 24h. Verificou-se que a temperatura ideal de cozedura foi de 80°C.

As amostras obtidas após processamento foram congeladas a -20°C para conservação. Parte das mesmas amostras foram transformadas em farinha por liofilização e moagem e conservadas a 5°C até análise.

### 2.3 Análises nas farinhas de feijão

As amostras, em semente seca, foram adquiridas em mercados locais e conservadas a 5°C até à análise. No caso das farinhas integrais, estas foram obtidas a partir de moagem num moinho Falling number 3100 mill (Perten Sweeden) e passados por um crivo de 0.8mm. As farinhas foram conservadas a 5°C até à análise. Todas as análises foram realizadas em triplicado.

#### 2.3.1 Tocoferóis

Os tocoferóis ( $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ), foram separados por HPLC (Cromatografia líquida de alta pressão). O extrato foi preparado segundo uma modificação do método de Holse et al. (2010). A farinha integral de feijão foi extraída com hexano (1g/30 mL) através da colocação do extrato num banho ultrassónico por 10 min seguido de centrifugação a 3000rpm por 5 min. O sobrenadante foi evaporado e dissolvido em 1500  $\mu$ L de heptano. A quantificação dos tocoferóis foi realizada de acordo com a norma ISO 9936:2006 num modelo Agilent com detetor de fluorescência (FLD) e uma coluna Diol (LiChropher 100, 250 x 4 mm) com uma fase móvel de n-heptano:t-butil metil éter (93:7 L/L), com fluxo de 1 mL/min. Foram usados padrões de tocoferóis  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ . Os resultados foram expressos em  $\mu$ g/g de matéria seca.

### **2.3.2 Proteína e gordura**

As determinações foram feitas por NIR (Near-infrared spectroscopy) nas farinhas inteiras de feijão cru e processado e expressas em percentagem em matéria seca.

### **2.3.3 Amido resistente**

A determinação do amido resistente foi feita com base no método AOAC 2002.02. Neste método, o amido não resistente é solubilizado e hidrolisado a glucose com uma solução de  $\alpha$ - amilase pancreática e de amiloglicosidade por 16h a 37°C. Adiciona-se etanol e o amido resistente é recuperado por centrifugação. O amido resistente é dissolvido em KOH com agitação num banho de gelo. A solução é depois neutralizada com um tampão acetato de sódio e o amido é hidrolisado a glucose com a enzima amiloglicosidase. A glucose é determinada através da adição de um reagente oxidase-peroxidase (GOPOD) cuja absorvância é lida por espectrofotometria.

### **2.3.4 Viscosidade**

As propriedades de viscosidade das farinhas e dos amidos foram determinadas no Rapid Visco-Analyser (RVA-4, Newport Scientific, Warriewood, Australia) de acordo com o método AACC 76-21. As viscosidades do pico, mínima e máxima são obtidas através de uma curva que resulta de um ciclo de aquecimento, arrefecimento e agitação de uma suspensão de farinha em água. Durante a análise ocorre a hidratação, gelatinização e retrogradação do amido. A análise foi efectuada em 3g de farinha em 25mL de água destilada. As amostras foram mantidas a 50°C por 1 min, aquecidas a 12°C/min a 95°C, mantidas a 95°C durante 2.5min, arrefecidas a 12°C/min a 50°C por 3 min. A determinação foi realizada à velocidade de 960 rpm nos primeiros 10s e depois a 160 rpm. Os valores das viscosidades foram expressos em cP.

## **2.4 Análises nos grãos após processamento**

### **2.4.1 Integridade do grão**

A integridade do grão foi determinada pela contagem de grãos partidos ou abertos em 100 grãos submetidos a tratamento térmico.

### **2.4.2 Força à compressão**

As análises reológicas foram efectuadas num texturómetro *TA-HDi Texture Analyser Stable Micro Systems* segundo o método AACC 56-36.01, que determina a firmeza dos grãos de leguminosas. A firmeza dos grãos cozidos é definida pela força máxima requerida para comprimir os grãos e é expressa como a força máxima por grama de amostra cozida (N/g).

Foi utilizada uma célula Kramer Shear Cell de 10 dentes. Os ensaios foram realizados com uma velocidade constante de 1.5 mm/s, e uma velocidade pré e pos-teste de 10 mm/s. De cada amostra foram utilizadas 150g de feijão cozido para realizar o teste

## **2.5 Análises no amido de feijão**

### **2.5.1 Extração do amido**

O amido foi isolado a partir das farinhas integrais utilizando o método de Piecyk et al. (2012) com algumas modificações.

Foi adicionado 1L de água destilada a 100g de farinha. A mistura foi agitada num agitador por 30min, passada por um crivo de 150  $\mu\text{m}$  e centrifugada a 5000rpm durante 5min. O sobrenadante foi descartado e o resíduo foi lavado e centrifugado durante 5 minutos. O procedimento foi repetido duas vezes. O sobrenadante foi descartado e o resíduo foi diluído em 500ml de uma solução de NaOH (0.05M) e deixado repousar durante 60 minutos antes de ser centrifugado. O sobrenadante foi descartado e o resíduo foi lavado com água e centrifugado duas vezes. O tubo contendo o resíduo e sobrenadante foi deixado a repousar durante 16h a 5°C.

O resíduo foi lavado e centrifugado duas vezes e passado por um crivo de 90  $\mu\text{m}$ . A solução restante foi neutralizada com uma solução de HCl (0.1M) e novamente centrifugada. O resíduo foi seco numa estufa a 40°C durante a noite e moído manualmente com um almofariz, passado por um crivo de 90  $\mu\text{m}$  e recolhido.

### **2.5.2 Determinação da amilose e temperatura de gelatinização**

A temperatura de gelatinização no amido foi determinada através de DSC (calorimetria de varrimento diferencial) utilizando um calorímetro TA instrument Q200 e seguindo o método de Sievert e Holm (1993). As farinhas foram aquecidas na presença de L- $\alpha$ -lisofosfatidilcolina (LPC), arrefecidas e reaquecidas até ao ponto de derretimento dos complexos amilose-LPC. As amostras foram preparadas com uma solução de LPC (30g/L) adicionada à farinha numa proporção de 1:5 (g/g) e estabilizadas à temperatura ambiente durante 15min. A análise em DSC foi efectuada em cápsulas de alumínio herméticas, utilizando uma cápsula vazia como referencia. As amostras foram aquecidas dos 30°C aos 140°C a uma taxa de 20°C/min, arrefecidas até 4°C a uma taxa de 20°C/min e reaquecidas a uma taxa de 20°C/min. As temperaturas da primeira fase de aquecimento foram descritas como onset ( $T_o$ ), peak ( $T_p$ ) e conclusão ( $T_c$ ). A mudança de entalpia ( $\Delta H$ ) é expressa em J/g e é observada durante a fase de aquecimento, relacionando-se com a presença de complexos de amilose-LPC presentes na amostra. O conteúdo de amilose é expresso em percentagem da massa total e foi obtida através dos resultados de entalpia obtidos numa curva de calibração preparada usando misturas de amilose de batata e amilopectina (Sigma Aldrich Co. St. Louis, USA).

### **2.6 Análise estatística**

A análise estatística foi efectuada no programa IBM SPSS Statistics 20. Foram utilizados os testes two-way ANOVA, o teste de Duncan e o coeficiente de correlação de Pearson, com  $p < 0.05$ .

### 3 Resultados e discussão

#### 3.1 Biometria e caracterização geral

Os resultados da biometria obtidos para os grãos das 3 variedades (Figura 6 e Tabela 3 – Aspectos biométricos das variedades de feijão estudadas. permitem classificar as variedades Moleiro e Tarrestre no grupo dos feijões pequenos e o Patalar no grupo de maior tamanho em concordância com as classificações estabelecidas (Matos et al., 2015).



Figura 6 – Variedades de feijão estudadas (antes do processamento). a) Feijão Moleiro b) Feijão Patalar c) Feijão Tarrestre

Tabela 3 – Aspectos biométricos das variedades de feijão estudadas.

	<b>MOLEIRO</b>	<b>PATALAR</b>	<b>TARRESTRE</b>
<b>Área (mm<sup>2</sup>)</b>	60,66 ± 7.3	150,41 ± 21.0	52,48 ± 7.5
<b>Perímetro (mm)</b>	30,91 ± 2.2	48,86 ± 3.6	29,61 ± 2.5
<b>Comprimento (mm)</b>	11,19 ± 0.8	18,19 ± 1.4	10,34 ± 0.8
<b>Largura (mm)</b>	6,87 ± 0.4	10,47 ± 0.7	6,43 ± 0.5
<b>Peso 100 grãos (g)</b>	26.73 ± 1.4	63.80 ± 1.2	18.00 ± 1.8

### 3.1.1 Capacidade de hidratação e grãos não hidratados

A capacidade de hidratação varia entre 95.9 e 120.7 mL/g após 16h de hidratação (Tabela 4). Este resultado aproxima-se dos valores encontrados por (Shimelis & Raskit, 2005) que variam de 126 a 228.3mL/g após 24h de hidratação.

Tabela 4 – Capacidade de hidratação (mL/g) e grãos não hidratados (%).

	Capacidade de hidratação (mL/g)	Grãos não hidratados (%)
<b>Tarrestre</b>	100.90 ± 2.40 <sup>b</sup>	12.50 ± 0.50 <sup>a</sup>
<b>Moleiro</b>	95.90 ± 3.30 <sup>a</sup>	8.00 ± 4.00 <sup>a</sup>
<b>Patalar</b>	120.70 ± 0.20 <sup>b</sup>	12.50 ± 3.50 <sup>a</sup>

Os valores com a mesma letra e na mesma coluna não têm resultados estatisticamente diferentes ( $p = 0.05$ ,  $n=9$ )

A absorção de água pode ser afetada tanto pela composição do cotilédone como a da casca, que é a maior barreira à absorção (Ross et al., 2010; Piergiovanni, 2011). Segundo Ross et al. (2010), compostos fenólicos como os taninos podem reduzir a absorção de água. Por outro lado, os lípidos que compõem a película podem também afetar a absorção já que formam uma barreira hidrofóbica (Ross et al., 2010). Apesar de haver indicações para a interferência dos lípidos, proteína e compostos fenólicos na absorção de água (Ross et al., 2010).

As diferenças de hidratação entre as variedades Tarrestre e Patalar e a variedade Moleiro estão estatisticamente relacionadas ( $p < 0.05$ ) com o seu teor proteico, no entanto não se verifica qualquer relação estatisticamente significativa com o conteúdo lipídico. Para a confirmação dessa relação são necessários estudos mais aprofundados.

### 3.1.2 Tempo de cozedura

Os valores dos tempos de cozedura para as variedades estudadas (Tabela 5) revelaram-se estatisticamente diferentes ( $p < 0.05$ ). Obtiveram-se tempos de cozedura de

aproximadamente 20 e 25 minutos, respetivamente, para as variedades Moleiro e Patalar, o que está de acordo com os valores encontrados por Shimelis & Raskit (2005) (19.5-41.7min). No feijão Tarrestre observou-se que após 120 minutos de cozedura a textura continuou firme, não permitindo a perfuração dos grãos pelas hastes do equipamento *Mattson Cooker*.

Tabela 5 – Tempo de cozedura médio para cada variedade estudada (min.)

<b>TEMPO DE COZEDURA (min)</b>	
<b>Moleiro</b>	20,40 ± 2.56 <sup>a</sup>
<b>Patalar</b>	25.71 ± 1:67 <sup>b</sup>
<b>Tarrestre</b>	>120 <sup>c</sup>

Os valores com a mesma letra não têm resultados estatisticamente diferentes (p = 0.05, n=3)

### 3.1.3 Integridade do grão

Como se pode verificar no Gráfico 2 e Figura 7, a cozedura normal apresenta maior percentagem de grãos partidos para todas as variedades estudadas, seguida da cozedura com pressão. A cozedura a baixa pressão apresenta percentagens mínimas de quebra dos grãos, nomeadamente nas variedades Tarrestre e Patalar.

Segundo Güzel & Sayar (2012), as leguminosas cozidas à pressão atmosférica apresentam uma maior percentagem de grãos partidos que as cozidas a alta pressão. Güzel & Sayar (2012), justificam esta diferença pelo maior tempo de cozedura à pressão atmosférica.

Contudo, os resultados obtidos indicam que ocorreu influência das 3 variáveis (tempo, temperatura e pressão) na integridade do grão após o processamento.

As diferenças de valores entre variedades podem dever-se à composição da casca, nomeadamente o seu conteúdo em minerais como o cálcio, o sódio e o ferro, que mantém a integridade da semente (Güzel & Sayar, 2012).

## GRÃOS DANIFICADOS DURANTE O PROCESSAMENTO

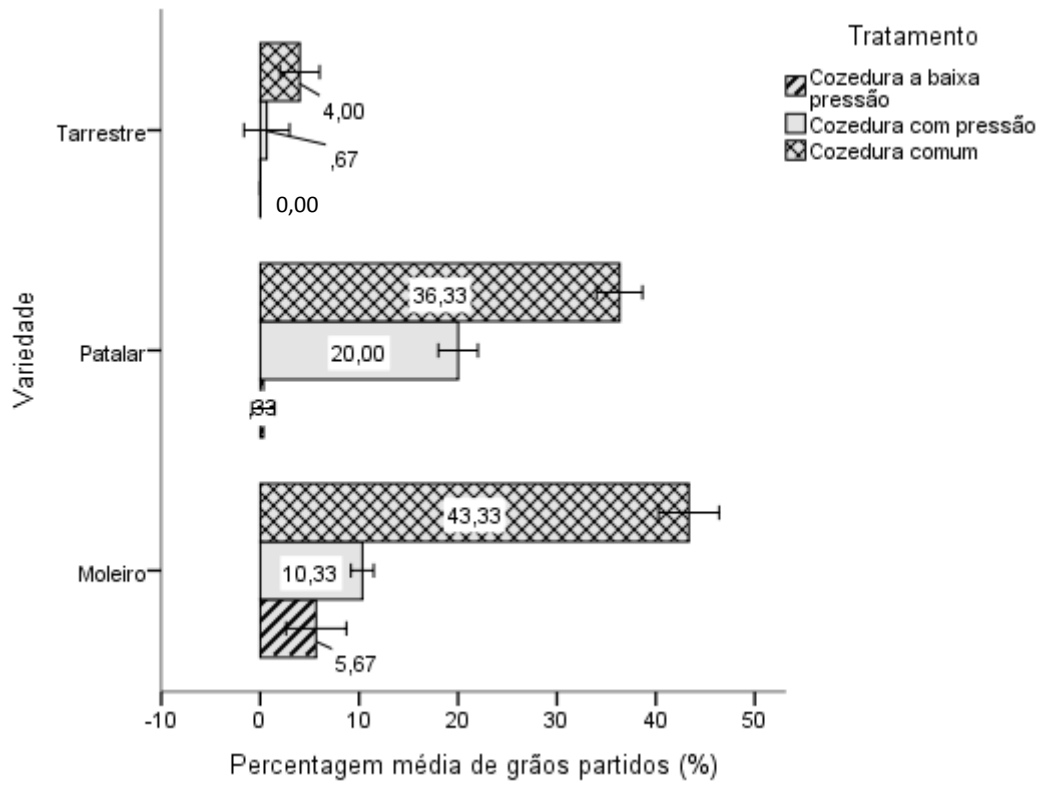


Gráfico 2 – Integridade dos grãos após processamento.

