



INSTITUTO POLITÉCNICO DE SANTARÉM
Escola Superior Agrária de Santarém
Mestrado em Tecnologia Alimentar

**CARACTERIZAÇÃO DE VARIEDADES DE FEIJÃO TRADICIONAIS
PORTUGUESAS E AVALIAÇÃO DA APTIDÃO TECNOLÓGICA PARA
ELABORAÇÃO DE CONSERVA EM LATA**

Ana Cláudia Ganhão Fernandes

Santarém

2017

INSTITUTO POLITÉCNICO DE SANTARÉM
Escola Superior Agrária de Santarém
Mestrado em Tecnologia Alimentar

**CARACTERIZAÇÃO DE VARIEDADES DE FEIJÃO TRADICIONAIS
PORTUGUESAS E AVALIAÇÃO DA APTIDÃO TECNOLÓGICA PARA
ELABORAÇÃO DE CONSERVA EM LATA**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Tecnologia Alimentar

Ana Cláudia Ganhão Fernandes

Orientador:
Doutor João Augusto Marques de Almeida

Santarém

2017

DEDICATÓRIA

*Ao meu pai,
e à memória da minha mãe*

AGRADECIMENTOS

No decorrer deste trabalho foram muitas as pessoas a quem me sinto agradecida pela ajuda e apoio que me deram.

Expresso o meu sincero reconhecimento ao meu Orientador, Doutor João Almeida, pelo convite para integrar este projeto, pelo incentivo e confiança ao longo das atividades realizadas, pelos conhecimentos transmitidos, pelas sugestões e valioso apoio prestado ao desenvolvimento da presente dissertação.

Agradeço à Doutora Olga Moreira coordenadora do Pólo de Santarém do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, por ter proporcionado a realização deste trabalho nas respetivas instalações, bem como agradeço a todos os seus funcionários pela colaboração no decorrer da componente experimental.

Na Escola Superior Agrária de Santarém agradeço a todos os docentes e a todos os quanto nela trabalham pela disponibilidade e colaboração que me permitiram avançar ao longo deste percurso. À Doutora Marília Henriques, coordenadora do Curso de Mestrado pelo apoio e incentivo desde o primeiro dia e à Eng.^a Concha Faro pela ajuda e disponibilidade com que me recebeu nos laboratórios de nutrição.

Agradeço à Eng.^a Elsa Carvalho e ao Eng.^o Nuno Moreira colaboradores da parceira do Projeto, a Compal, S.A. pela forma como acolheram este desafio e disponibilizaram o laboratório de Investigação & Desenvolvimento para a realização do presente estudo, partilhando também a sua experiência industrial enquanto unidade conserveira.

Agradeço ao Gonçalo pelo apoio e espírito crítico.

Agradeço ao principal responsável por me ter inscrito no Mestrado de Tecnologia Alimentar, o meu pai, pelo incentivo que me deu e a forma como me apoiou, facilitou e priorizou o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

CARACTERIZAÇÃO DE VARIEDADES DE FEIJÃO TRADICIONAIS PORTUGUESAS E AVALIAÇÃO DA APTIDÃO TECNOLÓGICA PARA ELABORAÇÃO DE CONSERVA EM LATA

O presente trabalho foi desenvolvido com três variedades de feijão tradicionais portuguesas: Moleiro, Patalar e Tarrestre, bem distintas fenotipicamente, tendo-se registado diferenças significativas ($p < 0,05$) entre si quanto aos diversos aspetos morfológicos avaliados, em seco e em conserva. Na demolha o Patalar e o Tarrestre obtiveram curvas de hidratação semelhantes à variedade comercial Branco, tendo o Patalar duplicado o seu peso num período de 10-12 horas. Após esterilização, registaram-se diferenças significativas ($p < 0,05$) nos parâmetros avaliados, mais expressivas entre variedades tradicionais, do que entre as cinco intensidades de tratamento térmico efetuadas. Em termos de macroconstituintes, as variedades tradicionais Moleiro e Tarrestre possuem um teor proteico superior às duas variedades comerciais. A avaliação sensorial revelou que as variedades tradicionais em conserva possuem boa aparência, elevada intensidade de sabor, uma dureza equivalente às variedades comerciais e uma elevada apreciação global.

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF PORTUGUESE COMMON BEANS LANDRACES (*Phaseolus vulgaris*) AND TECHNICAL EVALUATION FOR INDUSTRIAL CANNING

The present study was developed with three varieties of Portuguese common bean landraces: Moleiro, Patalar and Tarrestre, which are phenotypically very distinct, with significant differences ($p < 0.05$) in the evaluated morphological aspects of the dry and canned beans. Patalar and Tarrestre obtained hydration curves similar to the commercial variety Branco, with Patalar doubling its weight in a period of 10-12 hours. After sterilization, there were significant differences ($p < 0.05$) in the evaluated attributes on the canned beans, more significant between traditional varieties, than between the five heat treatment intensities. In terms of chemical composition, the traditional varieties Moleiro and Tarrestre have higher protein content than the two commercial varieties. Sensory evaluation has shown that traditional canned varieties have good appearance, high flavor intensity, a hardness equivalent to commercial varieties and a high overall appreciation.

ÍNDICE GERAL

DEDICATÓRIA	I
AGRADECIMENTOS	II
RESUMO	III
ABSTRACT	IV
Índice de tabelas	VIII
Índice de figuras	X
1. ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS	1
2. INTRODUÇÃO	2
2.1 Características do feijão	4
2.1.1 Origem.....	4
2.1.2 Estrutura da semente.....	4
Tegumento	5
Cotilédones	6
2.1.3 Composição química.....	7
Proteínas.....	8
Hidratos de carbono	8
Fibra.....	9
Lípidos.....	9
Vitaminas e Minerais	9
Fatores antinutricionais.....	10
2.2 Consumo de conservas de feijão.....	11
2.2.1 Elaboração de conserva de feijão	14
Escolha e limpeza da matéria-prima	15
Demolha.....	15
Branqueamento	18
Enchimento	19
Esterilização	20
Método da fórmula de Ball	25
Autoclaves.....	26

2.3	Indicadores para avaliação do processo tecnológico	26
2.3.1	Cor	26
2.3.2	Textura	28
2.3.3	Análise sensorial.....	30
3.	DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL	32
3.1	Plano de trabalho	32
3.2	Matéria-prima.....	34
3.3	Operações tecnológicas	35
	Demolhagem	35
	Branqueamento	35
	Enchimento	35
	Esterilização	35
3.4	Avaliação físico-química.....	36
3.4.1	Caracterização morfológica.....	36
	Comprimento, Largura, Espessura e Peso das sementes	36
	Diâmetro equivalente.....	36
	Esfericidade.....	36
	Relação largura/comprimento	37
3.4.2	Número de sementes por 100 g	37
3.4.3	Peso de 100 sementes	37
3.4.4	Densidade	37
3.4.5	Capacidade de hidratação	37
	Modelo de Peleg.....	38
3.4.6	Cor	38
3.4.7	Textura	39
3.4.8	Análise dos macroconstituintes	40
3.4.9	Teor de humidade.....	40
3.4.10	Teor de cinza total	41
3.4.11	Teor de gordura bruta	41
3.4.12	Teor de proteína bruta	41
3.4.13	Teor de fibra bruta	42

3.4.14	Teor em hidratos de carbono	42
3.5	Análise sensorial	42
3.6	Análise estatística	43
4.	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	44
4.1	Feijão seco.....	44
4.1.1	Morfologia.....	44
4.1.2	Cor	47
4.1.3	Densidade	49
4.1.4	Capacidade de Hidratação.....	50
4.2	Feijão em conserva	53
4.2.1	Morfologia.....	53
4.2.2	Cor	61
4.2.3	Textura	64
4.2.4	Composição em macroconstituintes	66
4.2.5	Avaliação sensorial	69
5.	CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTO	72
6.	BIBLIOGRAFIA	74
7.	ANEXOS	