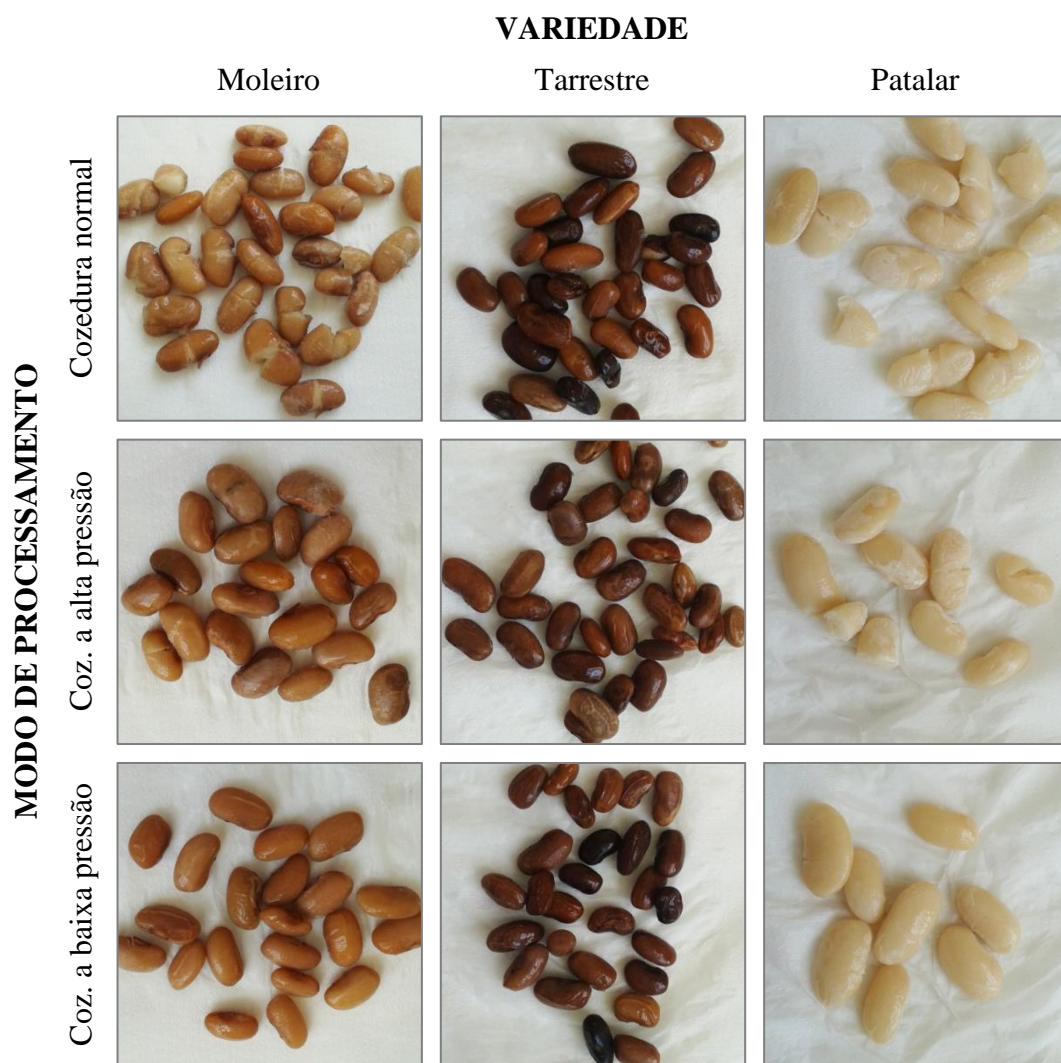


Figura 7 – Aspeto dos grãos de feijão após processamento.

## 3.2 Composição nutricional

### 3.2.1 Proteína e lípidos nas diferentes variedades

Foram determinados os valores de proteína e lípidos para as 3 variedades estudadas (Moleiro, Patalar e Tarrestre) em cru (nativo) e para os 3 tipos de processamento.

Os valores de proteína das variedades estudadas (24 a 28.6%) nas amostras nativas são similares aos encontrados por outros autores para o feijão comum, ou seja de 20% (Sarmiento, 2012).

Os valores de lípidos encontrados para as amostras cruas situam-se entre 1.9 e 2.4%, sendo semelhantes aos determinados por Dzudle & Hardy (1998) e Costa et al. (2006). A variação dos valores de gordura entre as diferentes variedades é menos significativa ( $p < 0.05$ ) que a dos valores de proteína.

### 3.2.2 Proteína

Os valores de proteína obtidos mostram um aumento do valor proteico (Gráfico 3) após o processamento. Wang et al. (2010) também relatam esse aumento e justificam-no com a perda de sólidos solúveis durante o processamento.

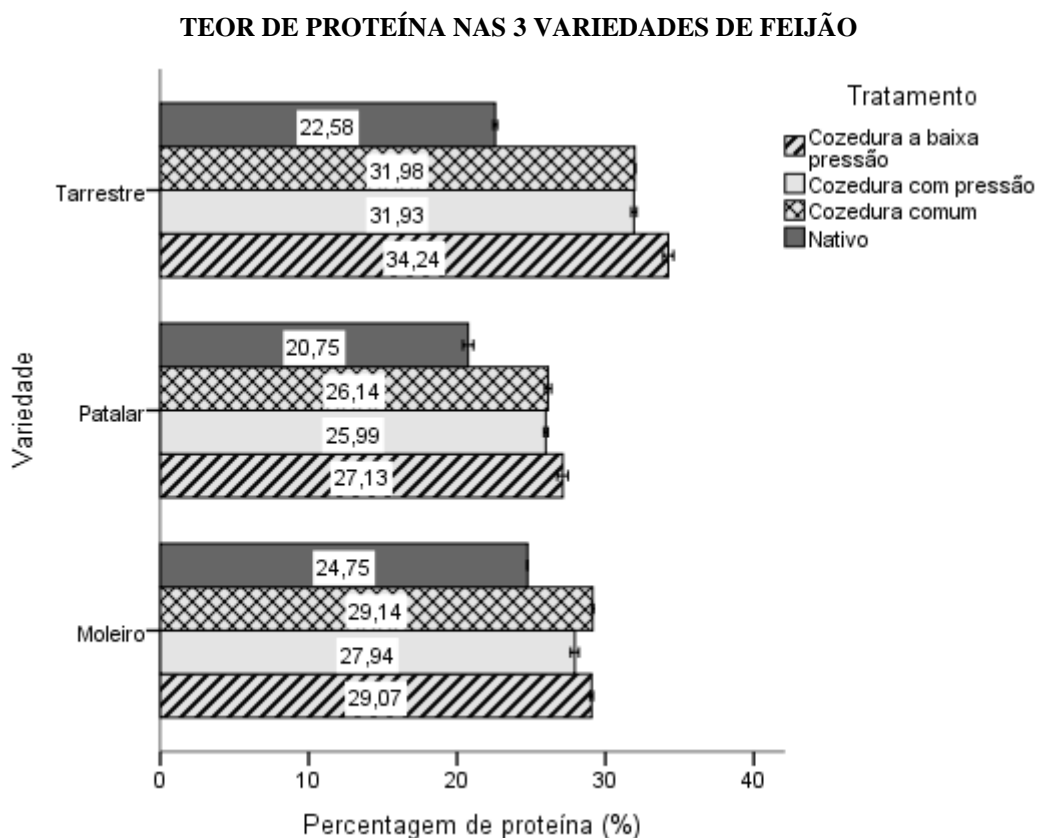


Gráfico 3 – Percentagem de proteína em base seca em cada processamento nas variedades estudadas.

### 3.2.3 Lípidos

Os valores de gordura aumentaram significativamente após a cozedura por qualquer dos métodos (Gráfico 4). Contudo, os valores desse ganho entre os diferentes métodos de cozedura não apresentam uma diferença estatisticamente significativa ( $p < 0.05$ ).

Wang et al. (2010) também verificaram um aumento de conteúdo lipídico no feijão após o processamento, tal como no caso do teor proteico, (ver 3.2.2) o que justificam com a perda de sólidos solúveis durante a cozedura, o que faz com que a concentração de gordura aumente.

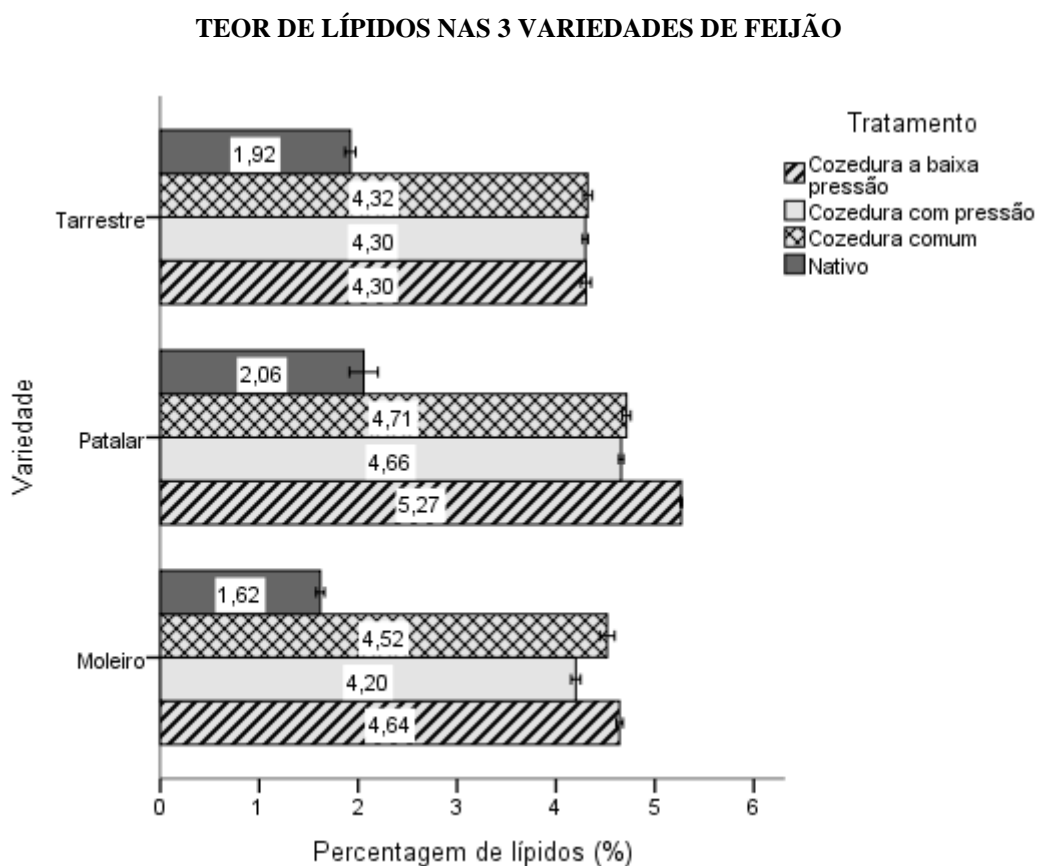


Gráfico 4 – Percentagem de lípidos em base seca em cada processamento nas variedades estudadas.

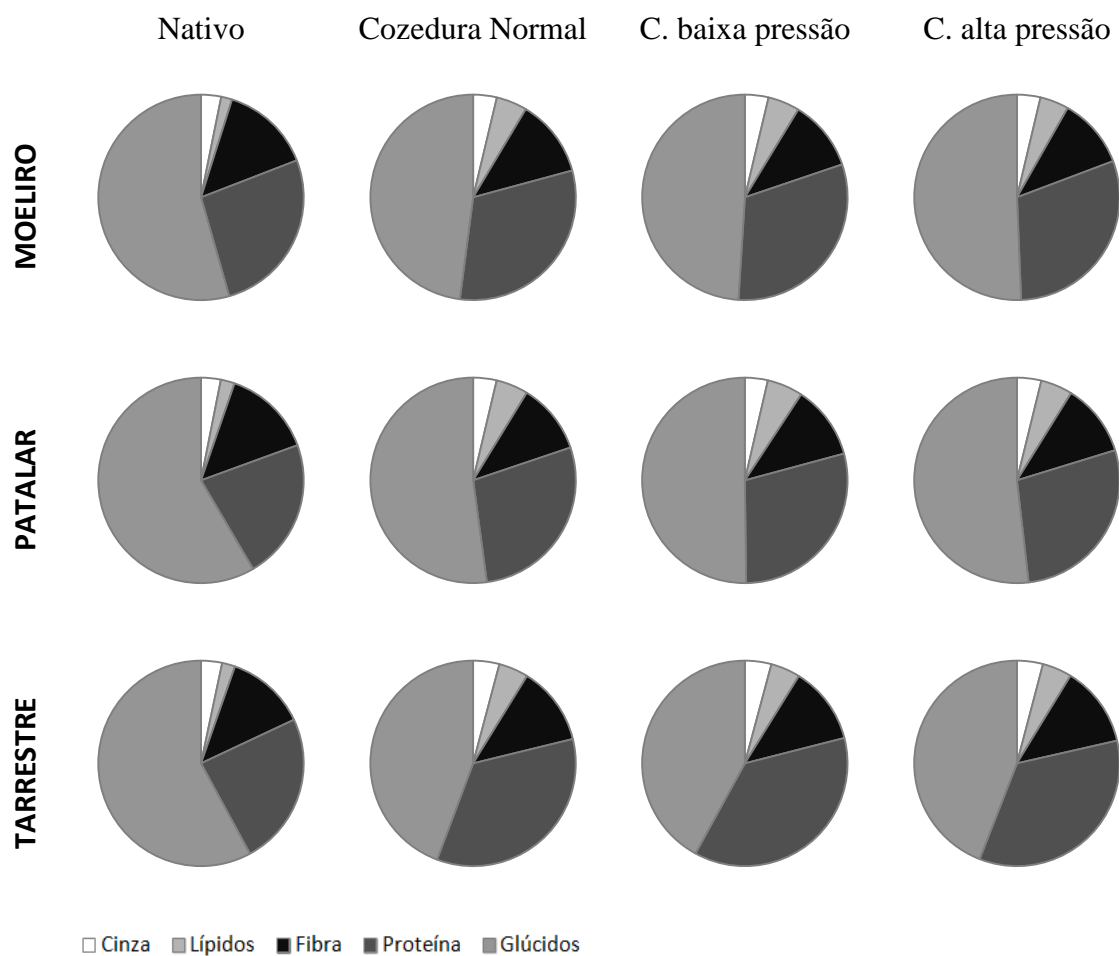


Figura 8 – Variação da composição nutricional das variedades de feijão antes e depois dos vários tipos de processamento.

Ao comparar os valores obtidos nos diferentes métodos de processamento, pode verificar-se uma diminuição da quantidade de glúcidos e um aumento dos restantes macronutrientes. Isto pode ser justificado com a lixiviação de compostos decorrente da cozedura (Sarmiento, 2012).

### 3.2.4 Amido resistente

No Gráfico 5 pode verificar-se que o conteúdo de amido resistente das variedades estudadas sofreu uma grande quebra após processamento. Entre os processamentos não se observaram diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

O conteúdo de amido resistente do feijão comum tem sido avaliado como sendo de 21 a 37% no feijão cru (Wang et al., 2010; García-Alonso et al., 1998) e 4 a 5% no feijão cozido (García-Alonso et al., 1998; Brummer et al., 2015). Wang et al. (2010) justifica esta perda com a diminuição dos inibidores de amílase durante aquecimento.

TEOR DE AMIDO RESISTENTE NAS 3 VARIEDADES DE FEIJÃO

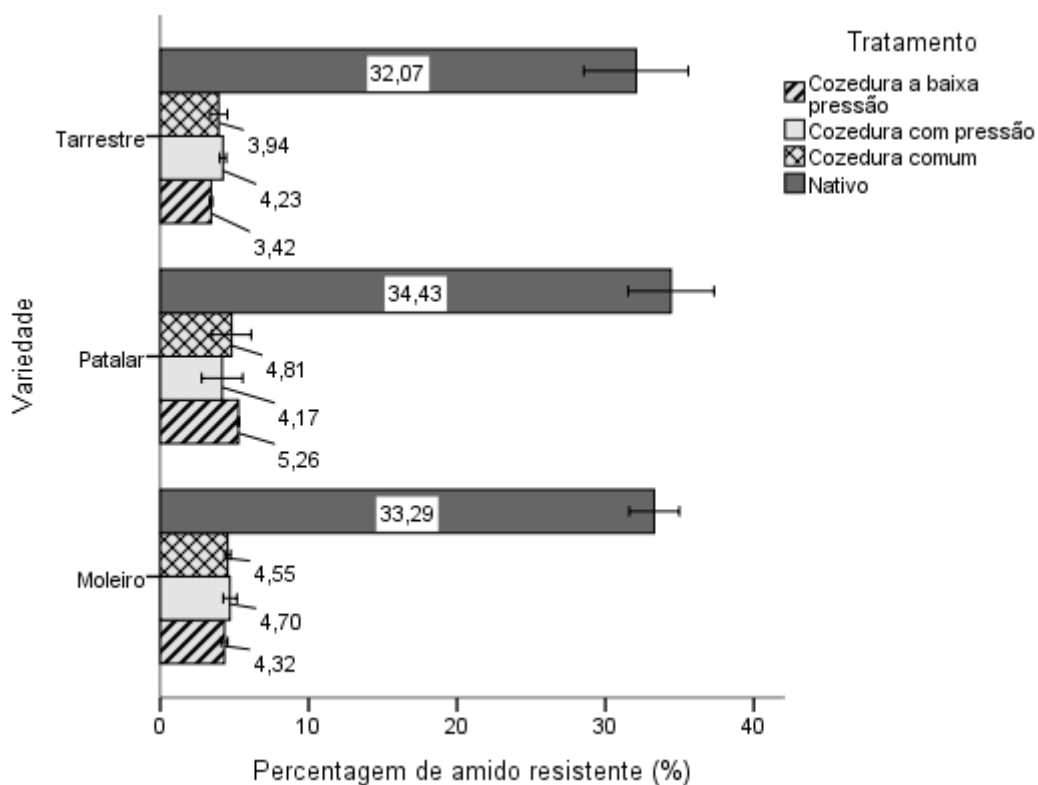


Gráfico 5 – Percentagem de amido resistente em base seca nas 3 variedades de feijão estudadas.

### 3.2.5 Tocoferóis

Os valores de  $\gamma$  e  $\delta$ -tocoferóis do feijão no estado nativo apresentam uma diferença estatisticamente significativa ( $p < 0.05$ ) em relação aos processados por cozedura normal e com pressão, no entanto os valores não diferem estatisticamente dos cozidos a baixa pressão (Tabela 6 e Tabela 7)

O feijão Tarrestre no estado nativo apresenta valores inferiores aos da literatura (2.01%) (USDA, 2015). Os valores de  $\delta$ -tocopherol são no entanto maiores que os encontrados na bibliografia. Estas diferenças de valores de tocoferóis nas variedades estudadas podem dever-se à diferente origem das variedades e condições de armazenamento.

Seybold et al. (2004), justificam o aumento de  $\alpha$ -tocoferóis no tomate depois de processado termicamente por um curto período de tempo, com a possibilidade de estes se libertarem de compostos onde se encontram ligados e se tornarem disponíveis. No mesmo estudo, os autores obtiveram valores inferiores de tocoferóis com o aumento do tempo de processamento, o que pode dever-se à degradação promovida pela temperatura durante um longo período de tempo (Seybold et al., 2004). Não foram identificados  $\alpha$ -tocoferóis nas variedades de feijão estudadas, mas verificou-se uma tendência semelhante para os  $\gamma$ -tocoferóis (Tabela 6).

Tabela 6 – Conteúdo de  $\gamma$ -tocoferóis ( $\mu\text{g/g}$ ) nas farinhas de feijão das variedades estudadas

	$\gamma$ -TOCOFERÓIS ( $\mu\text{g/g}$ )			
	Nativo	C. normal	C. alta pressão	C. baixa pressão
<b>Tarrestre</b>	$1.22 \pm 0.40^a$	$6.12 \pm 0.12^b$	$6.80 \pm 0.08^b$	$1.82 \pm 0.29^a$
<b>Moleiro</b>	$4.91 \pm 0.22^a$	$9.19 \pm 2.24^b$	$6.46 \pm 0.15^b$	$4.01 \pm 0.33^a$
<b>Patalar</b>	$4.23 \pm 1.36^a$	$8.19 \pm 0.07^b$	$10.78 \pm 1.60^b$	$6.07 \pm 0.42^a$

Os valores com a mesma letra e na mesma linha não têm resultados estatisticamente diferentes ( $p = 0.05$ )

Tabela 7 – Conteúdo de  $\delta$ -tocoferóis ( $\mu\text{g/g}$ ) nas farinhas de feijão das variedades estudadas

	<b><math>\delta</math>-TOCOFERÓIS (<math>\mu\text{g/g}</math>)</b>			
	Nativo	C. normal	C. alta pressão	C. baixa pressão
<b>Tarrestre</b>	$0.26 \pm 0.01^a$	$0.24 \pm 0.04^{bc}$	$0.27 \pm 0.00^c$	$0.16 \pm 0.01^{ab}$
<b>Moleiro</b>	$0.27 \pm 0.04^a$	$0.44 \pm 0.08^{bc}$	$0.34 \pm 0.03^c$	$0.31 \pm 0.03^{ab}$
<b>Patalar</b>	$0.29 \pm 0.00^a$	$0.37 \pm 0.00^{bc}$	$0.53 \pm 0.08^c$	$0.46 \pm 0.01^{ab}$

Os valores com a mesma letra e na mesma linha não têm resultados estatisticamente diferentes ( $p = 0.05$ )

A relevância destes resultados deve-se ao facto de os tocoferóis, em especial o  $\gamma$ -tocoferol e o  $\delta$ -tocoferol são precursores da vitamina E e prevenirem reações oxidativas (Rubalya & Neelamagam, 2012; Yoshida et al., 2013).

### 3.3 Aspectos organoléticos

#### 3.3.1 Cor

A cor é uma das características que mais influencia a escolha de alimentos pelos consumidores, já que esta permite detectar defeitos no alimento antes de este ser ingerido. A determinação da cor nos alimentos pode ser feita através da observação sensorial ou por métodos instrumentais. A cor é normalmente obtida através de colorímetros e apresentados em sistemas representativos, como é o exemplo do  $L^*a^*b^*$ . O  $L^*a^*b^*$ , ou CIELab é o sistema adotado pela Commission Internationale d'Eclairage (CIE) para representar a cor. O sistema consiste num conjunto de eixos em que o eixo vertical  $L^*$  representa a luminosidade e varia de 0 (preto) a 100 (branco), o eixo  $a^*$  representa a variação de verde (-120) a vermelho (120) e o eixo  $b^*$  representa a variação do azul (-120) ao amarelo (120) (Figura 9) (León et al., 2006).

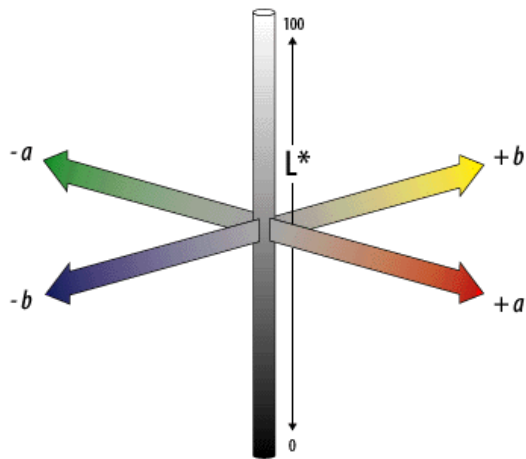


Figura 9 – Representação do sistema CIELab (Liew et al., 2008)

Os valores de luminosidade ( $L$ ) apresentam-se mais elevados no feijão cru, para todas as variedades, o que significa que o tratamento térmico leva a um escurecimento do feijão. Tanto no feijão Patarar como no Moleiro os valores de  $L$  são ligeiramente superiores na cozedura normal, ocorrendo o oposto no feijão Tarrestre (Gráfico 6). Güzel & Sayar (2012) obtiveram valores mais baixos para o  $L^*$  depois da cozedura à pressão atmosférica e da cozedura a alta pressão para feijões comuns, no entanto, os valores obtidos para a cozedura com pressão foram mais baixos que os para a cozedura comum.

O escurecimento do feijão após o processamento é, segundo Güzel & Sayar (2012), uma ocorrência comum e que pode ser explicada pela presença de cobre e ferro no meio de cozedura, o que pode decorrer da lixiviação destes compostos.

### VALOR DE L\* NAS 3 VARIEDADES DE FEIJÃO

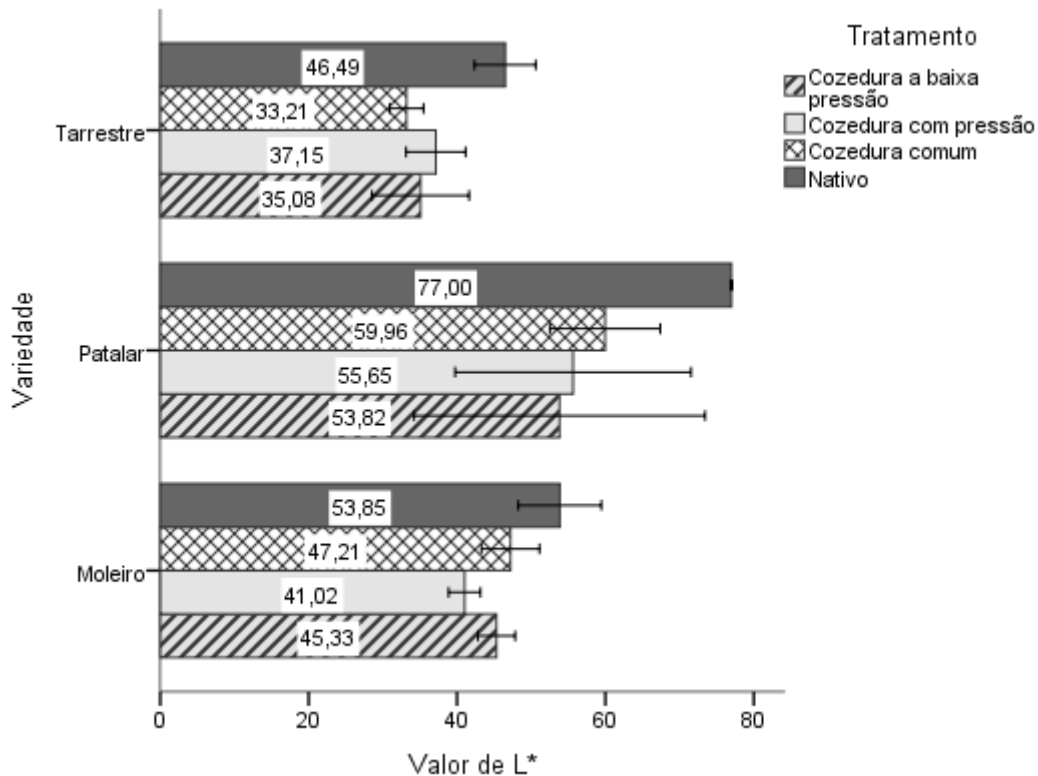


Gráfico 6 – Valores de L\* para as diferentes variedades e estados de processamento.

Os valores do eixo a\* são positivos para todas variedades (Gráfico 7), significando que todas apresentam uma coloração vermelha mais ou menos intensa. Os feijões Tarrestre e Moleiro apresentam valores mais elevados neste parâmetro que a variedade Patalar, o que era esperado, já que o feijão Patalar apresenta uma coloração próxima do branco.

Os valores do eixo a\* apresentam-se mais baixos na cozedura normal que em cru para as variedades Tarrestre e Moleiro, sendo que nas variedades Patalar e Moleiro ocorre um aumento destes valores na cozedura a baixa pressão.

Este resultado está em concordância com os valores de a\* obtidos por Güzel e Sayar (2012) que foram mais baixos após processamento.

### VALOR DE a\* NAS 3 VARIEDADES DE FEIJÃO

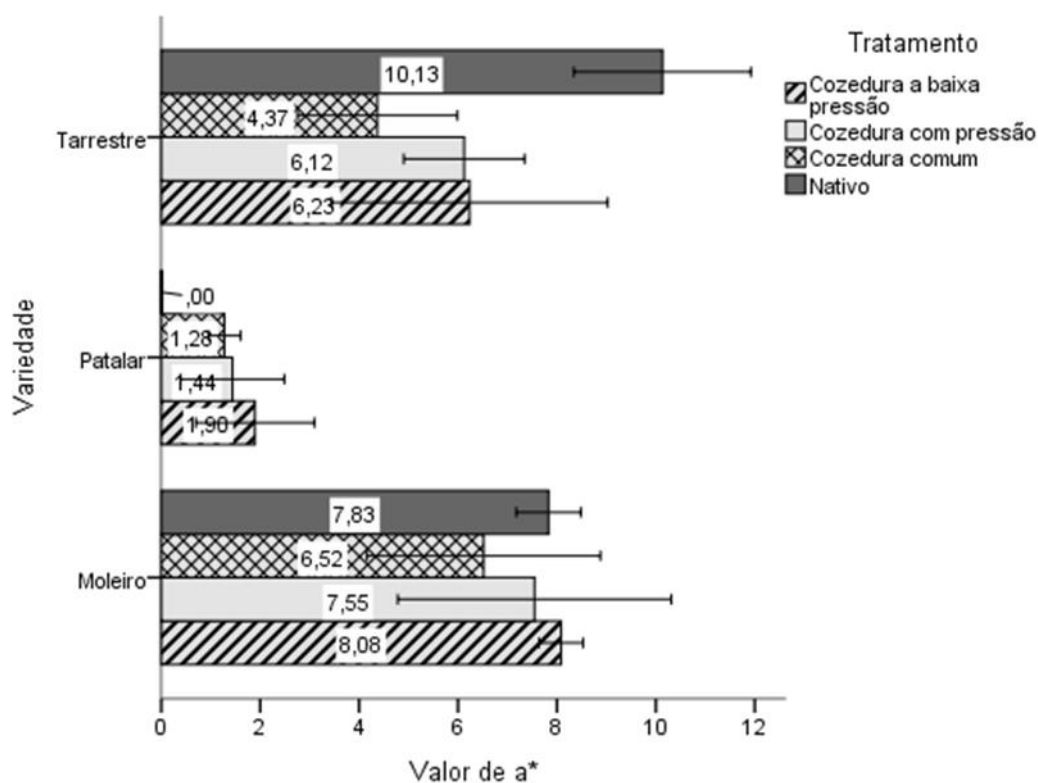


Gráfico 7 – Valores de a\* para as diferentes variedades e estados de processamento.

Os valores do eixo b\* encontram-se todos positivos, sendo que isso representa uma prevalência da cor amarela/acastanhada (Gráfico 8). Os valores neste eixo são mais elevados nas variedades Moleiro e Tarrestre, o que corresponde à imagem visual das variedades (Figura 9). No feijão Patalar não existe variação significativa dos valores deste parâmetro; contrariamente, nas variedades Moleiro e Tarrestre, ocorre uma diminuição destes valores com o processamento.

Os valores de b\* encontrados por Güzel e Sayar (2012) foram inferiores no feijão processado, resultados idênticos aos obtidos para as 3 variedades estudadas.