Índice de tabelas

Tabela 1 - Valores de D e z para inativação microbiológica e enzimática	23
Tabela 2 - Ensaio realizados nas amostras de feijão	33
Tabela 3 - Condições de processamento reais.....	33
Tabela 4 - Valores de Fo calculados para as diversas variedades e respectivos ensaios	34
Tabela 5 - Condições de ensaio da cor	39
Tabela 6 - Condições de ensaio da textura	40
Tabela 7 - Significância do efeito da variedade, valores das médias e dos desvios padrão dos parâmetros comprimento, largura, espessura e peso das variedades de feijão seco.	44
Tabela 8 - Significância do efeito da variedade, valores das médias e dos desvios padrão do diâmetro equivalente, relação largura/comprimento, esfericidade das variedades de feijão seco.	45
Tabela 9 - Significância do efeito da variedade e valores das médias e dos desvios padrão, do nº de sementes/100g, peso de 100 sementes e classificação das variedades de feijão seco.....	46
Tabela 10 - Significância do efeito da variedade e valores das médias e dos desvios padrão para os parâmetros colorimétricos Lab* das variedades de feijão seco.....	47
Tabela 11 - Significância do efeito da variedade e valores das médias e dos desvios padrão para a densidade dos feijões secos.....	49
Tabela 12 - Significância do efeito da variedade e valores das médias e dos desvios padrão para a capacidade de hidratação das variedades de feijão seco.....	52
Tabela 13 - Significância do efeito da variedade e valores das médias e dos desvios padrão do comprimento, largura, espessura e peso nas variedades de feijão em conserva	53
Tabela 14 - Significância do efeito da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball) e valores das médias e dos desvios padrão do comprimento, largura, espessura e peso nas variedades de feijão em conserva.	54
Tabela 15 - Significância do efeito da variedade e valores das médias e dos desvios padrão para os parâmetros diâmetro equivalente, relação largura/comprimento, esfericidade dos feijões em conserva.	56
Tabela 16 - Significância do efeito da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball) e valores das médias e dos desvios padrão para os parâmetros diâmetro equivalente, relação largura/comprimento, esfericidade dos feijões em conserva.	56
Tabela 17 - Significância do efeito da variedade e valores das médias e dos desvios padrão no nº de feijões/100g, no peso de 100 feijões, nº de feijões inteiros e nº de feijões partidos/100g de feijão em conserva.....	58
Tabela 18 - Significância do efeito da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball) e valores das médias e dos desvios padrão no nº de feijões em 100g, no peso de 100 feijões e no nº de feijões inteiros e nº de feijões partidos em 100g de feijão em conserva.	59
Tabela 19 - Significância do efeito da variedade e valores das médias e dos desvios padrão para os parâmetros de cor L* a* b* das variedades de feijão em conserva.	61

Tabela 20 - Significância do efeito da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball) e valores das médias e dos desvios padrão para os parâmetros de cor L* a* b* das variedades de feijão em conserva.....	62
Tabela 21 - Significância do efeito da variedade e valores das médias e dos desvios padrão para a força máxima das variedades de feijão em conserva.....	64
Tabela 22 - Significância do efeito da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball) e valores das médias e dos desvios padrão para a força máxima das variedades de feijão em conserva.....	64
Tabela 23 - Significância do efeito da variedade e valores das médias e dos desvios padrão dos teores de macroconstituintes nas variedades de feijão em conserva.....	66
Tabela 24 - Significância do efeito da variedade e valores das médias e dos desvios padrão dos parâmetros de avaliação sensorial nas variedades de feijão em conserva.	69
Tabela 25 - Significância do efeito da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball) e valores das médias e dos desvios padrão dos parâmetros de avaliação sensorial nas variedades de feijão em conserva.	69

Índice de figuras

Figura 1 - Variedades tradicionais portuguesas: Moleiro (MO), Patalar (PA) e Tarrestre (TA).....	1
Figura 2 - Esquema da semente de um feijão.....	5
Figura 3 - Seção transversal do tegumento e cotilédone de uma semente de feijão.....	6
Figura 4 - Micrografia eletrônica de varredura da estrutura das células de um cotilédone. CW – parede celular; M – lamela média; P – matriz proteica; S – grânulos de amido.....	6
Figura 5 - Representação gráfica do consumo <i>per capita</i> de leguminosas e feijão em Portugal	11
Figura 6 - Representação da quantidade de conservas de feijão produzidas em Portugal.....	12
Figura 7 - Representação gráfica da produção agrícola de feijão em Portugal	12
Figura 8 - Representação gráfica da quantidade média produzida de feijão nos 10 maiores produtores mundiais.....	13
Figura 9 - Fluxograma das principais operações unitárias do processo de fabrico de uma conserva de feijão.....	14
Figura 10 - Imagens de ressonância magnética com progressão da hidratação num feijão. (A) 20 min; (B) 80 min; (C) 140 min; (D) 200 min; (E) 260 min; (F) 320 min; (G) 380 min; (H) 440 min; (I) 500 min; (J) 560 min; (K) 620 min; (L) 680 min	16
Figura 11 - Representação típica das temperaturas registadas para o meio de aquecimento (--) e para o produto aquecido por condução (- -) durante um processo de esterilização térmica.....	21
Figura 12 - Representações gráficas típicas (a) Valor de <i>D</i> ; (b) Valor de <i>Z</i>	21
Figura 13 - Penetração de calor nas conservas por (a) condução e (b) convecção	24
Figura 14 - Curva típica de força-tempo ou força-distância.....	29
Figura 15 - Operações tecnológicas realizados à escala laboratorial	35
Figura 16 - Variedades tradicionais de feijão Moleiro, Patalar e Tarreste e detalhe das medidas de comprimento (a), largura (b) e espessura (c)	36
Figura 17 - Representação gráfica dos valores experimentais e a curva ajustada pelo Modelo de Peleg, da água absorvida ao longo do tempo de demolha do feijão: Moleiro (a), Patalar (b), Tarrestre (c), Branco (d), Frade (e).....	50
Figura 18 – Representação gráfica dos parâmetros morfológicos analisados em função da variedade e da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball)	55
Figura 19 – Representação gráfica dos parâmetros morfológicos analisados em função da variedade e da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball)	57
Figura 20 – Representação gráfica dos parâmetros de caracterização da conserva analisados em função da variedade e da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball)	60
Figura 21 - Representação gráfica dos parâmetros da cor Lab* em função da variedade e da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball)	63
Figura 22 – Representação gráfica da Força máxima em função da variedade e da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball).....	64
Figura 23 - Representação gráfica dos macroconstituintes analisados em função da variedade	68
Figura 24 - Representação gráfica dos atributos sensoriais analisados em função da variedade e da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball)	71

1. ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS

No âmbito da valorização de variedades portuguesas de feijão na indústria alimentar, é fundamental proceder à sua caracterização e ao estudo das interações dos seus atributos com as práticas de processamento na indústria alimentar. Só assim se poderá avaliar a sua introdução a um nível industrial e reunir a informação necessária para considerar a sua valorização económica e cultural.

O presente trabalho teve como objetivo global caracterizar três variedades tradicionais portuguesas de feijão relativamente à sua aptidão tecnológica para a elaboração de conserva em lata em condições de esterilização comercial e avaliar se o produto final tem características físicas, químicas e organolépticas que satisfaçam as exigências da indústria alimentar e as preferências dos consumidores.

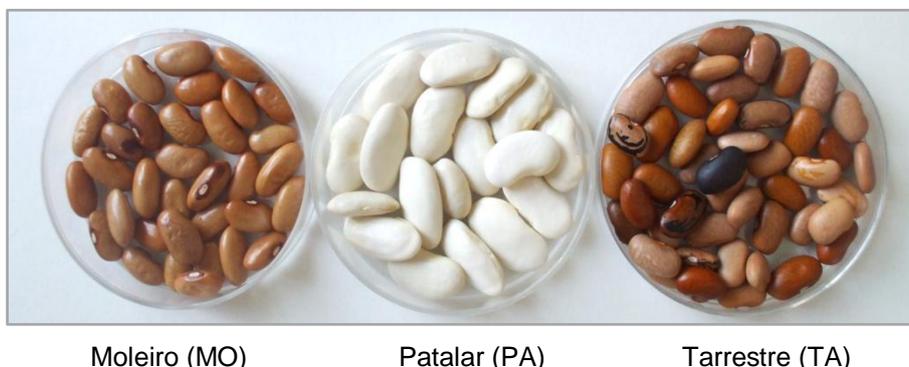


Figura 1 - Variedades tradicionais portuguesas: Moleiro (MO), Patalar (PA) e Tarrestre (TA)

As variedades tradicionais estudadas são, o feijão Moleiro, o Patalar e o Tarrestre (**Figura 1**), que se inserem no “*Catálogo de variedades de feijão cultivadas em Portugal*” de Lima *et al.*, (2007) sendo variedades com origem em Braga, Coimbra e Viana do Castelo, respetivamente.

A granulometria, a estrutura e a composição química do feijão são determinantes no seu comportamento face às diferentes operações tecnológicas de fabrico, como sejam a demolha, o branqueamento e a esterilização comercial. As características da matéria-prima interferem ainda no rendimento do processo e nas características sensoriais do produto final influenciando a sua aptidão para o processamento industrial.

Objetivos:

- Caracterizar as variedades: Moleiro, Patalar e Tarrestre relativamente à morfologia das sementes no estado seco e após esterilização.
- Modelizar a capacidade de hidratação das três variedades tradicionais e de duas comerciais usadas na indústria.
- Avaliar a influência da intensidade do tratamento térmico nas características de rendimento, morfológicas e sensoriais.
- Determinar a composição dos macroconstituintes: teores de humidade, de cinza, de proteína bruta, de gordura bruta, de fibra bruta e de hidratos de carbono.

2. INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a leguminosa mais consumida no mundo, entre as mais de 30 espécies existentes na alimentação humana (Kelly & Cichy *et al.*, 2013; Du *et al.*, 2014) sendo desta forma a espécie economicamente mais importante do género *Phaseolus* (Kwak & Gepts, 2009; Matella *et al.*, 2013)

O feijoeiro é uma cultura adaptada a uma vasta multiplicidade de condições edafo-climáticas, fruto da sua grande diversidade genotípica e fenotípica (Siddiq & Uebersax *et al.*, 2013). Inclui uma grande variedade de sementes comestíveis que diferem relativamente ao tamanho, à forma e à cor, vulgarmente designados como feijões secos (Kelly & Cichy *et al.*, 2013).

A importância económica do feijão advém da sua elevada qualidade nutricional. São excelentes fontes de amido, proteína e com razoáveis teores de fibra dietética, minerais, vitaminas e ácidos gordos polinsaturados (Chung *et al.*, 2008; Ovando-Martínez *et al.*, 2011; Tharanathan & Mahadevamma, 2003 citados por Du *et al.*, 2014).

O feijão tem despertado interesse como alimento funcional devido aos benefícios associados à saúde e na prevenção de doenças. A sua inclusão nas dietas está associada à redução do risco de obesidade, de diabetes, de doenças cardiovasculares, de incidência de cancro do cólon, próstata e mama (Correa, 1981; Hangen & Bennink, 2003; Thompson *et al.* 2009 citados por De Ron *et al.*, 2015).

Adquire um papel de crescente importância quer nos países em desenvolvimento quer nos países industrializados. Nos países em desenvolvimento por ser uma fonte de rendimento agrícola e por ser uma fonte de proteína de custo inferior à proteína de origem animal. Nos países industrializados por ser disponibilizado no mercado num formato pré-cozinhado, que facilitando a confeção das refeições, poupando tempo à rotina dos tempos modernos fazendo das conservas de feijão um alimento conveniente e seguro.

O foco da produção agrícola nas variedades comerciais adaptadas à indústria alimentar conduziu à perda de biodiversidade, sendo esta realidade reconhecida num estudo da FAO de 1984. Um grande número de variedades tradicionais desapareceu das hortas nas últimas décadas e uma das causas foi o crescente foco nas sementes híbridas por serem mais produtivas.

No passado os melhoradores genéticos basearam o critério de seleção do feijão nas características agrícolas, ou seja, na resistência da planta às doenças, no rendimento da cultura e na taxa de maturação no campo (Shimelis & Rakshit, 2005). Mais recentemente os critérios concentraram-se na produção e na nutrição mas numa perspectiva reduzida à composição química, tendo-se negligenciado de certa forma as características de qualidade sensoriais (Planos *et al.*, 2012 citados por Shimelis & Rakshit, 2005).

No nosso país está documentada a existência de diferentes variedades tradicionais de feijão (Lima *et al.*, 2007), as quais são produzidas maioritariamente por pequenos agricultores (Stoilova, & Sousa, 2013). Este tipo de variedades “rústicas”, bem adaptadas podem fornecer

um excelente material de estudo em programas de melhoramento genético, devido às suas características nutricionais e sensoriais (Rivera *et al.*, 2015).

A nível industrial o processo de fabrico de conservas de feijão encontra-se perfeitamente delineado permitindo produções em grande escala. Isto é devido ao conhecimento prévio do comportamento técnico das variedades comerciais relativamente à sequência de operações unitárias mais comuns. São elas a demolha, o branqueamento, o enchimento da embalagem, a adição de salmoura ou molho, a cravação e a aplicação de processamento térmico (esterilização comercial). A demolha, o branqueamento e o processamento térmico são etapas muito importantes para a qualidade do produto final (Matella *et al.*, 2013).

É de reconhecida importância a existência de uma abordagem multidisciplinar que integre uma caracterização abrangente das diferentes características de qualidade destas variedades tradicionais. Há que avaliar os indicadores de qualidade do feijão e verificar a sua adaptabilidade às necessidades e exigências da indústria alimentar e do consumidor final, providenciando conhecimento para introduzir na cadeia alimentar as potencialidades destas variedades (Shimelis & Rakshit, 2005).

2.1 Características do feijão

2.1.1 Origem

Botanicamente, o feijoeiro é uma dicotiledónea pertencente à família Fabaceae (anteriormente identificada como Leguminosae) (Uebersax & Siddiq *et al.*, 2013). As leguminosas têm a capacidade de fixar azoto no seu sistema radicular através da relação simbiótica com as bactérias do género *Rhizobium*, formando pequenos nódulos nas suas raízes, o que a torna numa cultura importante na conservação da qualidade do solo (Uebersax, 2006; Sathe, 2016).

A domesticação da cultura do feijão ocorreu em dois locais distintos, na Mesoamérica (com sementes pequenas) e nos Andes (com sementes grandes), sendo o tamanho das sementes uma característica marcante que dividiu os dois grupos de germoplasma (McClellan *et al.*, 1993).

O feijão foi introduzido na Europa no século XVI (Lima *et al.*, 2007), sendo este continente considerado um centro secundário de diversidade desta cultura (Santalla *et al.*, 2002 citado por Pinheiro *et al.*, 2010). Em Portugal propagou-se um pouco por todo o país substituindo parcialmente os feijões da espécie *Vigna* e os de espécies asiáticas (Broughton *et al.*, 2003 citado por Pinheiro *et al.*, 2010), passando a ser um alimento muito importante para a população rural (Lima *et al.*, 2007).