### VALOR DE b\* NAS 3 VARIEDADES DE FEIJÃO

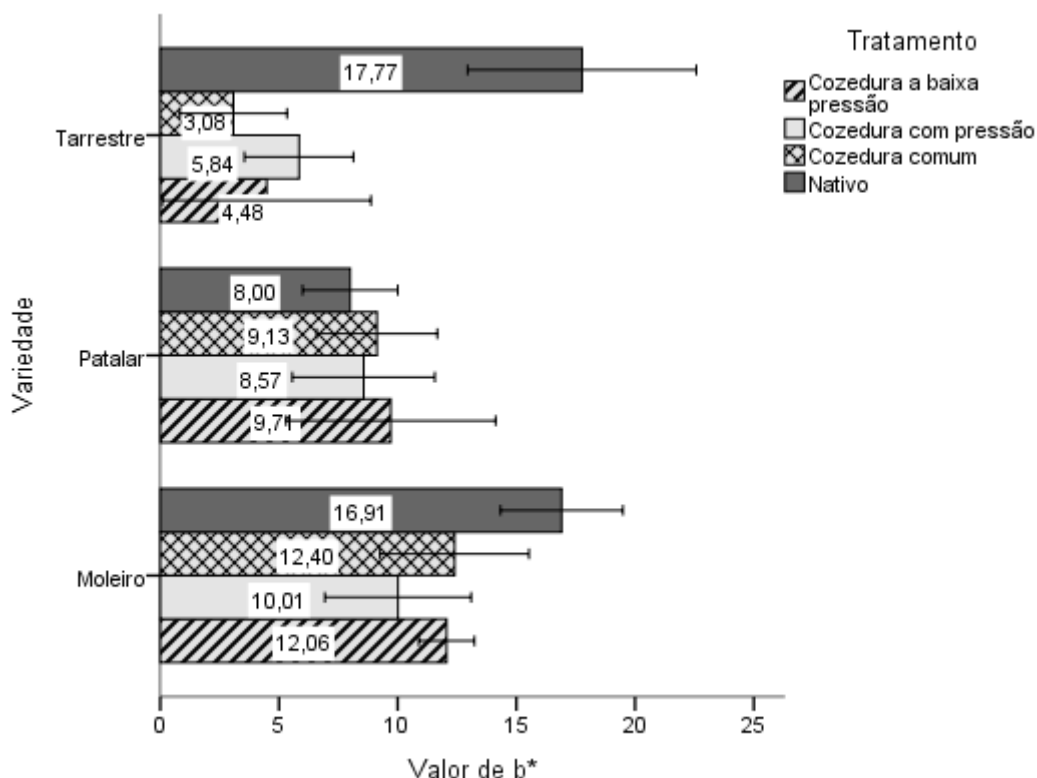


Gráfico 8 – Valores de b\* para as diferentes variedades e estados de processamento.

Os valores obtidos através do colorímetro, representados no sistema L\*a\*b\*, podem ser também representados no sistema de cores RGB, através de uma conversão, e assim mostrados através da cor (Figura 10 – Coloração obtida para as diferentes variedades e tipo de processamento convertidas para RGB).

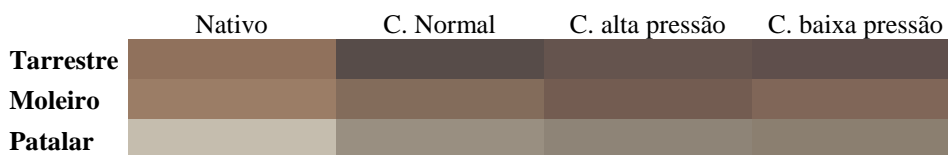


Figura 10 – Coloração obtida para as diferentes variedades e tipo de processamento convertidas para RGB

### 3.3.2 Textura

Segundo Kramer & Szczesniak (1973), a textura é uma das três propriedades sensoriais primárias dos alimentos, sendo detetada pelos sentidos do tacto, visão e audição (Anzaldúa-Morales, 1994). A textura pode ser avaliada a partir de métodos diretos ou indiretos (Kramer & Szczesniak, 1973), sendo que os diretos estudam a textura pela aplicação de forças mecânicas e os indiretos estudam a evolução das características intrínsecas dos alimentos através de métodos enzimáticos, histológicos e físicos desde que não envolvam energia mecânica. Dentro dos métodos mecânicos estes podem ser fundamentais, empíricos ou imitativos. São fundamentais quando permitem definir o comportamento *reológico* dos alimentos de forma correta para estabelecer equações, sem grande correlação com os métodos sensoriais; são empíricos quando implicam a utilização de uma força para medir uma característica, tendo relações com os métodos sensoriais; e são imitativos quando simulam um gesto feito pelo Homem em relação ao produto (Kramer & Szczesniak, 1973; Bourne, 1978; Anzaldúa-Morales, 1994).

A shear kramer cell (SKC) é uma célula de corte com múltiplas lâminas. Através desta célula podem ser identificadas forças como a compressão, corte e extrusão (Szczesniak, Humbugh, & Block, 1970). Apesar de este ser um método empírico aplica forças que são usadas na mastigação.

Os ensaios com a SKC realizam-se a velocidade constante, sendo o registo efetuado por computador.

A SKC é uma célula retangular cuja base tem ranhuras retangulares paralelas. Esta cavidade enche-se com o produto que é deformado por uma série de 10 lâminas paralelas que deslizam pela cavidade e penetram nas ranhuras. (Kramer & Szczesniak, 1973). Neste processo o produto é comprimido, cortado e extrudido (Szczesniak, Humbugh, & Block, 1970).

A força máxima de deformação é obtida depois da deformação, corte e extrusão e é obtida em N/g.

Tabela 8 – Força máxima à compressão para cada variedade e tipo de processamento (N/g m.s)

	Cozedura normal	C. alta pressão	C. baixa pressão
<b>Moleiro</b>	8,95 ± 0.37 <sup>a</sup>	9,31 ± 0.46 <sup>a</sup>	13,48 ± 0.32 <sup>b</sup>
<b>Patalar</b>	8,46 ± 0.56 <sup>a</sup>	6,96 ± 0.28 <sup>a</sup>	8,51 ± 0.52 <sup>b</sup>
<b>Tarrestre</b>	15,69 ± 0.47 <sup>a</sup>	12,76 ± 0.77 <sup>a</sup>	33,74 ± 0.74 <sup>b</sup>

Os valores com a mesma letra e na mesma linha não têm resultados estatisticamente diferentes (p = 0.05, n=9)

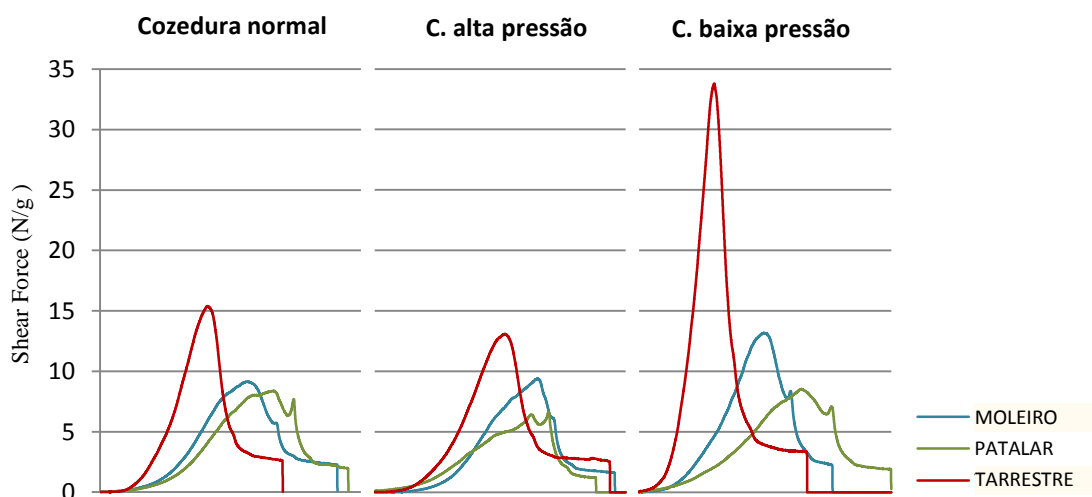


Gráfico 9 – Perfil de textura determinado pela força à compressão nas 3 variedades estudadas.

Para o mesmo tempo de cozadura, o resultado da curva de textura para cada processo indica que o feijão Patalar é o que apresenta menor resistência à compressão, seguido do Moleiro. O feijão Tarrestre apresenta valores mais elevados no pico de força máxima para todos os processamentos efetuados.

As diferenças no perfil das curvas de textura dos feijões Moleiro e Patalar, que apresentam uma subida da força exercida já depois do pico máximo, podem representar a diferença de dureza entre a casca e o cotilédone do feijão, já que a casca é a última porção do feijão a cozer, e subsequentemente a mais rija (Deshpande & Cheryan, 1986). Observou-se que o perfil de textura para a variedade Tarrestre apresenta uma tendência linear na sua forma, nas restantes curvas a força exercida aumentou à passagem da casca pela superfície de corte.

### 3.3.3 Perfil de viscosidade

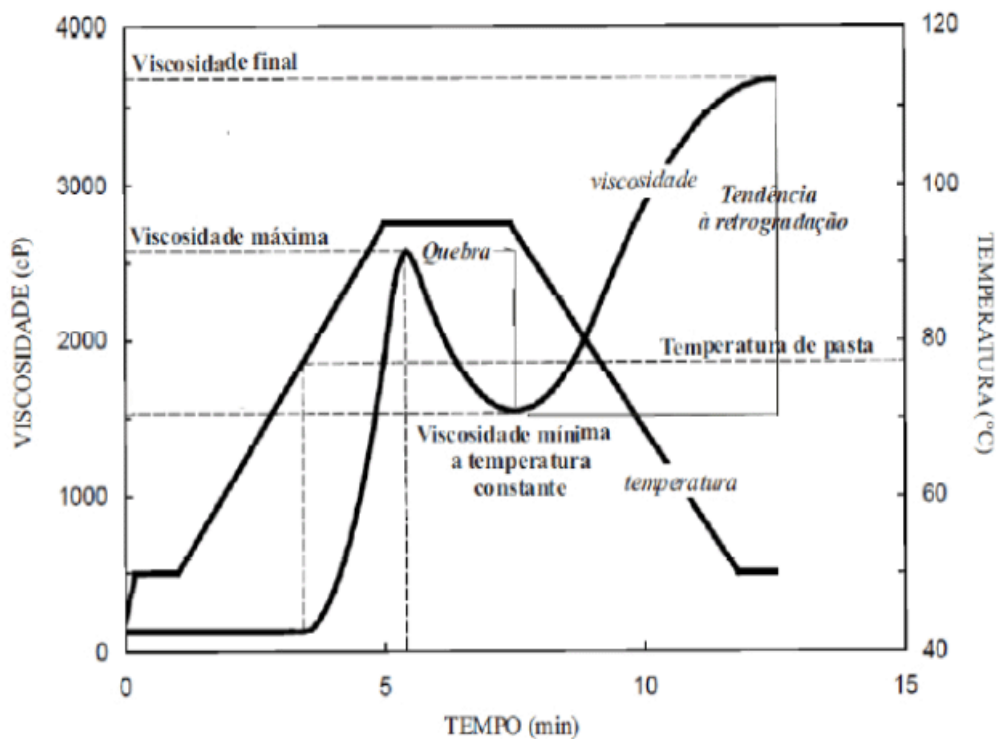


Figura 11 – Curva de viscosidade e parâmetros associados. Fonte: (Oro et al., 2013).

O RVA (Rapid Visco Analyzer) é utilizado avaliar a capacidade de gelatinização de suspensões de farinhas sujeitas a agitação durante um ciclo de aquecimento e arrefecimento. O perfil de viscosidade do amido isolado pode estar relacionado com a textura dos feijões depois de cozinhados, sendo por isso uma análise que permite estimar a qualidade culinária (Higley et al., 2003). O perfil de viscosidade é a representação gráfica da viscosidade em função de um ciclo de aquecimento/estabilização/arrefecimento (Figura 11).

Numa primeira fase, durante o aquecimento, os grânulos de amido absorvem água e incham até chegar a uma viscosidade máxima (pico de viscosidade). Este parâmetro está portanto relacionado com a capacidade que o amido tem para absorver água (Oro et al., 2013).

Durante o período de estabilização (temperatura constante), e após atingir a viscosidade máxima, os grãos rompem-se, a viscosidade diminui até atingir o ponto de viscosidade mínima. A diferença entre a viscosidade máxima e a mínima é a chamada quebra (breakdown) e está relacionada com a estabilidade dos grânulos ao aquecimento (Oro et al., 2013).

Na fase de arrefecimento a viscosidade aumenta devido à reassociação das moléculas, especialmente da amilose, o que contribui para a formação de uma estrutura em gel. A diferença entre a viscosidade final e a viscosidade mínima representa a retrogradação (Oro et al., 2013).

As farinhas das variedades Tarrestre e Moleiro têm perfis de viscosidade semelhantes, com viscosidades máximas baixas (cerca de 500cP). A farinha da variedade Patalar apresenta viscosidade máxima de 1100cP, o que significa que tem maior capacidade de gelatinização que as restantes variedades (Gráfico 10).

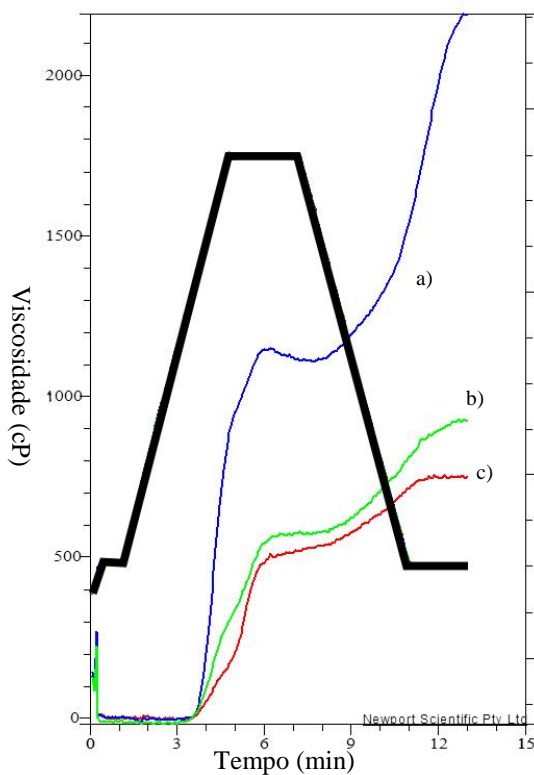


Gráfico 10 – Propriedades de viscosidade das farinhas de feijão inteiro das variedades estudadas. a) Patalar; b) Tarrestre; c) Moleiro

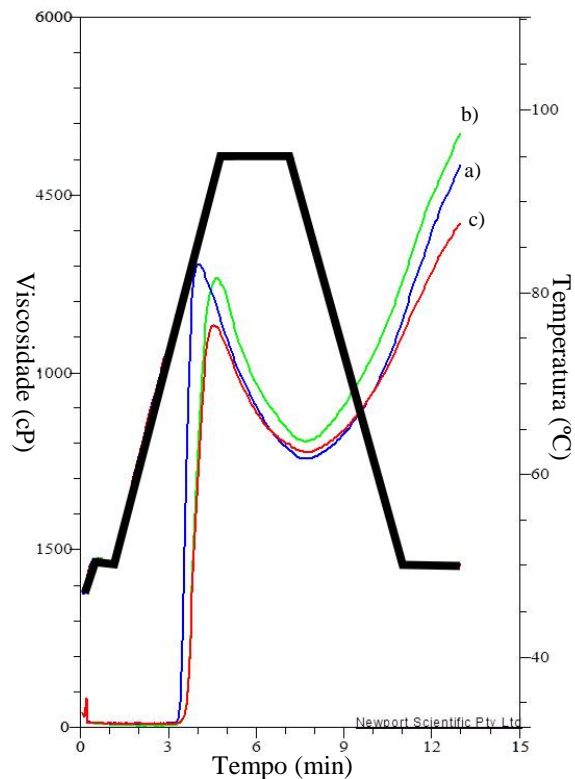


Gráfico 11 – Propriedades de viscosidade do amido de feijão das variedades estudadas. a) Patalar; b) Tarrestre; c) Moleiro

Ao comparar os Gráfico 10 e Gráfico 11 pode observar-se uma diferença significativa do perfil de viscosidade da farinha de feijão inteiro e o amido de feijão. A menor viscosidade observada na farinha de feijão inteiro pode estar relacionada com a presença de proteína e gordura, não presentes no amido.

Segundo Shevkani et al. (2015), a incorporação de proteína na farinha pode aumentar a temperatura a que ocorre a formação da pasta, baixar os valores de quebra e de viscosidade final, o que significa que a proteína tem menos resistência à desintegração que o amido (Shevkani et al., 2015).

Os lípidos também influenciam as propriedades de viscosidade, diminuindo-a devido à sua capacidade lubrificante (Dautant et al., 2007).

O perfil de viscosidade do amido pode ser afetado por fatores como o lixiviamento da amilose, a fricção dos grânulos após o inchamento, o inchamento dos grânulos e a competição entre a amilose gelatinizada e os grânulos não gelatinizados (Olkku & Rha, 1978; Liu et al., 1997). O conteúdo de amilose tem relação direta com o aumento dos parâmetros de viscosidade (Wiesenborn et al., 1994; Wani et al., 2013), a relação amilose/amilopectina, o peso molecular e a distribuição relativa de amilose/amilopectina resulta numa variação do poder de absorção de água e solubilidade do amido, o que pode afetar o perfil de viscosidade (Wani et al., 2013).

O perfil de viscosidade do amido está de acordo com o obtido por Wang and Ratnayake (2014). Gani et al. (2012), no entanto obtiveram valores máximos e mínimos de viscosidade mais baixos,

Quanto ao pico de viscosidade o amido dos três tipos de feijão não apresenta diferenças relevantes, o que pode indicar que a capacidade de gelatinização é semelhante nas amostras.

O amido do feijão Pataral apresenta uma quebra maior que as restantes variedades, o que pode significar uma menor estabilidade à temperatura. Contrariamente, o amido do feijão Moleiro apresenta os valores mais baixos.

Os valores de viscosidade para o setback (tendência à retrogradação) são mais elevados nas variedades Patalar e Tarrestre, indicando que estas podem ser mais susceptíveis à retrogradação que a variedade Moleiro.

### 3.4 Determinações no amido

#### 3.4.1 Determinação da amilose

Para as amostras analisadas (Tabela 9) obtiveram-se valores de amiloses superiores ao encontrado na literatura (30 a 40%) (Tharanathan & Mahadevamma, 2003).

Tabela 9 – Conteúdo de amilose no amido nas variedades estudadas (g/100)

	AMILOSE (g/100g)
<b>Moleiro</b>	40.0 ± 1,30 <sup>a</sup>
<b>Patalar</b>	44,37 ± 6,40 <sup>a</sup>
<b>Tarrestre</b>	47,26 ± 10,10 <sup>b</sup>

Os valores com a mesma letra não têm resultados estatisticamente diferentes ( $p < 0.05$ )

O alto teor de amilose do feijão tem sido relacionado com a sua digestibilidade. Assim, feijão com maior teor de amilose tem maior tendência a ter mais amido resistente (Tharanathan & Mahadevamma, 2003). Contudo, não foi encontrada uma relação estatisticamente significativa ( $p < 0.05$ ) entre o conteúdo de amilose do feijão e o seu conteúdo de AR.

#### 3.4.2 Determinação das propriedades térmicas

O DSC (Differential Scanning Calorimetry) é um processo termodinâmico que mede as propriedades térmicas de materiais ao estabelecer uma relação entre a temperatura, o

tempo e estados específicos de substâncias através da determinação da entalpia associada a cada processo. A temperatura é aplicada em simultâneo à amostra e a um material de referência e a diferença de temperaturas é registada numa curva. A partir dessa curva é possível verificar a que temperatura ocorrem as diferentes fases de transição da matéria sujeita à temperatura, como é o caso da gelatinização (Gill et al., 2010) (Figura 12).

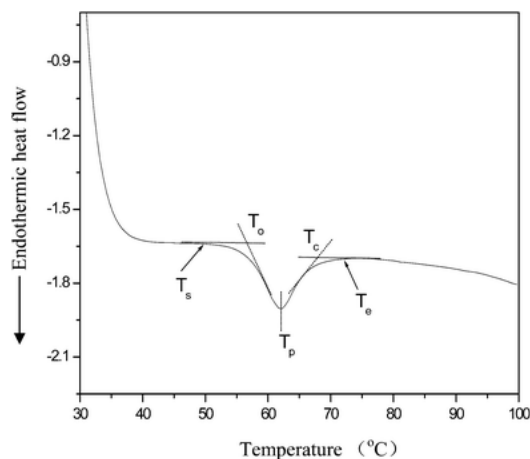


Figura 12 – Representação da gelatinização do amido numa curva de DSC. Fonte: (Wang & Copeland, 2013)

Os valores obtidos para as amostras estudadas (Tabela 10) encontram-se na ordem daqueles encontrados por Wang & Ratnayake (2014). As diferenças na gelatinização podem ser explicadas por fatores como o conteúdo de amilose, o comprimento das cadeias de amilopectina e a estrutura do grânulo de amido (Du et al., 2014).

Tabela 10 – propriedades térmicas (°C)

	PROPRIEDADES TÉRMICAS (°C)			
	T <sub>0</sub> (°C)	T <sub>P</sub> (°C)	T <sub>C</sub> (°C)	Range (°C)
<b>Moleiro</b>	92.9 ± 0.2 a	98.1 ± 0.7 a	104.3 ± 0.2 b	11.4 ± 0.3 d
<b>Patalar</b>	68.3 ± 0.9 d	77.6 ± 0.3 d	88.5 ± 0.3 c	20.2 ± 0.7 a
<b>Tarrestre</b>	93.8 ± 0.1 a	98.1 ± 0.4 a	108.6 ± 1.2 a	14.8 ± 1.3 bc

Os valores com a mesma letra e na mesma coluna não têm resultados estatisticamente diferentes (p = 0.05, n=9)

### 3.5 Influência do processamento e das variedades

Na Tabela 11 pode observar-se o resultado da análise estatística efetuada através do teste ANOVA two-way, com  $p < 0.05$ . O tratamento térmico tem grande influencia nos conteúdos de amido resistente, lípidos e de tocoferóis das variedades de feijão estudadas.

Tabela 11 – Análise estatística (two-way ANOVA). Quadrados médios para  $p < 0.05$

	Processamento	Variedade	Tratamento x variedade	Erro
$\gamma$ -tocoferóis	35,73**	22,85**	3,46**	0,67
$\delta$ - tocoferóis	0,012**	0,066**	0,012**	0,00
Amido Resistente	0,02**	1,90*	0,74**	0,12
Proteína	5,49	91,47*	1,11*	0,01
Lípidos	0,28*	0,79*	0,11*	0,00
Textura	206,82	408,70*	100,92*	0,28

\*\* sig = 0.00; \* 0 < sig < 0.05

Os valores de proteína não apresentam variação estatisticamente significativa com o tratamento térmico, diferindo apenas significativamente com a variedade, tal como acontece com os valores da força à compressão e de  $a^*$ .

Verificou-se aumento percentual de proteína e lípidos e restantes macronutrientes após processamento, possivelmente devido ao lixiviamento de sólidos solúveis. Entre os tipos de processamento, não se verificou uma diferença estatisticamente significativa ( $p < 0.05$ ) ao nível do teor de proteína. No conteúdo lipídico observou-se um maior aumento na cozedura em baixa pressão.

O conteúdo de amido resistente diminuiu de cerca de 32% para cerca de 4% em todas as variedades após o processamento (Gráfico 5), sendo que a diferença de valores em cada processamento não é estatisticamente significativa ( $p < 0.05$ ). Segundo alguns autores (Tharanathan & Mahadevamma, 2003; Giczewska & Borowska, 2004; Sajilata et al., 2006) o conteúdo de amido resistente pode aumentar ou diminuir com o processamento, dependendo de vários fatores, incluindo a temperatura e o tempo do processamento, bem como o conteúdo de amilose. Os resultados obtidos, além de apontarem para uma

diminuição do conteúdo em amido resistente em todas as variedades após o processamento (Gráfico 5), mostram que não existe diferença estatisticamente significativa do conteúdo deste nutriente entre processamentos. A variedade é outro factor que pode influenciar o conteúdo de amido resistente no feijão (Charalampopoulos et al., 2002). De facto, a variedade Tarrestre apresenta um valor mais baixo de amido resistente que a Moleiro ou a Patalar, que apresentam valores estatisticamente semelhantes.

### **3.6 Influencia das características físicas e químicas na textura e tempo de cozedura**

O tempo de cozedura do feijão está relacionado com a composição, a estrutura e a funcionalidade do amido, especialmente os de viscosidade e de capacidade de hidratação. A relação amilose/amilopectina é uma das características que interfere no tempo de cozedura e na textura do feijão após processado, já que uma maior quantidade de amilose inibe a absorção de água (Sánchez-Arteaga et al., 2015).

Os valores das características de viscosidade, de amilose e capacidade de hidratação foram comparados entre si e com os de textura e tempo de cozedura (Tabela 12 – Correlação de Pearson para os parâmetros amilose, viscosidade no amido (peak, trough, breakdown, vinal viscosity, setback, pasting temperature), capacidade de hidratação, textura e tempo de cozedura com  $p < 0.05$ ). Os valores de tempo de cozedura e textura encontram-se diretamente relacionados ( $p < 0.05$ ). Estes valores, contrariamente ao referido por Sánchez-Arteaga et al., (2015) não se relacionam estatisticamente ( $p < 0.05$ ) com a capacidade de hidratação ( $p < 0.05$ ), no entanto, como também referido por (Higley et al., 2003), encontram-se relacionados com os parâmetros de viscosidade do amido.

O conteúdo de amilose, apesar de parecer ter influencia no perfil de viscosidade, não está relacionado estatisticamente com a textura ou o tempo de cozedura.

Tabela 12 – Correlação de Pearson para os parâmetros amilose, viscosidade no amido (peak, trough, breakdown, vinal viscosity, setback, pasting temperature), capacidade de hidratação, textura e tempo de cozadura com  $p < 0.05$ .

		Amilose	Pico visc	Min visc	Break	Final Visc	Retro	Peak T	Pasting	CapHidra	Text	Tcoz
Amilose	P.C.	1	,966**	,966**	0,595	,965**	,964**	-,837**	-,742*	,941**	.c	-0,384
	Sig.		0	0	0,091	0	0	0,005	0,022	0		0,308
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	0
Pico visc	P.C.	,966**	1	1,000**	,442**	1,000**	,998**	-,914**	-,781**	,967**	-,424*	-,391*
	Sig.	0		0	0,007	0	0	0	0	0	0,028	0,018
	N	9	36	36	36	36	36	36	36	36	27	36
Min visc	P.C.	,966**	1,000**	1	,421*	,999**	,997**	-,919**	-,781**	,971**	-,428*	-,394*
	Sig.	0	0		0,011	0	0	0	0	0	0,026	0,017
	N	9	36	36	36	36	36	36	36	36	27	36
Break	P.C.	0,595	,442**	,421*	1	,448**	,470**	-0,223	-,332*	0,256	0,019	-0,043
	Sig.	0,091	0,007	0,011		0,006	0,004	0,191	0,048	0,132	0,927	0,803
	N	9	36	36	36	36	36	36	36	36	27	36
Final Visc	P.C.	,965**	1,000**	,999**	,448**	1	,999**	-,920**	-,798**	,969**	-,407*	-,364*
	Sig.	0	0	0	0,006		0	0	0	0	0,035	0,029
	N	9	36	36	36	36	36	36	36	36	27	36
Retrog	P.C.	,964**	,998**	,997**	,470**	,999**	1	-,920**	-,811**	,967**	-,389*	-,339*
	Sig.	0	0	0	0,004	0		0	0	0	0,045	0,043
	N	9	36	36	36	36	36	36	36	36	27	36
Peak T	P.C.	-,837**	-,914**	-,919**	-0,223	-,920**	-,920**	1	,873**	-,966**	0,335	0,167
	Sig.	0,005	0	0	0,191	0	0		0	0	0,088	0,331
	N	9	36	36	36	36	36	36	36	36	27	36
Pasting	P.C.	-,742*	-,781**	-,781**	-,332*	-,798**	-,811**	,873**	1	-,852**	0	-0,259
	Sig.	0,022	0	0	0,048	0	0	0		0	0,999	0,127
	N	9	36	36	36	36	36	36	36	36	27	36
Cap Hidra	P.C.	,941**	,967**	,971**	0,256	,969**	,967**	-,966**	-,852**	1	-0,369	-0,273
	Sig.	0	0	0	0,132	0	0	0	0		0,058	0,108
	N	9	36	36	36	36	36	36	36	36	27	36
Text	P.C.	.c	-,424*	-,428*	0,019	-,407*	-,389*	0,335	0	-0,369	1	,685**
	Sig.		0,028	0,026	0,927	0,035	0,045	0,088	0,999	0,058		0
	N	0	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Tcoz	P.C.	-0,384	-,391*	-,394*	-0,043	-,364*	-,339*	0,167	-0,259	-0,273	,685**	1
	Sig.	0,308	0,018	0,017	0,803	0,029	0,043	0,331	0,127	0,108	0	
	N	9	36	36	36	36	36	36	36	36	27	36

\*\* sig = 0.00; \* 0 < sig < 0.05

Na Tabela 13 são comparados os parâmetros de composição do grão de feijão com a textura e o tempo de cozedura. O conteúdo proteico parece influenciar positivamente o tempo de cozedura enquanto o conteúdo lipídico apenas influencia a textura ( $p < 0.05$ ).

Tabela 13 – Correlação de Pearson para os parâmetros proteína, lípidos, capacidade de hidratação, textura e tempo de cozedura com  $p < 0.05$

		Proteína	Lípidos	Textura	T° cozedura
Proteína	P.C.	1	,634**	,833**	,461**
	Sig.		0	0	0,005
	N	36	36	27	36
Lípidos	P.C.	,634**	1	-,407*	-0,091
	Sig.	0		0,035	0,598
	N	36	36	27	36
Textura	P.C.	,833**	-,407*	1	,685**
	Sig.	0	0,035		0
	N	27	27	27	27
T° cozedura	P.C.	,461**	-0,091	,685**	1
	Sig.	0,005	0,598	0	
	N	36	36	27	36

\*\* sig = 0.00; \* 0 < sig < 0.05

### 3.7 Influência do processamento na cor e integridade do feijão

Tabela 14 – Análise estatística (two-way ANOVA). Quadrados médios para  $p < 0.05$

	Tratamento térmico	Variedade	Tratamento x variedade	Erro
L*	13,48*	1028,70*	29,10	21,77
a*	4,37	80,62*	0,55	0,78
b*	1,02**	114,93*	5,34	2,37
Integridade do grão	2090,04*	599,15*	182,48**	41,44

\*\* sig = 0.00; \* 0 < sig < 0.05

Na Tabela 11 pode observar-se que, ao nível da cor, o tratamento térmico teve uma influencia estatisticamente significativa ( $p < 0.05$ ) apenas nos parâmetros L\* e b\*. Como referido anteriormente (ver 3.3.1), o valor de L pode diminuir substancialmente devido à presença de ferro e cobre (Güzel & Sayar, 2012). Os valores de b\*, que representam as cores amarelo (+) e azul (-), também foram afetadas pelo tratamento

térmico, o que possivelmente se deve à oxidação de compostos durante o processamento, o que se traduz num acastanhamento. Apesar destas diferenças e cor entre grãos processados e não processados, entre os tipos de processamento não se verificaram diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

O processamento teve também influência na integridade do grão, tendo o tratamento a vácuo sido mais eficaz a promover a sua integridade. A variedade também teve um papel importante neste parâmetro, sendo a variedade Tarrestre a que se mostrou menos susceptível à quebra.

### 3.8 Conclusão

O estudo de 3 variedades de feijão tipicamente portuguesas, permitiu verificar a grande diversidade existente entre leguminosas *Phaseolus vulgaris*, visto que para as características estudadas foram encontradas diferenças significativas ( $p < 0.05$ ) entre variedades para todos os parâmetros analisados.

O processamento afetou a maioria dos parâmetros estudados, no entanto, grande parte das diferenças entre os 3 tipos de cozedura não são significativas. Verificou-se um aumento da percentagem de proteína e lípidos com o processamento, provavelmente devido à lixiviação de compostos sólidos solúveis.

Com o processamento ocorreu uma diminuição significativa do teor de amido resistente, o que provavelmente se deve à maior susceptibilidade do amido à digestão após ser submetido à temperatura. Entre tipos de processamento não se verificaram diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

O conteúdo de tocoferóis aumentou com o processamento em pressão e cozedura normal e diminuiu com o processamento a baixa pressão. O fator tempo parece ser determinante para a diminuição do conteúdo de tocoferóis.