As variedades tradicionais, cultivadas ao longo dos anos, constituem um reservatório de genes de inestimável valor. A diversidade genética dos feijões resulta numa variedade de cores, texturas e tamanhos que evoluíram de acordo com as condições de crescimento (resistência a pragas e doenças, condições climáticas e técnicas agrícolas) e de acordo com as preferências estéticas e organolépticas das diversas regiões onde foi sendo cultivado. Estas regiões incluem zonas isoladas, tratando-se nesse caso de variedades bem adaptadas a pedoclimas restritos (Lioi e Piergiovanni, 2013; Scarano *et al.*, 2014).

2.1.2 Estrutura da semente

Wani *et al.* (2014) considera que o estudo da morfologia da semente é importante para as várias fases do processo tecnológico. A dimensão e forma das sementes têm influência nas etapas de limpeza e separação de materiais estranhos e nos fenómenos de transferência de calor, sendo atributos importantes na caracterização de uma variedade.

É necessário conhecer a estrutura da semente (tegumento e cotilédones), a sua composição química, capacidade de hidratação, características sensoriais e o efeito das etapas de processamento nas suas características físico-químicas, quer para ajustar ao processamento industrial, quer para entender a escolha dos consumidores (Mkanda *et al.*, 2007).

A estrutura da semente do feijão seco é composta por três elementos principais, o tegumento, os cotilédones e o eixo embrionário (**Figura 2**) (Reyes-Moreno *et al.*, 1993; Mkanda *et al.*, 2007, Uebersax & Siddiq *et al.*, 2013; Sathe, 2016) os quais representam na maioria das vezes 8-20%, 80-90%, e 1-2% do peso da semente respectivamente (Sathe, 2016).

O tamanho médio da semente, a cor, a estrutura, a composição do tegumento, a composição dos cotilédones, o tamanho do micrópilo e o do hilo, as condições de armazenamento, as soluções aquosas de demolha, o tempo e temperatura de demolha são fatores que influenciam significativamente a capacidade de hidratação e o cozimento dos feijões. (Mkanda *et al.*, 2007).

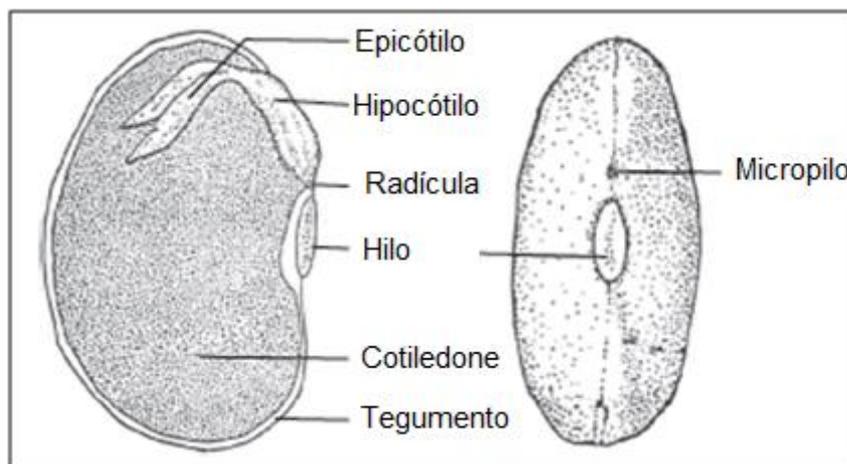


Figura 2 - Esquema da semente de um feijão.
Adaptado de Uebersax & Siddiq *et al.* (2013)

Tegumento

A camada externa da semente é o tegumento (**Figura 3**) (Sathe, 2016). Serve como uma barreira protetora entre os cotilédones e o ambiente externo (Moreno & Paredes-Lopes, 1993 citados por Reyes-Moreno *et al.*, 1993). Exerce funções de proteção ao eixo embrionário e ao tecido de reserva, funções de resistência da semente à deterioração, protege os cotilédones da ruptura celular e da perda de substâncias intracelulares durante a demolha, exercendo ainda uma função reguladora das trocas gasosas da semente (Carvalho & Nakagawa, 2000; Dassou & Kueneman, 1984; Duke & Kakefuda, 1981 citados por Olivo *et al.*, 2011).

O hilo e o micrópilo fazem parte da estrutura externa da semente de feijão e têm influência na absorção de água (Sathe, 2016). O micrópilo é um poro pequeno no revestimento da semente através do qual a água entra na semente para iniciar a germinação. Dependendo do seu tamanho pode influenciar a absorção de forma mais ou menos rápida. À temperatura ambiente, a água entra na semente, maioritariamente através do micrópilo. Nalgumas variedades, a entrada de água pode ocorrer através do hilo (Agbo, Hosfield *et al.*, 1987 citados por Mkanda *et al.*, 2007).

Ao estudar os componentes estruturais do feijão, Sefa-Dedeh & Stanley (1979a citados por Uebersax & Siddiq *et al.*, 2013) verificaram que a espessura do tegumento, o tamanho da semente e o tamanho do hilo, juntamente com o teor de proteína e amido, são os principais

fatores envolvidos na absorção de água e que os tegumentos mais finos e amorfos (células da paliçada desorganizadas) contribuem para uma taxa de hidratação mais elevada na fase inicial da demolha (0-6 horas). Os tegumentos mais espessos e com células da paliçada organizadas apresentam as taxas de hidratação mais baixas, (Sefa-Dedeh & Stanley, 1979b citados por Mkanda *et al.*, 2007).

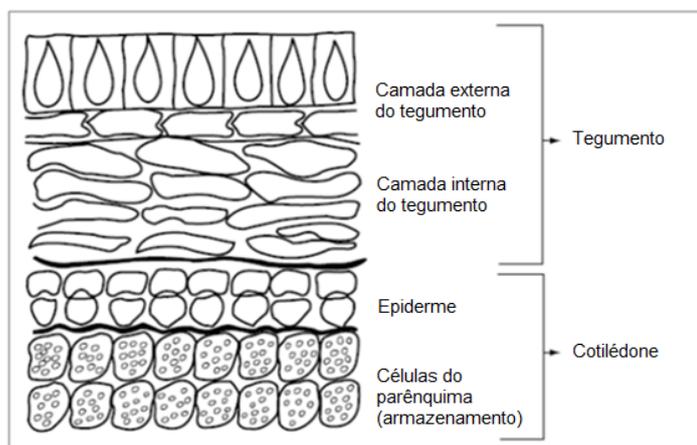


Figura 3 - Seção transversal do tegumento e cotilédone de uma semente de feijão. Adaptado de Sathe (2016)

Cotilédones

Os cotilédones são os elementos mais representativos em termos de peso e volume na estrutura do feijão e contribuem de forma valiosa para a sua textura e valor nutritivo.

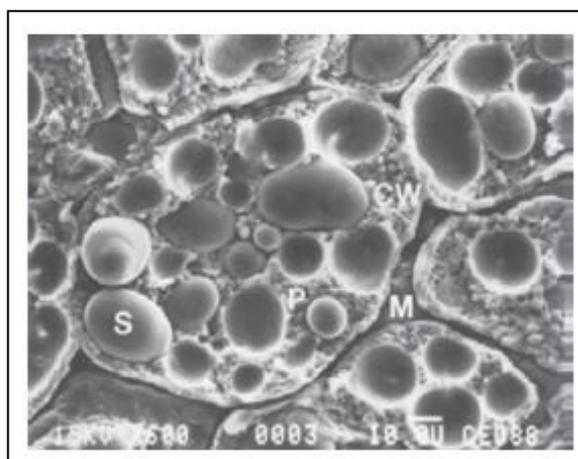


Figura 4 - Micrografia eletrônica de varredura da estrutura das células de um cotilédone. CW – parede celular; M – lamela média; P – matriz proteica; S – grânulos de amido. Retirado de Uebersax *et al.*, (1989) em Uebersax & Siddiq *et al.* (2013)

Os principais elementos estruturais dos cotilédones são: a parede celular, a lamela média, a matriz proteica e os grânulos de amido (**Figura 4**). A lamela média é composta principalmente por substâncias pécticas que servem para manter as células unidas dando rigidez e força aos tecidos e vasos que facilitam a difusão de água durante a hidratação (Uebersax & Siddiq *et al.*, 2013). Contêm ainda hemicelulose, proteínas, lenhinas, solutos de

baixo peso molecular e água (Van Buren, 1979 citado por Ribeiro, 1988). A matriz proteica dos cotilédones é preenchida por grânulos de amido (Sefa-Dedef & Stanley, 1979 citados por Uebersax & Siddiq *et al.*, 2013).