O feijão Tarrestre apresentou valores de tempo de cozedura ( $>120$ min) muito superiores aos das variedades Moleiro e Patalar (20 e 25 min). Os valores de força à compressão relacionam-se diretamente com os do tempo de cozedura. Estes valores não estão contudo relacionados com a capacidade de hidratação do grão, como indicado na literatura. A relação amilose/amilopectina, apesar de não se relacionar com o tempo de cozedura ou a textura do grão, relaciona-se com as propriedades de viscosidade.

Apesar de os valores de força à compressão terem sido maiores na cozedura em baixa pressão, esta relação não se mostrou estatisticamente significativa. A integridade do grão, no entanto, mostrou-se significativamente mais elevada na cozedura a baixa pressão.

A cor do feijão, um dos fatores que mais diferencia as variedades, apesar de ter sido alterada com o processamento, entre processamentos não foi significativamente alterada. O acastanhamento ocorrido pode dever-se à oxidação de compostos.

Pode concluir-se que para a maior parte dos parâmetros não houve diferenças significativas entre processamentos. A cozedura no equipamento Gastrovac, devido à sua morosidade não se revela muito compensadora, visto à exceção da preservação da integridade do grão, este processamento não revelar outras vantagens relacionadas com os parâmetros analisados. Contudo, os compostos relacionados com os aromas e sabores não foram analisados e em casos em que a preservação da integridade seja muito relevante, a opção da cozedura a baixa pressão torna-se uma opção eficaz.

Este estudo permitiu também concluir que, apesar de comercializada e consumida, a variedade Tarrestre, ao apresentar um elevado tempo de cozedura, não se mostra tão viável à integração em mercados de maior consumo, já que este fator é um dos determinantes para a aceitação de leguminosas pelo consumidor. Apesar disso, todas as variedades se apresentaram nutricional e organolepticamente equivalentes às estudadas por outros autores em todos os tipos de processamento, pelo que poderão ser divulgadas mais amplamente de modo a potenciar o seu consumo.

## 4 Bibliografía

AACC International, 1999. Approved Methods of Analysis, 11th ed. Method 76-21.01. General Pasting Method for Wheat or Rye Flour or Starch Using the Rapid Visco Analyser.

AACC International, 2007. Approved Methods of Analysis. 11th Ed. Method 56-35.01. Method for Determining Water Hydration Capacity and Percentage of Unhydrated Seeds of Pulses.

AACC International, 2012. Physicochemical Tests. Method 56-36-01. Firmness of Cooked Pulses.

Aguilera, Y. et al., 2009. Changes in carbohydrate fraction during dehydration process of common legumes. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(7-8), pp.348-683.

Annison, G. & Topping, D., 1994. Nutritional role of resistant starch: chemical structure vs. physiological function. *Annual Review of Nutrition*, 14, pp.297-320.

Anzaldúa-Morales, A., 1994. *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Zaragoza: Editorial Acribia.

AOAC International, 2002. Official Methods 991.43, 2002.02. Resistant Starch in Starch and Plant Materials.

Atkinson, F., Foster-Powell, K. & Brand-Miller, J., 2008. International Tables of Glycemic Index and Glycemic Load Values: 2008. *Diabetes Care*, 31, pp.2281-83.

Barbana, C.; Boucher, A.; Boye, J., 2011. In vitro binding of bile salts by lentil flour, lentil protein concentrates and lentil protein hydrolysates. *Food Research International*, pp.174-80.

Bednar, G. et al., 2001. Starch and fiber fractions in selected food and feed ingredients affect their small intestinal digestibility and fermentability and their large bowel fermentability in vitro in a canine model. *The Journal of Nutrition*, 131, pp.276-86.

- Beninger, C. & Hosfield, G., 2003. Antioxidant activity of extracts, condensed tannin fractions, and pure flavonoids from *Phaseolus vulgaris* L. seed coat color genotypes. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51, pp.7879-83.
- Bourne, M., 1978. texture profile analysis. *Food Technology*, 13(7), pp.62-72.
- Boye, J., Wijesinha-Bettoni, R. & Burlingame, B., 2012. Protein quality evaluation twenty years after the introduction of the protein digestibility corrected amino acid score method. *British Journal of Nutrition*, pp.S183-211.
- Boye, J., Zare, F. & Pletch, A., 2010. Pulse proteins: processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Reserch International*, 43, pp.414-31.
- Bressani, R. & Elfas, L., 1980. Nutritional values of legume crops for humans and animals. In Summerfield, R. & Bunting, A. *Advances in legume science*. London: FAO. pp.54-66.
- Brummer, Y., Kaviani, M. & Tosh, M., 2015. Structural and functional characteristics of dietary fibre in beans, lentils, peas and chickpeas. *Food Research International*, 67, pp.117-25.
- Buléon, A., Colonna, P., Planchot, V. & Ball, S., 1998. Starch granules: structure and biosynthesis. *International Journal of Biological Macromolecules*, 23, pp.85-112.
- Cameron, R. & Donald, A., 1992. A small-angle X-ray scattering study of the annealing and gelatinization of starch. *Polymer*, 33, pp.2628-35.
- Charalampopoulos, D., Wang, R., Pandiella, S. & Webb, C., 2002. Application of cereals and cereal components in functionl foods: a review. *International Journa of Food Microbiology*, pp.131-41.
- Choung, M. et al., 2003. Anthocianin Profile of Korean Cultivated Kidney Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, pp.7040-43.

Chung, H. et al., 2008. In vitro starch digestibility, expected glycemic index and some physicochemical properties of starch and flour from common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in Canada. *Food Research International*, 41, pp.869-75.

Comissão Europeia, 2012. *Regulamento (UE) n. ° 432/2012 da Comissão*. [Online] Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:136:0001:0040:PT:PDF> [Acedido Out 2015].

Costa, G., Queiroz-Monici, K., Reis, S. & Oliveira, A., 2006. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chemistry*, 94, pp.327-30.

Dautant, F., Simancas, K., Sandoval, A. & Muller, A., 2007. Effect of temperature, moisture and lipid content on the rheological properties of rice flour. *Journal of Food Engineering*, 78, pp.1159-66.

Deshpande, S. & Cheryan, M., 1986. Water uptake during cooking of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Foods for Human Nutrition*, 36, pp.157-65.

Dhingra, D., Michael, M., Rajput, H. & Patil, R., 2012. Dietary fibre in foods: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49(3), pp.255-66.

Du, S., Jiang, H., Yu, X. & Jane, J., 2014. Physicochemical and functional properties of whole legume flour. *Food Science and Technology*, 55, pp.308-13.

Dupuis, J., Liu, Q. & Yada, R., 2014. Methodologies for increasing the resistant starch content of food starches: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13, pp.1219-34.

Dzudle, T. & Hardy, J., 1998. Physicochemical and functional properties of flours prepared from common beans and green mung beans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, pp.3029-22.

FAO, 2013. *FaoStat*. [Online] Disponível em: <http://faostat.fao.org/> [Acedido Outubro 2015].

- Faraj, A., Vasanthan, T. & Hoover, R., 2004. The effect of extrusion cooking on resistant starch formation in waxy and regular barley flours. *Food Research International*, 37(5), pp.517-25.
- Featherstone, S., 2012. A review of development in and challenges of thermal processing over the past 200 years—A tribute to Nicolas Appert. *Food Research International*, 47, pp.156-60.
- Fito, P., Andrés, A., Chiralt, A. & Pardo, P., 1996. Coupling of Hydrodynamic Mechanism and Deformation-Relaxation Phenomena During Vacuum Treatments in Solid Porous Food-Liquid Systems. *Journal of Food Engineering*, 27, pp.229-40.
- Fito, P. et al., 2001. Vacuum impregnation and osmotic dehydration in matrix engineering - application in functional fresh food development. *Journal of Food Engineering*, 49, pp.175-78.
- Foster-Poerll, K., Holt, S. & Brand-Miller, J., 2002. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *American Journal of Clinical Nutrition*, 76, pp.5-56.
- French, D., 1984. Organization of starch granules. In Whistler, R., BeMiller, J. & Paschal, E. *Starch Chemistry and Technology*. New York: Academic Press. pp.183-212.
- Fuentes-Zaragoza, E., Riquelme-Navarrete, M., Sánchez-Zapata, E. & Pérez-Álvarez, J., 2010. Resistant starch as functional ingredient: a review. *Food Research International*, 43, pp.931-42.
- Gani, A., Bashir, M., Wani, S. & Masoodi, F., 2012. Modification of bean starch by gamma-irradiation: effect on functional and morphological properties. *LWT - Food Science and Technology*, 49, pp.162-69.
- García-Alonso, A., Goñi, I. & Saura-Calixto, P., 1998. Resistant Starch and Potential Glycaemic Index of Raw and Cooked Legumes (lentils, chickpeas and beans). *European Food Research and Technology*, 206, pp.284-87.

- Garcia, A. & Malva, A., 2015. *Desarrollo de un equipo de cocción al vacío para su uso en la restauración profesional*. [Online] Disponívem em: <http://cpi.upv.es/> [Acedido 12 Jan 2015].
- Garcia, R. et al., 2012. QTL mapping for the cooking time of common beans. *Euphytica*, 186, pp.779-92.
- Giczewska, A. & Borowska, J., 2004. Nutritional value of broad bean seeds. Part 3: Changes of dietary fibre and starch in the production of commercial flours. *Nahrung*, pp.116-22.
- Gilani, G., Xiao, C. & Cockell, K., 2012. Impact of antinutritional factors in food proteins on the digestibility of protein and the bioavailability of amino acids and on protein quality. *British Journal of Nutrition*, 108, pp.315-32.
- Gill, P., Moghadam, T. & Ranjbar, B., 2010. Differential Scanning Calorimetry Techniques: Applications in Biology and Nanoscience. *Journal of Biomoleculare Techniques*, 21, pp.167-93.
- Gisslen, W., 2007. *Professional Cooking*. New Jersey: John Wiley and Sons Inc.
- Grela, E. & Günter, K., 1995. Fatty acid composition and tocopherol content of some legume seeds. *Animal Feed Science and Technology*, 52, pp.325-31.
- Güzel, D. & Sayar, S., 2012. Effect of cooking methods on selected physicochemical and nutritional properties of barlotto bean, chickpea, faba bean, and white kidney bean. *Journal of Food Science and Technology*, 49(1), pp.89-95.
- Haralampu, S., 2000. Resistant Starch - a review of the physical properties and biological impact of RS3. *Carbohydrate polymers*, pp.285-92.
- Hayat, I. et al., 2014. Nutritional and Health Perspectives of Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): An Overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54, pp.580-92.
- Higley, J. et al., 2003. The rapid visco analyzer (RVA) as a tool for differentiating potato cultivars on the basis of flour pasting properties. *American Journal of Potato Research*, 80, pp.195-206.

- Holse, M., Husted, S. & Hansen, A., 2010. Chemical composition of marama bean (*Tylosema esculentum*)—A wild African bean with unexploited potential. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(6), pp.648-57.
- Holse, M., Husted, S. & Hnsen, A., 2010. Chemical composition of marama bean (*Tylosema esculentum*)-A wild African bean with unexploited potential. *Journal of Food Composition and Anlysis*, 23, pp.648-57.
- Hoover, R. & Ratnayake, W., 2002. Starch characteristics of black bean, chick pea, lentil, navy bean and pinto bean cultivars grown in Canada. *Food Chemistry*, 78(4), pp.489-98.
- Instituto Nacional de Estatistica, 2014. *Balança Alimentar Portuguesa 2008-2012*. Instituto Nacional de Estatistica.
- Jacobs, H. & Delcour, J., 1998. Hydrothermal Modifications of Granular Starch, with Retention of the Granular Structure: A Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(8), pp.2895-905.
- Jane, J., Xu, A., Radosavljevic, M. & Seib, P., 1992. Location of amylose in normal starch granules. I. Susceptibility of amylose and amylopectin to cross-link reagents. *Cereal Chemistry*, 69, pp.405-09.
- Jenkins, P., Cameron, R. & Donald, A., 1993. A universal feature in the structure of starch granules from different botanical sources. *Starch*, 45, pp.417-20.
- Kaur, M. & Singh, N., 2007. Characterization of protein isolates from different Indian chickpea (*Cicer arietinum*L.) cultivars. *Food Chemistry*, 102, pp.366-74.
- Khattab, R. & Arntfield, S., 2009. Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments. 2. Antinutritional factors. *LWT - Food Science and Technology*, pp.1113-18.
- Kramer, A. & Szczesniak, A., 1973. *Texture measurement of foods*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.

- Kutos, T., Golob, T., Kac, M. & Plestenjak, A., 2003. Dietary content of dry and processed beans. *Food Chemistry*, 80, pp.231-35.
- León, K., Mery, D., Pedreschi, f. & León, J., 2006. Color measurement in L\*a\*b\* units from RGB digital images. *Food Research International*, 39, pp.1084-91.
- Liew, O., Chong, P., Li, B. & Asundi, A., 2008. Signature Optical Cues: Emerging Technologies for Monitoring Plant Health. *Sensors*, 8(5), pp.3205-39.
- Lin, L.-Z., Hamly, J., Pastor-Corales, M. & Luthria, D., 2008. The polyphenolic profiles of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry*, 107(1), pp.399-410.
- Liu, H., Ramsden, L. & Corke, H., 1997. Physical properties and enzymatic digestibility of acetylated wax and normal corn starch. *Carbohydrate Polimers*, 34, pp.283-89.
- Liu, Q., Weber, E., Currie, V. & Yada, R., 2003. Pysico-chemical properties of starches during potato growth. *Carbohydrate Polymers*, 51, pp.213-21.
- Luckett, C. & Wang, Y., 2012. Effects of  $\beta$ -amylolysis on the resistant starch formation of debranched corn starches. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, pp.4751-57.
- Mahasukhonthachat, K., Sopade, P. & Gidley, M., 2010. Kinetics of starch digestion in sorghum as affected by particle size. *Journal of Food Engeneering*, 96, pp.18-28.
- Mahasukhonthachat, K., Sopade, P. & Gidley, M., 2010. Kinetics of starch digestion in sorghum as affected by particle size. *Journal of Food Engineering*, pp.18-28.
- Mans, C. & Castells, P., 2011. La nueva cocina científica. *Investigación y ciencia*, pp.56-63.
- Matos, C., Passarinho, J., Carneiro, L., Vaz-Patto, M., Veloso, M., 2015. Patterns of diversity of morphological traits in portuguese common bean (*phaseolus vulgaris* l.) landraces. *Proc V meeting AEL, Eucarpia International Symposium on protein crops*, Pontevedra, Espanha, pp. 145-146.
- McGee, H., 2004. *On food and cooking*. New York: Scribner.

- Mikulíková, D., Masár, S. & Kraic, J., 2008. Biodiversity of legume health-promoting starch. *Starch*, 60, pp.426-32.
- Mohamad, N., 2008. *Vacuum Vessel Design for fry Drying*. Universiti Teknikal Malaysia.
- Mondor, M. et al., 2009. Influence of processing on composition and antinutritional factors of chickpea protein concentrates produced by isoelectric precipitation and ultrafiltration. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, pp.342-47.
- Nature 4, 2015. *Nature4*. [Online] Disponível em: <http://nature4.pt/pt/locais/produtos-locais-feijao-tarrestre> [Acedido 14 Jul 2015].
- Nugent, A., 2005. Health properties of resistant starch. *Nutrition Bulletin*, pp.27-54.
- Oliete, B. & Pallarés, M., 2007. Legumbres. In León, A. & Rosell, C. *De tales harinas, tales panes: Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica*. Córdoba: Baéz. pp.403-38.
- Olkku, J. & Rha, C., 1978. Gelatinization of starch and wheat flour starch-a review. *Food Chemistry*, 3, pp.293-317.
- Oro, T. et al., 2013. Propriedades de pasta de mesclas de farinha integral com farinha refinada usadas na produção de pães. *Ciência Rural*, 43(4), pp.754-60.
- Oro, T. et al., 2013. Propriedades de pasta de mesclas de farinha integral com farinha refinada usadas na produção de pães. *Ciência Rural*, 43(4), pp.754-60.
- Ou, B., Hampsch-Woodill, M. & Prior, R., 2001. Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 49, pp.4619-26.
- Patto, M. et al., 2015. Achievements and Challenges in Improving the Nutritional Quality of Food Legumes. *Critical Reviews in Plant Sciences*, pp.105-43.
- Pelgrom, P., Vissers, A., Boom, R. & Schutyser, M., 2013. Dry fractionation for production of functional pea protein concentrates. *Food Research International*, 53, pp.232-39.