A capacidade de absorção de água pelas sementes além de depender da composição do tegumento também depende da estrutura celular, da composição química e da compacidade celular dos cotilédones (Muller, 1967 citado por Kaur *et al.*, 2009).

O tamanho e o peso das sementes são influenciados pelo conteúdo dos tecidos, ou seja, nem sempre as sementes de maior tamanho apresentam maior peso, pois as mesmas poderão apresentar tecidos formados principalmente por células lacunosas, sendo estas mais leves (Olivo *et al.*, 2011). As características estruturais dos tecidos das sementes (do tegumento e cotilédones) e os componentes celulares e subcelulares (da paliçada, das células do parênquima, da lamela média e outros organelos) têm uma forte influência na hidratação, no cozimento e nas características do feijão após processamento (Uebersax & Siddiq *et al.*, 2013). Olivo *et al.* (2011) concluíram do seu estudo sobre a relação entre a espessura do tegumento, dimensão da semente e capacidade de hidratação que os feijões com tegumentos mais espessos e as sementes de maiores dimensões possuem uma maior capacidade de hidratação.

Seena & Sridhar (2005 citados por Parmar *et al.*, 2014 e Kaur *et al.*, 2009) verificaram que os cotilédones com maior densidade apresentam menor capacidade de absorção de água resultando num maior tempo de cozimento.

Podem ocorrer nos feijões secos dois fenômenos associados a condições de armazenamento adversas. Um fenômeno denomina-se “*hard-to-cook*” (HTC) o outro “*hardshell*” (Azarpazhooh & Boye, 2013). Os feijões “*hard-to-cook*” resultam de condições de armazenamento com temperaturas e humidades elevadas. Posteriormente as sementes quando demolidas hidratam normalmente mas requerem mais tempo de cozimento para atingir a textura desejada. O fenômeno de “*hardshell*” desenvolve-se perante condições de armazenamento e temperaturas elevadas e humidades baixas. Posteriormente essas sementes não hidratam o suficiente durante a demolha e tendem a não amaciar com o cozimento (Affrifah, 2004).

2.1.3 Composição química

Apesar do grande número de variedades de feijão, dos diferentes tamanhos e cores que podem apresentar, têm todos em comum um mesmo perfil nutricional (Delgado *et al.*, 2016). Os feijões são reconhecidos por serem ricos em proteínas, hidratos de carbono complexos (amido e fibra), por apresentarem um baixo teor de sódio e apreciáveis quantidades de diversas vitaminas e minerais (Sathe, 2013). A maioria dos nutrientes presentes no feijão seco estão nos cotilédones, constituindo cerca de 90% do seu valor nutritivo total (Sathe, 2016).

Os macroconstituintes mais representativos são as proteínas e os hidratos de carbono, os restantes componentes como os lipídios, as fibras, a água, as vitaminas e os minerais estão presentes em quantidades mais reduzidas (Sathe, 2016).

Proteínas

As proteínas representam 15-25% do peso seco da semente (Sathe, 2016). São predominantes as pertencentes à classe das globulinas solúveis em soluções salinas (Bressani & Elias, 1980 e Kay, 1979 citados por Siddiq, *et al.*, 2011) constituindo 40-60% das proteínas totais (Sathe, 2016). O feijão apresenta na sua constituição todos os aminoácidos essenciais; é particularmente rico em lisina e em fenilalanina mas limitante em aminoácidos sulfurados, como metionina e cisteína (Sahasrabudhe *et al.*, 1981 citados por Vaclavik & Christian, 2014).

O teor de proteínas nos feijões cozidos também depende da forma como são preparados. O processo de demolha e tratamento térmico influenciam reduzindo o teor de proteínas ao mesmo tempo que aumentam a sua digestibilidade (Martin-Cabrejas *et al.*, 2009 e Rehnem & Shah, 2005 citados por Azarpazhooh & Boye, 2013). Por um lado a destruição ou inactivação de fatores antinutricionais termolábeis aumenta a sua biodisponibilidade (Jenkins *et al.* 1982; Khokhar & Chauhan 1986 citados por Azarpazhooh & Boye, 2013) por outro as interações das proteínas com o ácido fítico e taninos, podem diminuir a sua solubilidade e formar complexos menos suscetíveis ao ataque proteolítico (Cheryan & Rackis, 1980; Reddy *et al.*, 1985 citados por Azarpazhooh & Boye, 2013) .

O teor de aminoácidos também é reduzido pelo processamento térmico (Youssef *et al.* 1986 citado por Azarpazhooh & Boye, 2013) e a sua biodisponibilidade também é afetada pela presença dos fatores antinutricionais (inibidores da tripsina, ácido fítico e taninos) (Kalogeropoulos *et al.* 2010 citado por Azarpazhooh & Boye, 2013)

Hidratos de carbono

Os feijões são ricos em hidratos de carbono complexos, constituindo 50 -75% do seu peso seco (Sathe, 2013). Dessa fracção 75-80% é constituída pelo amido e a restante percentagem por mono-, di-, oligossacarídeos e ainda por fibra (Siddiq *et al.*, 2011; Sathe, 2016).

Sendo o amido o hidrato de carbono mais abundante, a sua presença define a maior parte das propriedades estruturais e funcionais dos alimentos à base de feijão, especialmente as propriedades relacionadas com a gelatinização (Wang & Ratnayake, 2014). Durante a demolha e o cozimento, os grânulos de amido aumentam de volume, o qual é influenciado pela temperatura da água e pela presença de sais no meio líquido (Sathe *et al.*, 1982 citado por White *et al.*, 2013). O aumento da temperatura da água favorece a gelatinização que na fase de cozimento leva à lixiviação do amido para a salmoura (White *et al.*, 2013). Os grânulos de amido gelatinizam durante o cozimento. Contudo, após o arrefecimento, uma fracção deste

amido disponível retrocede formando estruturas cristalinas mais organizadas (RS3), que são resistentes à digestão enzimática (Snow e O'Dea, 1981 citado por Azarpazhooh & Boye, 2013). (White *et al.*, 2013). Por esta razão, o amido é considerado o melhor tipo de hidrato de carbono pois este fenómeno conduz ao seu baixo valor glicémico, tornando os feijões num alimento importante para diabéticos (Siddiq, *et al.*, 2011).

Fibra

A fibra constitui aproximadamente 25% do peso seco dos feijões (Siddiq, *et al.*, 2011), da qual 13% é fibra não solúvel e 11% fibra solúvel (Asp & Johansson 1981 citados por Siddiq, *et al.*, 2011). É formada por polissacarídeos complexos sendo os mais predominantes a celulose, a hemicelulose, a lenhina e também a pectina (Sathe, 2016).

A fibra juntamente com outros fatores antinutricionais podem contribuir para alguns fenómenos de indigestibilidade do amido, pois ao aumentar a velocidade do trânsito intestinal podem reduzir o tempo de digestão deste no intestino delgado.

Lípidos

O teor de lípidos depende da variedade da semente, da origem e condições edafoclimáticas durante a cultura (Siddiq, *et al.*, 2011) mas normalmente é um teor muito baixo, 1-3% de lípidos (Azarpazhooh & Boye, 2013; Sathe, 2016). Os lípidos neutros com 30-50% (do total de lípidos) e os fosfolípidos com 25-35% (do total de lípidos) são os principais constituintes, e os glicolípidos podem representar até 10% dos lípidos totais. Os feijões têm uma variabilidade significativa na sua composição em ácidos gordos, sendo os principais, o linoleico e o linolênico (Azarpazhooh & Boye, 2013).

Vitaminas e Minerais

Os feijões são uma fonte de vitaminas solúveis, tais como a tiamina, a riboflavina, a niacina, vitamina B6 e ácido fólico (Siddiq, *et al.*, 2011; Sathe, 2016) e ainda contêm uma pequena quantidade de ácido ascórbico (Uebersax *et al.*, 1989 citado por Siddiq *et al.*, 2011).

Nalguns alimentos, as vitaminas solúveis em água são transferidas para a salmoura, que se for consumida leva a uma menor perda nutricional. As vitaminas lipossolúveis não são significativamente perdidas por lixiviação mas são sensíveis à oxidação (Fellows, 2009).

As leguminosas são importantes fontes de minerais podendo fornecer até 15 minerais (Welch *et al.*, 2000 citado por Pinheiro *et al.*, 2010), sendo os mais representativos Ca, Fe, Cu, Zn, P, K, e Mg (Azarpazhooh & Boye, 2013; Annor *et al.* 2014). Os feijões contêm um baixo teor de sódio e um alto teor de potássio tornando-os num alimento importante especialmente para pessoas com restrições de sal na alimentação (Sathe, 2016).

Siddiq, *et al.* (2011) referem que num estudo de Uebersax *et al.* (1989) ao teor de cinzas de 34 variedades de feijões secos verificou-se um teor médio de 3,94%. Algumas pesquisas referem uma diminuição considerável no conteúdo de cinza após o cozimento dos feijões devido à lixiviação dos minerais para a água (Koehler & Burke, 1981 e Azarpazhooh & Boye, 2013).

Fatores antinutricionais

Os fatores antinutricionais são substâncias que reduzem a biodisponibilidade de certos nutrientes. Sendo de salvaguardar que a ação de alguns destes fatores está a ser revista, por se reconsiderar que afinal também podem ter efeitos positivos na saúde (Sathe, 2013; Madsen & Brinch-Pedersen, 2016). Estão presentes em pequenas quantidades (menos de 5% do peso total da semente seca), não representando perigo para a saúde em condições normais de processamento, ou seja, desde que o feijão seja devidamente demolido e cozido antes do consumo (Sathe, 2016). Estas etapas permitem potenciar a palatabilidade e digestibilidade dos feijões.

Estes compostos incluem lectinas, inibidores de tripsina, compostos fenólicos/taninos e flavonoides e ácido fítico/fitatos. As lectinas são proteínas complexas que podem ligar-se aos hidratos de carbono e às microvilosidades intestinais dificultando a absorção deste nutriente. O processamento térmico de cozimento ou esterilização é fundamental na desnaturação completa destes complexos proteicos limitando dessa forma a sua disponibilidade (Coffey *et al.*, 1985 citados por Matella *et al.*, 2013). Os inibidores de tripsina são proteínas que reduzem a disponibilidade desta protéase. Embora a demolha reduza os inibidores da tripsina por difusão (aproximadamente 15%), os regimes de processamento térmico são essenciais na desnaturação completa do complexo proteico inibidor (Fernandes *et al.*, 2010; Mubarak 2005 citados por Matella *et al.*, 2013). Os polifenóis (taninos e flavonoides) estão maioritariamente presentes no tegumento (Azarpazhooh & Boye, 2013). Podem-se ligar a proteínas, a aminoácidos e a minerais (ferro, zinco e cálcio), afetando sua biodisponibilidade. Muitos investigadores demonstraram que a demolha reduz significativamente os taninos e os polifenóis através de difusão ou lixiviação destes compostos e /ou por oxidação da fenoloxidase (Jood *et al.* 1987, 1998; Gilani *et al.*, 2005; Ranilla *et al.* 2009; Saxena *et al.* 2003; Khandelwal *et al.*, 2010 citados por Matella *et al.*, 2013, Sathe, 2013). Os flavonoides são os pigmentos responsáveis pela coloração do tegumento da semente (Beninger *et al.*, 1998 citado por Azarpazhooh & Boye, 2013). As variedades coloridas de feijão, como o preto e o vermelho, são uma fonte destes compostos (Bennink, 2002; Wu *et al.*, 2004). Alguns estudos têm evidenciado uma redução dos fenólicos totais em feijões submetidos a tratamentos térmicos (Abd e Habiba, 2003). Contudo existem inúmeros estudos que enfatizam os seus efeitos benéficos como antioxidantes e anti-inflamatórios. O ácido fítico está maioritariamente presente nos cotilédones (Azarpazhooh & Boye, 2013) e quelata com o zinco, o ferro, o cálcio, o magnésio e o potássio. Numerosos investigadores demonstraram que a demolha, o cozimento

e a esterilização são eficazes na redução do ácido fítico (até 30%) (Mubarak, 2005; Fernandes *et al.*, 2010; Abiodun e Adeleke, 2011 citados por Matella *et al.*, 2013).

As perdas de nutrientes resultantes do processamento foram divididas em três categorias: intencional, acidental e inevitável (Bender, 1978 citado por Ramaswamy & Chen, 2002).

Um dos objetivos nas operações de processamento de alimentos é reduzir essas perdas inevitáveis através da adoção de condições adequadas de tempo e temperatura de processamento (Ramaswamy & Chen, 2002).

2.2 Consumo de conservas de feijão

O setor do mercado do feijão em conserva é um dos grandes responsáveis pelo consumo de leguminosas. Estas conservas são reconhecidas pela conveniência de utilização e pelo sabor suave, constituindo um excelente valor económico e nutritivo para o consumidor (Uebersax & Siddiq *et al.*, 2013. A Espanha, a França e o Reino Unido representam cerca de 60% do consumo total de feijão na Europa (Schneider, 2002 citado por Uebersax, 2006). De acordo com os últimos dados da FAO (2016), são consumidos cerca de 7 kg de leguminosas por pessoa por ano em todo o mundo. De acordo com dados disponibilizados no Instituto Nacional de estatística (INE), o consumo de leguminosas secas em Portugal foi de 4 kg/pessoa/ano no ano de 2015 (**Figura 5**) dos quais aproximadamente 70% é representado pelo feijão comum com um consumo de 3,10 kg/pessoa/ano. Verifica-se ainda que relativamente aos anos anteriores Portugal segue uma tendência de aumento.

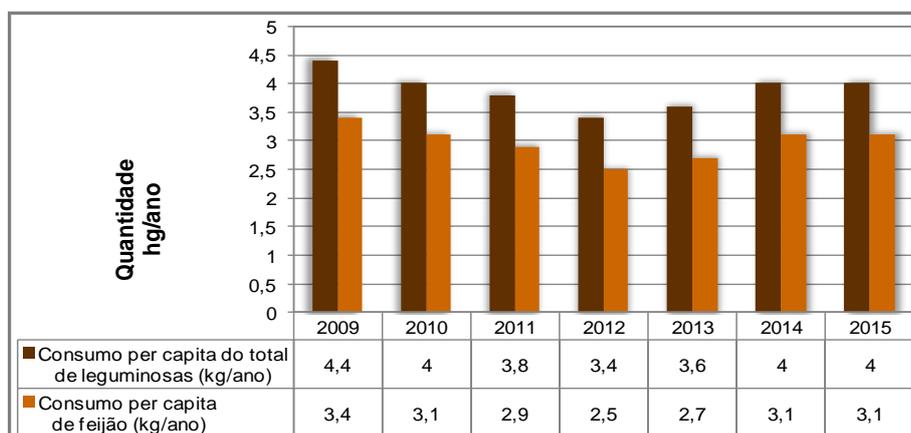


Figura 5 - Representação gráfica do consumo *per capita* de leguminosas e feijão em Portugal Retirado de INE (2016)

A indústria de conservas de feijão acompanha este aumento gradual (**Figura 6**) produzindo anualmente um maior número de toneladas, de 2010 para 2013 verificou-se um aumento de 28%.