- Pelgrom, P., Vissers, A., Boom, R. & Schutyser, M., 2013. Dry fractionation for production of functional pea protein concentrates. *Food Research International*, 53, pp.232-39.
- Ratnayake, W. & Jackson, D., 2008. Thermal behavior of resistant starches RS 2, RS 3, and RS 4. *Journal of Food Science*, 75(5), pp.356-66.
- Rehmar, Z., Salariya, A. & Zafar, S., 2001. Effect of processing on available carbohydrate content and starch digestibility of kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry*, 73, pp.351-55.
- Ribeiro, N., Filho, A., Poersch, N. & Rosa, S., 2007. Padronização de metodologia para avaliação do tempo de cozimento dos grãos de feijão. *Bragantia*, 66(2), pp.335-46.
- Rizkalla, S., Bellisle, F. & Slama, G., 2002. Health benefits of low glycaemic index foods, such as pulses, in diabetic patients and health individuals. *British Journal of Nutrition*, 88, pp.S255-62.
- Roca, J. & Brugués, S., 2007. *La Cocina al Vacío*. 4th ed. Barcelona: Montagué Editores.
- Rubalya, V. & Neelamagam, P., 2012. Antioxidant potential in vegetable oil. *Research Journal of Chemistry and Environment*, 16, pp.87-94.
- Sajilata, M., Singhal, R. & Kulkarni, P., 2006. Resistant Starch - A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, pp.1-17.
- Sánchez-Arteaga, H., Urias-Silvas, J., Espinosa-Andrews, H. & Garcia-Marquez, E., 2015. Effect of chemical composition and thermal properties on the cooking quality of common beans (*Phaseolus vulgaris*). *CyTA - Journal of Science*, 13(3), pp.385-91.
- Sarmiento, T., 2012. *Impacto del procesamiento sobre la pared celular y las propiedades hipoglucémicas y tecnofuncionales de leguminosas*. Tese de Doutoramento ed. Universidad Autónoma de Madrid. Tese de Doutoramento.
- Sathe, S., 2002. Dry bean protein functionality. *Critical Reviews in Biotechnology*, 22, pp.175-223.

- Sequeira, R., 2007. *Escola de Cozinha - Técnicas de preparação e receitas*. Lisboa: Editorial Presença.
- Seybold, C. et al., 2004. Changes in contents of carotenoids and vitamin E during tomato processing. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 52, pp.7005-10.
- Sharma, A., Yadav, B. & Ritika, 2008. Resistant starch: Physiological roles and food applications. *Food Reviews International*, 24, pp.193-234.
- Shevkani, K., Kaur, A., Kumar, S. & Singh, N., 2015. Cowpea protein isolates: Functional properties and application in gluten-free rice muffins. *LWT - Food Science and Technology*, 63, pp.927-33.
- Shimelis, E. & Raskit, K., 2005. Proximate composition and physico-chemical properties of improved dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in Ethiopia. *LWT*, 38, pp.331-38.
- Singhal, P., Kaushik, G. & Mathur, P., 2014. Antidiabetic Potential of Commonly Consumed Legumes: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, pp.655-72.
- Stamatakis, G. et al., 2009. Detection and isolation of antiatherogenic and antioxidant substances present in olive mill wastes by a novel filtration system. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 57(22), pp.10554-64.
- Szczesniak, A., Humbugh, P. & Block, H., 1970. Behaviour of different foods in the standard shear compression cell of the shear press and the effect of sample weight on peak area and maximum force. *Journal of Texture Studies*, 1, pp.356-78.
- Tharanathan, R., 2002. Food-derived carbohydrates: Structural complexity and functional diversity. *Critical Reviews in Biotechnology*, pp.65-84.
- Tharanathan, R. & Mahadevamma, S., 2003. Grain legumes - a boon to human nutrition. *Trends in Food Science and Technology*, 14, pp.507-17.
- Tharanathan, R. & Mahadevamma, S., 2003. Grain legumes - a boon to human nutrition. *Trends in food Science & Technology*, pp.507-18.

- Tinus, T., Damour, M., Riel, M. & Sopade, P., 2012. Particle size starch-protein digestibility relationships in cowpea (*Vigna unguiculata*). *Journal of Food Engineering*, pp.254-64.
- Topping, D. & Clifton, P., 2001. Short-chain fatty acids and human colonic function: roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. *Physiological Reviews*, 81(3), pp.1031-64.
- Topping, D., Fukushima, M. & Bird, A., 2003. Resistant starch as a prebiotic and synbiotic. state of the art. *Proceedings of the Nutrition Society*, pp.171-76.
- Tosh, S. & Yada, S., 2010. Dietary fibres in pulse seeds and fractions: Characterization, functional attributes, and applications. *Food Research International*, (43), pp.450-60.
- USDA, 2015. *National Nutrient Database for Standard Reference*. [Online] (Release 28, Software v. 2.3.2) Disponível em: <http://www.ars.usda.gov/> [Acedido Out 2015].
- Wang, S. & Copeland, L., 2013. Molecular disassembly of starch granules during gelatinization and its effect on starch digestibility: a review. *Food and Function*, 4, pp.1564-80.
- Wang, T. et al., 2003. Can we improve the nutritional quality of legume seeds? *Plant Physiology*, 131, pp.886-91.
- Wang, N., Hatcher, D., Toews, R. & Gawalko, E., 2009. Influence of cooking and dehulling on nutritional composition of several varieties of lentils (*Lens culinaris*). *LWT - Food Science and Technology*, 42, pp.842-48.
- Wang, N. et al., 2010. Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Food Research International*, 43(2), pp.589-94.
- Wang, H. & Ratnayake, S., 2014. Physicochemical and thermal properties of *Phaseolus vulgaris* L. var. Great Northern bean starch. *Journal of Food Science*, 79(3), pp.295-300.

- Wani, I., Sogi, D., Wani, A. & Gill, B., 2013. Physico-chemical and functional properties of flours from Indian kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *LWT - Food Science and Technology*, 53(1), pp.278-84.
- Wiesenborn, D., Orr, P., Casper, H. & Tecke, B., 1994. Potato starch paste behaviour as related to some physical/chemical properties. *Journal of Food Science*, 59, pp.644-48.
- Yoshida, H. et al., 2013. Profiles of lipid components, fatty acid distributions of triacylglycerols and phospholipids in Jack beans (*Canavalia gladiata* DC.). *Food Chemistry*, 136, pp.807-12.
- Zhao, Y. & Xie, J., 2004. Practical applications of vacuum impregnation in fruit and vegetable processing. *Trends in Food Science & Technology*, pp.434-51.
- Zobel, H., 1988. Molecules to granules: a comprehensive starch review. *Starch*, 40, pp.44-50.

## ANEXOS

### Tabelas adicionais

Tabela 15 – Conteúdo lipídico das variedades estudadas em cada tipo de processamento (g/Kg)

	<b>LÍPIDOS (g/kg)</b>			
	Nativo	C. normal	C. alta pressão	C. baixa pressão
<b>Tarrestre</b>	19.0 ± 0.3 <sup>a</sup>	43.2 ± 0.2 <sup>bc</sup>	43.0 ± 0.1 <sup>b</sup>	43.0 ± 0.3 <sup>c</sup>
<b>Moleiro</b>	16.0 ± 0.2 <sup>a</sup>	45.2 ± 0.4 <sup>bc</sup>	42.0 ± 0.2 <sup>b</sup>	46.4 ± 0.2 <sup>c</sup>
<b>Patalar</b>	21.0 ± 0.7 <sup>a</sup>	47.1 ± 0.2 <sup>bc</sup>	46.6 ± 0.1 <sup>b</sup>	52.7 ± 0.0 <sup>c</sup>

Os valores com a mesma letra e na mesma linha não têm resultados estatisticamente diferentes (p = 0.05, n=9)

Tabela 16 – Conteúdo proteico das variedades estudadas em cada tipo de processamento (g/Kg)

	<b>PROTEÍNA (g/kg)</b>			
	Nativo	C. normal	C. alta pressão	C. baixa pressão
<b>Tarrestre</b>	229.0 ± 0.7 <sup>a</sup>	319.8 ± 0.1 <sup>b</sup>	319.3 ± 0.9 <sup>b</sup>	342.4 ± 1.8 <sup>b</sup>
<b>Moleiro</b>	247.0 ± 0.1 <sup>a</sup>	291.4 ± 0.4 <sup>b</sup>	279.4 ± 1.4 <sup>b</sup>	290.7 ± 0.5 <sup>b</sup>
<b>Patalar</b>	208.0 ± 1.7 <sup>a</sup>	261.4 ± 0.2 <sup>b</sup>	259.9 ± 0.7 <sup>b</sup>	271.3 ± 1.8 <sup>b</sup>

Os valores com a mesma letra e na mesma linha não têm resultados estatisticamente diferentes (p = 0.05, n=9)

Tabela 17 – Conteúdo de amido resistente das variedades estudadas em cada tipo de processamento (g/Kg)

	<b>AMIDO RESISTENTE (g/Kg)</b>			
	Nativo	C. normal	C. alta pressão	C. baixa pressão
<b>Moleiro</b>	33,30 ± 0,85 <sup>b</sup>	4,55 ± 0,10 <sup>b</sup>	4,70 ± 0,23 <sup>b</sup>	4,32 ± 0,12 <sup>b</sup>
<b>Patalar</b>	34,43 ± 1,45 <sup>b</sup>	4,81 ± 0,66 <sup>b</sup>	4,17 ± 0,69 <sup>b</sup>	5,26 ± 0,04 <sup>b</sup>
<b>Tarrestre</b>	32,07 ± 1,76 <sup>a</sup>	3,94 ± 0,29 <sup>a</sup>	4,23 ± 0,11 <sup>a</sup>	3,42 ± 0,05 <sup>a</sup>

Os valores com a mesma letra e na mesma linha não têm resultados estatisticamente diferentes (p = 0.05, n=9)

**COR (L\*a\*b\*)**

		<b>Tarrestre</b>	<b>Moleiro</b>	<b>Patalar</b>
Nativo	L*	50.22± 5.08 <sup>b</sup>	54.73 ± 20.4 <sup>b</sup>	76.96 ± 0.09 <sup>b</sup>
	a*	9.02 ± 1.35 *	7.67 ± 0.31 *	0.24 ± 0.34 *
	b*	16.37 ± 2.35 <sup>ii</sup>	17.10 ± 0.86 <sup>ii</sup>	8.25 ± 1.10 <sup>ii</sup>
C. normal	L*	33,21±1.14 <sup>a</sup>	47,21±1.96 <sup>a</sup>	59,96±3.72 <sup>a</sup>
	a*	4,37±0.81 *	6,52±1.18 *	1,28±0.17 *
	b*	3,08±1.13 <sup>i</sup>	12,40±1.57 <sup>i</sup>	9,13±1.27 <sup>i</sup>
C. alta pressão	L*	37,15±2.00 <sup>a</sup>	41,02±107 <sup>a</sup>	55,65±7.96 <sup>a</sup>
	a*	6,12±0.61 *	7,55±1.38 *	1,44±0.52 *
	b*	5,84±1.15 <sup>i</sup>	10,01±1.54 <sup>i</sup>	8,57±1.50 <sup>i</sup>
C. baixa pressão	L*	35,08±3.27 <sup>a</sup>	45,33±1.26 <sup>a</sup>	53,82±9.81 <sup>a</sup>
	a*	6,23±1.40 *	8,08±0.2 *	1,90±0.60 *
	b*	4,48±2.0 <sup>i</sup>	12,06±0.58 <sup>i</sup>	9,71±2.21 <sup>i</sup>

Os valores com a mesma sinalização e na mesma linha não têm resultados estatisticamente diferentes (p = 0.05, n=9)

**INTEGRIDADE DO GRÃO (%)**

	<b>CN</b>	<b>CAP</b>	<b>CBP</b>
Moleiro	86,67 ± 4,67 <sup>b</sup>	20,67 ± 0,67 <sup>a</sup>	11,33 ± 4,67 <sup>a</sup>
Tarrestre	8,00 ± 2,00 <sup>b</sup>	1,33 ± 2,67 <sup>a</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>a</sup>
Patalar	72,67 ± 2,67 <sup>b</sup>	40,00 ± 2,00 <sup>a</sup>	0,67 ± 0,67 <sup>a</sup>

Os valores com a mesma letra e na mesma linha não têm resultados estatisticamente diferentes (p = 0.05, n=9)

Tabela 18 - Perfil de viscosidade do feijão inteiro

	<b>Peak 1</b>	<b>Trough 1</b>	<b>Breakdown</b>	<b>Final Visc</b>	<b>Setback</b>	<b>Peak Time</b>	<b>Pasting Temp</b>
Tarrestre	574.00 ± 1,41	541,00 ± 8,49	33,00 ± 9,90	927,50 ± 6,36	386,50 ± 14,85	6,70 ± 0,24	84,38 ± 0,53
Moleiro	522.50 ± 12.02	492,50 ± 0,71	30,00 ± 11,31	768,50 ± 24,75	276,00 ± 24,04	6,90 ± 0,04	89,23 ± 0,53
Patalar	1149.00 ± 2.83	1111,00 ± 2,83	38,00 ± 5,66	2178,00 ± 16,97	1067,00 ± 19,80	6,24 ± 0,05	82,20 ± 0,00

Tabela 19 - Perfil de viscosidade do amido de feijão

	<b>Peak 1</b>	<b>Trough 1</b>	<b>Breakdown</b>	<b>Final Visc</b>	<b>Setback</b>	<b>Peak Time</b>	<b>Pasting Temp</b>
Tarrestre	3824,33 ± 28,11	2454,00 ± 53,11	1370,33 ± 37,75	5052,00 ± 39,74	2598,00 ± 63,10	4,60 ± 0,07	79,12 ± 0,80
Moleiro	3403,33 ± 39,68	2292,00 ± 41,62	1111,33 ± 26,65	4249,00 ± 58,28	1957,00 ± 24,33	4,55 ± 0,04	79,13 ± 0,03
Patalar	3926,00 ± 46,81	2274,67 ± 25,72	1651,33 ± 22,01	4827,33 ± 74,06	2552,67 ± 55,61	4,00 ± 0,00	77,5 ± 0,09

# Trabalhos realizados durante a elaboração da presente dissertação

## EXPLORING COMMON BEAN RESISTANT STARCH VARIABILITY AS FUNCTION OF GENETIC RESOURCES AND SEED FRACTIONS

CASTANHO, A<sup>1</sup>, CARBAS, B<sup>1</sup>, SERRANO, C<sup>1</sup>, VAZ PATTO, C<sup>2</sup>, MECHA, E<sup>2</sup>, BRONZE, M<sup>2,3</sup>, BRITES, C<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INIAV, Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, 2784-505 Oeiras, Portugal

<sup>2</sup> ITQB, Instituto de Tecnologia Química e Biológica, Universidade Nova de Lisboa, Apartado 127, 2781-901 Oeiras, Portugal

<sup>3</sup> Faculdade de Farmácia, Universidade de Lisboa, Av. das Forças Armadas, 1649-019 Lisboa, Portugal

### INTRODUCTION

RS is considered the third type of dietary fiber, resists digestion and is fermented in the large intestine.

Compared with no GMO cereals, pulses are a great source of resistant starch (Table 1) and beans reveals higher amounts, however, its content can vary among cultivars and even be influenced by different seed parts.

Whole flours from a collection of 81 Portuguese common bean landraces was analyzed for its resistant starch content. Three of the most produced cultivars (Patalar, Moleiro and Tarrestre) were selected to determine RS on different parts of the seed (cotyledon, coat and starch).