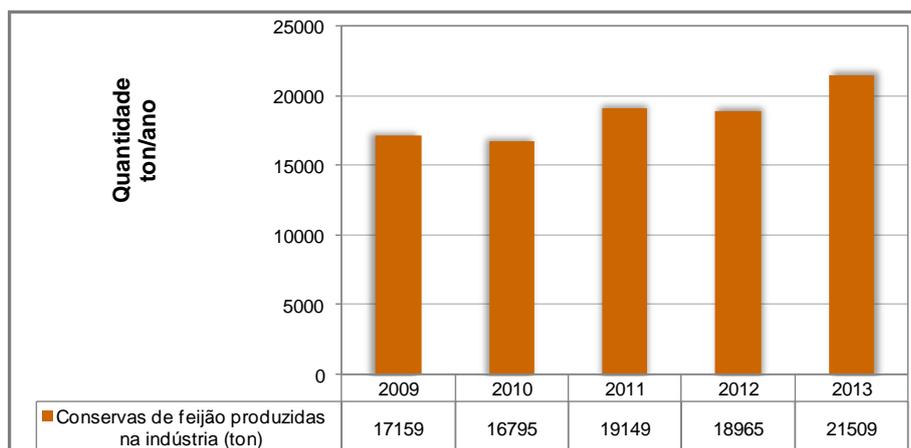


Figura 6 - Representação da quantidade de conservas de feijão produzidas em Portugal Retirado de INE (2016)

Como referido a produção de feijão em Portugal está focalizada no pequeno agricultor e direcionada para o consumo local. No gráfico da **Figura 7** verifica-se que a quantidade resultante da produção agrícola em Portugal é muito inferior às necessidades de feijão para transformação na indústria alimentar e apresenta uma tendência anual de descida. Relativamente ao último pico de produção no ano 2011 verifica-se que houve uma descida de 13% até 2015. Além da produção de feijão estar muito aquém das necessidades da indústria sabe-se que resulta de uma produção dispersa por todo o país que dá origem a pequenos lotes de uma heterogeneidade que não se coaduna com a exigência de uniformização da matéria-prima das unidades de transformação.

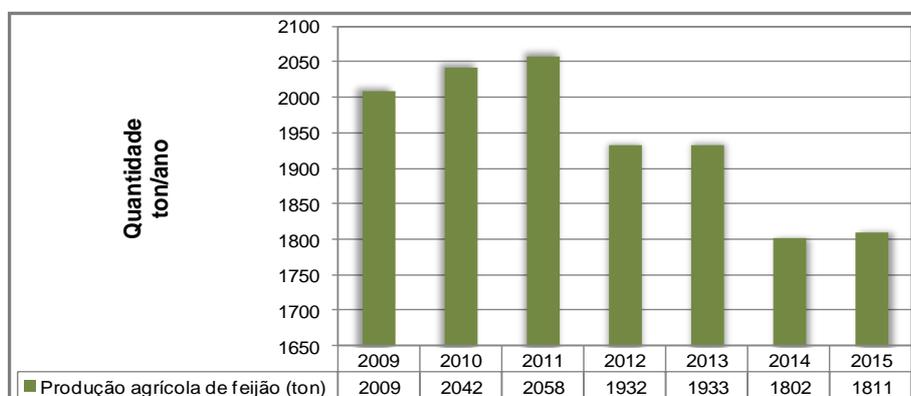


Figura 7 - Representação gráfica da produção agrícola de feijão em Portugal Retirado de INE (2016)

Devido a esta diferença de valores entre produção e necessidades da indústria e por questões relacionadas com a homogeneidade do produto, a indústria importa a totalidade do feijão seco que processa em conserva.

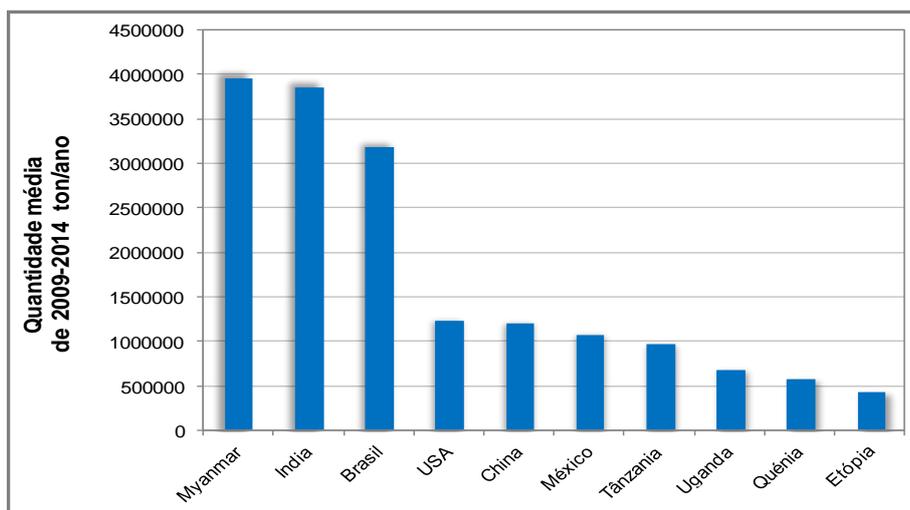


Figura 8 - Representação gráfica da quantidade média produzida de feijão nos 10 maiores produtores mundiais
Retirado de FAO (2016)

Nos países desenvolvidos e em vários países em desenvolvimento, as leguminosas são cultivadas em escala industrial. De acordo com o gráfico da **Figura 8** e os dados mais recentes da FAO (2016), quase 50% da produção mundial de feijão está concentrada na Ásia (Índia, Myanmar, China e Turquia), seguida de 22% na África (Nigéria, Tanzânia, Níger e Etiópia), 19% nas Américas (Canadá, Brasil, EUA e México), 9% na Europa e os restantes 4% na Oceania.

O feijão contribui de forma significativa para a alimentação mundial, quer no estado seco quer em conserva. Perspetiva-se um aumento do seu consumo pelo facto de estar a ser reconhecido por ser um alimento nutricionalmente rico, saudável e seguro havendo já vários centros de investigação focados no seu estudo (Siddiq & Uebersax *et al.*, 2013).

2.2.1 Elaboração de conserva de feijão

O processamento industrial do feijão para conserva é influenciado por inúmeros fatores, tais como a variedade de feijão, os sistemas de cultivo, as condições de armazenamento e as operações de processamento (Uebersax, 2006). O processamento envolve diversas operações unitárias, cada uma com um efeito específico e preciso no alimento (Fellows, 2009) por forma a atingir as alterações pretendidas no produto final. A tecnologia de produção de conserva de feijão em lata tem por base as operações unitárias representadas no fluxograma da **Figura 9**. A obtenção das melhores características no produto final exige a aplicação da técnica mais adequada em cada etapa, devendo ser delineada em função das características da matéria-prima e tendo em conta os efeitos de cada operação no feijão.