### METHODS

RS content was determined by a Resistant Starch Assay kit (Megazyme International Ireland Ltd., Bray, Ireland). The analyses were performed on the whole bean flours. Starch was isolated from whole flours. Seeds coats were removed after 16h of grain soaking in distilled water at room temperature. Mean and variance analyses were performed using SPSS 20 (Figure 1).



FIGURE 1 - ADVANTAGES OF RESISTANT STARCH (2)

TABLE 1 - CONTENT OF RS ON CEREAL AND PULSE FLOURS

RS CONTENT ON CEREAL AND PULSE FLOURS	
Rice, Wheat, Millet, Barley	0.10 - 2.00% (2) (10)
Chickpea	2.10 - 6.80 % (4)
Faba bean	8.14 - 15.03% (5)
Lentils	9.10 - 14.90% (4)
Peas	10.30% - 14.70% (4)
Beans	22.00% - 36.00 - (4)

### RESULTS AND DISCUSSION

RS contents of the studied collection are in the range of 35% to 40%, higher than those found on the literature, which can be due to edaphoclimatic and genetic conditions (Graphic 1).

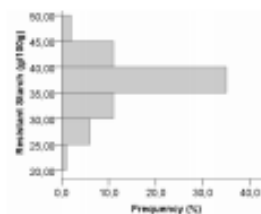
The RS content on whole flours showed highest values than the other different seed parts (cotyledon, coat) and than quantified directly in the isolated starch. (Table 2)

The RS content of the coat was almost insignificant as it is essentially composed by fiber. The values of RS on the cotyledon are lower than expected, as the coat sum does not reach whole flours content. RS on starch is even lower.

The results show that the processing before the RS measurements (soaking, washing for starch isolation) may decrease its' content. Other compounds such as protein or fat can establish linkage with starch and increase the RS amounts. (7), however further studies are needed to explain that differences.

TABLE 2 - RESISTANT STARCH ON FLOURS AND SEED PARTS OF BEAN, RECOVERED STARCH

	Whole flour (N)	Starch (N)	Cotyledon (N)	Coat (N)	Recovered starch (N)
MOLEIRO	22,82 ± 0,23	16,06 ± 0,09	25,87 ± 0,16	0,63	22,40
PATALAR	22,90 ± 0,65	15,18 ± 0,21	27,84 ± 0,85	4,28	25,50
TARRESTRE	21,11 ± 0,82	10,39 ± 0,36	27,52 ± 0,21	1,19	22,80



GRAPHIC 1 - RESISTANT STARCH CONTENT OF THE STUDIED COLLECTION



IMAGE 1 - COAT AND COTYLEDON. (a) MOLEIRO, (b) TARRRESTRE (c) PATALAR

### REFERENCES

1. HANSEN, A. Health properties of resistant starch. Nutrition Bulletin, 30, n. 3, 2001, 23-34.
2. FAYET, L.; MATHIAS, J., et al. Resistant starch in functional ingredients: a review. Food Research International, v. 43, p. 10-18, 2010.
3. HUGH, et al. Starch digestibility and the estimated glycaemic index of different types of rice differing in amylose content. v. 43, p. 25-28, 2004.
4. HANSEN, L.; HANSEN, A., et al. Starch, its fermentation activity and nutrient composition of various cereals for food use. Food Chemistry, v. 96, n. 1, p. 15-24, 2006.
5. CHANG, H., et al. In vitro starch digestibility, apparent glycaemic index and some physicochemical properties of starch and flour from common bean (Phaseolus vulgaris L.) cultivars grown in Canada. Food Research International, v. 43, p. 181-179, 2010.
6. ANDRÉASSON, E., et al. Structure of tuber, bean, chickpea and green bean starches at different levels of granule organization and their physicochemical properties. Food Research International, v. 43, n. 4, p. 1062-1070, 2010.
7. ANDRÉASSON, E., et al. Preparing health benefits and applications of resistant starches. Food Research International, 2014.



## Exploring common bean resistant starch variability as function of genetic resources and seed fractions

A. Castanho<sup>1</sup>, B. Carbas<sup>1</sup>, C. Serrano<sup>1</sup>, MC. Vaz-Patto<sup>2</sup>, E. Mecha<sup>2</sup>, M. Bronze<sup>2,3,4</sup>, C. Brites<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>INIAV, Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, Oeiras, Portugal

<sup>2</sup>ITQB, Instituto de Tecnologia Química e Biológica, Oeiras, Portugal

<sup>3</sup>IBET, Instituto de Biologia Experimental e Tecnológica, Oeiras, Portugal

<sup>4</sup>FFUL, Faculdade de Farmácia da Universidade de Lisboa, Portugal

\*E-mail: [carla.brites@iniav.pt](mailto:carla.brites@iniav.pt)

### Abstract

Common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) are a great source of resistant starch (RS). Resistant starches can improve the nutritional properties of innovative foods and their supplementation levels can be explored without compromising organoleptic and sensory properties of the foods.

Understanding the effect of genetic diversity as well as seed fractions viz., seed coat, cotyledon, whole flour and starch on RS contents will be useful to optimize the nutritional supplementation of beans in various food products.

The RS content of whole bean flours from one collection of Portuguese beans landraces was characterized and ranged from 22 to 48%. Three of the most produced Portuguese cultivars, *Patalar*, *Tarrestre* and *Moleiro*, were selected to determine RS separately on beans seed coat, cotyledon and starch. The mean results for resistant starch suggested that whole bean flour had maximum levels of RS (~33%) followed by cotyledon (~27%) and starch (~14%). The seed coat fraction had minimum mean RS content i.e. ~1 %. The results suggested the interference of non starch compounds, mostly present in cotyledons, for the RS measurement.

# Exploring nutritional and pasting properties of Portuguese common beans as source of functional starch for rice-bean mixtures

Carbas, B<sup>1</sup>, Castanho, A<sup>1</sup>, Lourenço, D<sup>1</sup>, Mecha, E<sup>2</sup>, Serrano, C<sup>3</sup>, Veiga MI<sup>2</sup>, Bronze MR<sup>2,3</sup>, Vaz Patto M C<sup>2</sup>, Brites C<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>INIAV, Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. Av. da República, Quinta do Marquês, 2784-505 Oeiras, Portugal. \*[carla.brites@iniav.pt](mailto:carla.brites@iniav.pt)

<sup>2</sup>ITQB, Instituto de Tecnologia Química e Biológica, Universidade Nova de Lisboa, Apartado 127, 2781-901 Oeiras, Portugal.

<sup>3</sup>Faculdade de Farmácia, Universidade de Lisboa, Av. das Forças Armadas, 1649-019 Lisboa, Portugal;

## Abstract

Three of the most cultivated Portuguese bean landraces (Patalar, Moleiro and Tarrestre) were studied for their nutritional properties regarding protein, fat, tocopherols, antioxidant activity and total phenolic. Protein and fat values were similar between varieties (208-247 g/Kg and 16-21 g/Kg).  $\gamma$ -tocopherol values were lower on Tarrestre bean flour (1.22  $\mu\text{g/g}$ ) than on the other two varieties (4.23 and 4.91  $\mu\text{g/g}$  to Patalar and Moleiro, respectively);  $\delta$ -tocopherol values were similar on the three varieties (0.26 - 0.29  $\mu\text{g/g}$ ). Antioxidant activity and total phenolic content show related values and the lowest values of both variables were observed on white bean Patalar.

The starches of the three cultivars were extracted and its pasting properties were compared with the whole flours'. Mixtures of rice and bean starches and flours were tested for their pasting behavior, thermal properties and amylose content. The amylose content was determined on whole flour and starch by Iodine Binding (IB) and DSC methods; higher values of amylose on starch suggests significant interference of other whole flours' compounds and differences in the results of both methods reveals the difficulty in screening this compound. Pasting properties of pure bean starches revealed higher viscosity values than rice and bean-rice starch formulations. Mixing bean with rice starch lowers setback, which is a great advantage if used on food

# Determination of amylose content by Iodine Binding and Differential Scanning Calorimetry to rice and beans in the whole flour and starch

Carbas, B<sup>1</sup>, Castanho, A<sup>1</sup>, Lourenço, D<sup>1</sup>, Mecha, E<sup>2</sup>, Serrano, C<sup>1</sup>, Veiga M I<sup>2</sup>, Bronze M R<sup>2,3</sup>, Vaz Patto M C<sup>2</sup>, Brites C<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>INIAV, Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. Av. da República, Quinta do Marquês, 2784-505 Oeiras, Portugal. \*[carla.brites@iniav.pt](mailto:carla.brites@iniav.pt)

<sup>2</sup>ITQB, Instituto de Tecnologia Química e Biológica, Universidade Nova de Lisboa, Apartado 127, 2781-901 Oeiras, Portugal.

<sup>3</sup>Faculdade de Farmácia, Universidade de Lisboa, Av. das Forças Armadas, 1649-019 Lisboa, Portugal.

## Abstract

There are several methods to determinate the amylose content in food, such us iodine binding (IB), differential scanning calorimeter (DSC) and chromatographic method, recently. In this study the objectives were to compare the IB and DSC method in the determination of amylose content to bean and rice and select the best fraction (flour and starch) to determinate it.

In bean samples the amylose content are similar between IB and DSC methods, but the amylose content must be determinate in the starch fraction of samples. The bean starches ranged from 434 g/kg to 444 g/kg (IB) and 400 g/kg to 472 g/kg (DSC). In rice flour the values of amylose are similar in the IB (243 g/kg) and DSC (235 g/kg) method and in starch rice are 260 g/kg (IB) and 281 g/kg (DSC). The flour and starch results are not significant different can be due low protein and fat content in rice.

**Keywords:** Differential scanning calorimetry (DSC); Iodine Binding (IB); Flour; Starch

## Effect of viscosity profiles by incorporating starch rice in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Carbas, B<sup>1</sup>, Castanho, A<sup>1</sup>, Lourenço, D<sup>1</sup>, Mecha, E<sup>2</sup>, Serrano, C<sup>1</sup>, Veiga M I<sup>2</sup>, Bronze M R<sup>2,3</sup>, Vaz Patto M C<sup>2</sup>, Brites C<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>INIAV, Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. Av. da República, Quinta do Marquês, 2784-505 Oeiras, Portugal. \*[carla.brites@iniav.pt](mailto:carla.brites@iniav.pt)

<sup>2</sup>ITQB, Instituto de Tecnologia Química e Biológica, Universidade Nova de Lisboa, Apartado 127, 2781-901 Oeiras, Portugal.

<sup>3</sup>Faculdade de Farmácia, Universidade de Lisboa, Av. das Forças Armadas, 1649-019 Lisboa, Portugal.

### Abstract

The behavior of pasting and thermal properties of bean starches from Patalar, Moleiro, Tarrestre and rice starch mixtures were observed. Pasting properties of pure bean starches revealed higher viscosity values than rice and bean-rice starch formulations. Patalar 50 % showed the highest peak viscosity while Tarrestre 30 % showed highest final viscosity and setback. In contrast, Moleiro 50 % showed the lowest peak viscosity, breakdown, final viscosity and setback. Tarrestre 30 % highest onset and peak gelatinization temperature and the lowest gelatinization temperature range. However, Tarrestre 50 % showed the lowest onset and peak gelatinization but highest gelatinization temperature range. Patalar starch with incorporation of rice exhibited a constant behaviour in relation of pasting and thermal properties. Mixtures of bean-rice starch showed low setback which is a great advantage in the food industry due it will increase thermal properties, contributing for the quality of cereal frozen food.

# CURRICULUM VITAE \_ ANA CASTANHO

## INFORMAÇÃO PESSOAL

---



**NOME** Ana Lúcia Vargas Castanho

**MORADA** Av do Colégio Militar, 153, 5ºB, 1500-183 Lisboa (Portugal)

**DATA DE NASCIMENTO** 25/01/1985

**E-MAIL** anavargascastanho@gmail.com

**WEBSITE** www.anacastanho.com

**TEL** 969492207

## EXPERIÊNCIA PROFISSIONAL

---

Set 2014 – presente

INIAV (Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária), Oeiras  
Estágio

Colaboração no projeto de investigação BEGEQA Exploiting Bean Genetics for food Quality and Attractiveness innovation.  
Determinação e análise de parâmetros químicos e reológicos em grãos de leguminosas e arroz.

Set 2013 – Nov 2013

Hospital D. Estefânia, Psiquiatria, Lisboa

Promoção de workshops de cozinha e pastelaria para crianças.

Ago 2013 – Out 2013

INSA-DAN (Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge – Departamento de Alimentação e Nutrição)  
Estágio

Análise química e microbiológica de alimentos.

Jul 2012 – Set 2012

Hotel The Oitavos, Cascais  
Estágio

Conceptualização e elaboração de diversas sobremesas.  
Preparação de diversos bolos de pequeno-almoço, sobremesas elaboradas, sobremesas para banquetes e para serviço à carta.

Jun 2011 – Ago 2011

Hotel Farol Design, Cascais  
Estágio

Elaboração de diversos pratos de cozinha de autor à carta e em buffet; preparação de mise en place; preparação e conceptualização de sobremesas.

## FORMAÇÃO ACADÉMICA

---

2013 – Presente

Mestrado em Inovação em Artes Culinárias  
Escola Superior de Hotelaria e Turismo do Estoril, Estoril

Conclusão da parte escolar do mestrado com a média de 18 valores. Atualmente a terminar a dissertação sob o tema "Implicações do processamento na qualidade nutricional e organoléptica de 3 variedades tradicionais de feijão comum".

Formação teórica e prática em diversas técnicas da cozinha e pastelaria atual (fornos Rational, confeção em sous-vide tradicional e com o aparelho Gastrovac, utilização de azoto líquido, aplicação de técnicas da gastronomia molecular, etc).

Aquisição de conhecimentos de análise sensorial, conceptualização de menus vínicos. Grande componente na área do *food design* e desenvolvimento e inovação de produtos alimentares. Participação num projeto multidisciplinar de desenvolvimento e inovação de produtos em parceria com a empresa Casa da Prisca. Contacto com diversos chefs de renome tais como Nuno Diniz, Miguel Castro e Silva, Nuno Barros, etc.

2010 – 2013

**Licenciatura em Produção Alimentar em Restauração**

Escola Superior de Hotelaria e Turismo do Estoril, Estoril (Portugal)

Média final de 16 valores.

Competências adquiridas ao nível da nutrição, química, tecnologia e microbiologia alimentar, bem como ao nível da higiene e segurança alimentar. Formação teórica e prática em pastelaria, cozinha e panificação, incluindo a conceção de produtos dietéticos e funcionais.

2003 – 2010

**Mestrado Integrado em Arquitectura**

ISCTE – IUL, Lisboa

Conclusão da licenciatura com a média final de 13 valores. Conclusão da parte escolar do mestrado com a média de 14 valores. Dissertação de mestrado não concluída.

Aquisição de conhecimentos ao nível da conceptualização de projetos.

**Outra formação:**

Nov 2009

Frequentou o workshop de Cocktails Moleculares lecionado pela CookingLab

Set/Out 2009

Frequentou o curso de Bolos Decorados Wilton (nível I), lecionado pela Isto Faz-se

Jan 2009

Frequentou o workshop de Bolos Decorados com Pasta Americana (nível II), lecionado pela Isto Faz-se

---

**COMPETÊNCIAS LINGUISTICAS**

Fluente em Inglês falado e escrito  
Compreensão de Francês falado e escrito

---

**COMPETÊNCIAS INFORMÁTICAS**

Excelente domínio de informática na óptica do utilizador. Domínio de programas Microsoft Office; SPSS; WinRest; Programas de imagem (autocad; photoshop; fireworks; 3ds max; maya; dreamweaver)

---

**OUTRAS COMPETÊNCIAS**

Grande gosto pela nutrição, pastelaria e cozinha. Grande criatividade e gosto pela decoração, design e fotografia.

Desde 2008 autora do blog Céu da Boca ([www.anacastanho.com](http://www.anacastanho.com)), distinguido entre os melhores 15 blogues portugueses de culinária pela revista Vogue em 2013.

Colabora na organização de exposições no espaço ArtResearch e na atualização do website [jorgecastanho.com](http://jorgecastanho.com) desde 2010.

Carta de condução B e viatura própria