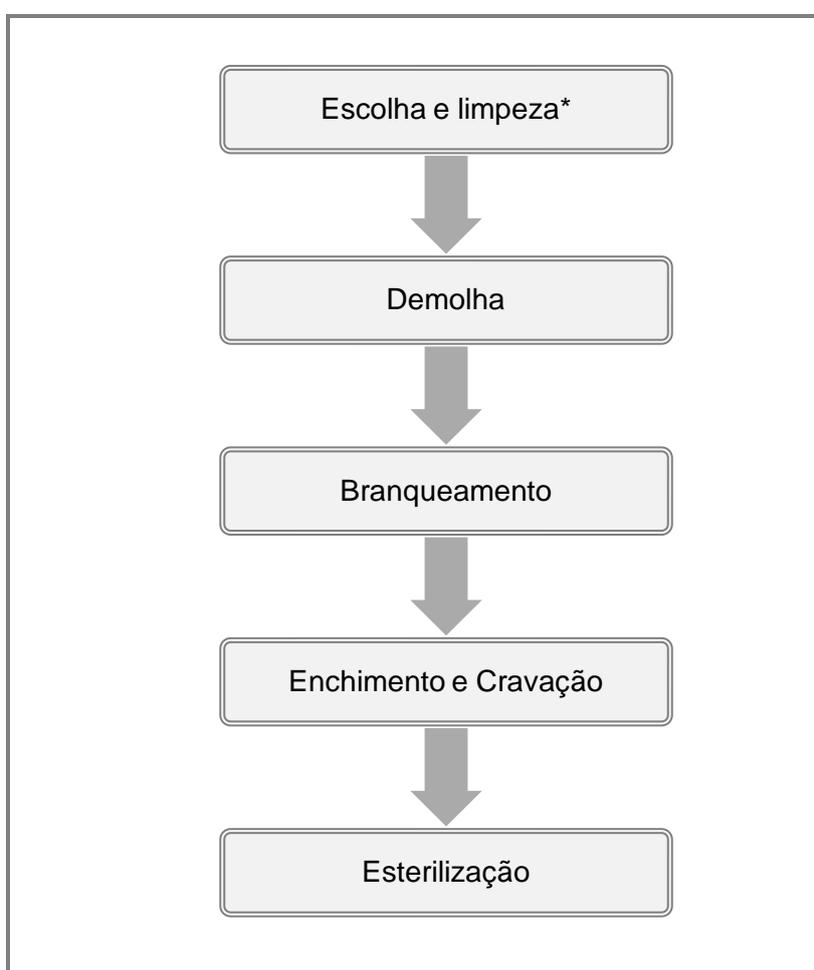


Figura 9 - Fluxograma das principais operações unitárias do processo de fabrico de uma conserva de feijão.

Adaptado de Siddiq, *et al.* (2011) e White *et al.* (2013).

*Pode ser efetuada pelo fornecedor de matéria-prima.

Escolha e limpeza da matéria-prima

A limpeza da matéria-prima pode ser considerada como o primeiro passo no controlo de qualquer contaminação de materiais ou microrganismos estranhos durante a transformação dos alimentos (Annor *et al.*, 2014).

Os feijões secos são inspecionados manualmente ou mecanicamente com sistemas de deteção eletrónica, para remover os feijões partidos e defeituosos (descolorados, quebrados e fora de tamanho), bem como matérias estranhas como pedras, madeiras, insetos e outros fragmentos (Matella *et al.*, 2013). As etapas de escolha e crivagem garantem a uniformidade da matéria-prima para a indústria e evitam que sementes excepcionalmente pequenas, que possuem um baixo desempenho no processamento devido à conseqüente baixa capacidade de hidratação, entrem na linha de produção, aumentando assim a eficiência dos lotes (Uebersax & Siddiq *et al.*, 2013).

Demolha

É uma operação unitária de elevada importância no fabrico de conservas de feijão (Prodanov *et al.*, 2003 citados por Mkanda *et al.*, 2007). É importante conhecer as características de absorção de cada variedade durante a demolha uma vez que estas influenciam as posteriores operações unitárias e o produto final (Turhan, 2002).

A operação consiste em mergulhar o feijão em tanques num volume de água 2 a 3 vezes superior ao volume de feijão, por um tempo variável consoante as características do feijão (Ribeiro, 1988). Downing (1996) e Uebersax *et al.* (1989) citados por Matella *et al.* (2013) consideraram como típicas duas técnicas de demolha, uma longa de 8-16 horas com a água à temperatura ambiente (25 °C) e outra curta de 20-40 minutos com a temperatura de água a rondar os 82-100 °C. Os feijões são demolhados em água até atingirem uma hidratação máxima previamente definida, normalmente até aumentar mais de 80% do seu peso inicial ou idealmente até duplicar esse peso (Prodanov *et al.*, 2003 citados por Mkanda *et al.*, 2007).

É um passo crítico do processo de produção, uma vez que tem efeitos benéficos sobre a qualidade dos feijões a nível físico, químico e nutricional (Bordin *et al.*, 2010; Carmona-Garcia *Et al.*, 2007, Drumm *et al.*, 1990, Huma *et al.*, 2008, Yasmin *et al.*, 2008 citados por Matella *et al.*, 2013).

Os feijões apresentam diferentes taxas de absorção de água quando sujeitos a diferentes condições de demolha, nomeadamente diferentes temperaturas e características da água (Shafaei *et al.*, 2016).

Num estudo realizado por Berrios *et al.* (1999) verificou-se que a absorção de água foi mais rápida durante as primeiras 10 horas, tornando-se depois mais lenta chegando a uma taxa de saturação ao fim de 12 horas de demolha. Swanson *et al.* (1985) verificou que a penetração da água ao longo do tempo aumentou uniformemente da periferia para o centro do feijão. Nesse mesmo estudo os feijões ficaram completamente hidratados ao fim de 14 horas,

enquanto feijões, aos quais foi removido o tegumento, necessitaram de apenas 2 horas para hidratarem (Abu-Ghannam & McKenna, 1997). Na indústria, para garantir a hidratação total, a demolha dos feijões demora entre 12 a 16 horas (Silva *et al.*, 1981).

Segundo Sefa-Dedef & Stanley (1979) e Desphande & Chepryan (1986) citados por Ribeiro (1988) referem que o fenômeno de hidratação dos feijões compreende três fases distintas: uma fase inicial lenta, que está relacionada com a capacidade de absorção do hilo, permitindo a passagem de água para os cotilédones; uma segunda fase, mais rápida, em que a generalidade do tegumento absorve água e permite a sua difusão para os cotilédones; e uma terceira fase, na qual se verifica a estabilização da hidratação e a intumescência máxima dos cotilédones.

Na **Figura 10** são apresentadas imagens de ressonância magnética que evidenciam a forma como o feijão hidrata, neste caso, durante aproximadamente 11h (Matella *et al.*, 2013)

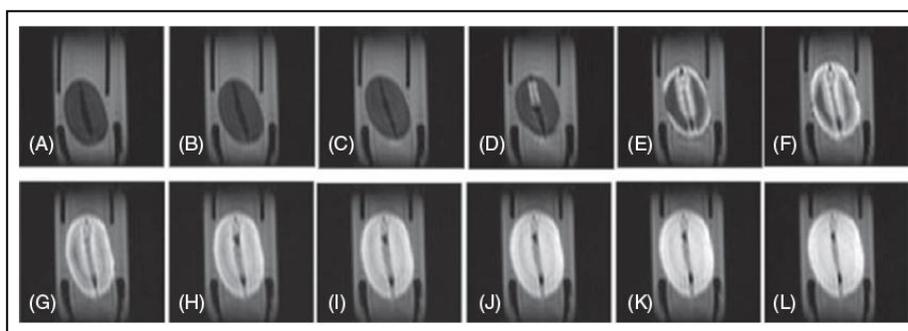


Figura 10 - Imagens de ressonância magnética com progressão da hidratação num feijão. (A) 20 min; (B) 80 min; (C) 140 min; (D) 200 min; (E) 260 min; (F) 320 min; (G) 380 min; (H) 440 min; (I) 500 min; (J) 560 min; (K) 620 min; (L) 680 min
Retirado de Kikuchi *et al.* (2006) citados por Matella *et al.* (2013)

Swanson *et al.* (1985) e Matella *et al.* (2013) propuseram três estruturas considerando-as importantes pontos de entrada de água nos feijões secos: o hilo, o micrópilo e a radícula.

A demolha desencadeia reações químicas. A estrutura do cotilédone sofre alterações após a imersão na água. A matriz proteica perde sua aparência granular e torna-se homogênea. Os grânulos de amido e as proteínas aumentam de volume durante a hidratação. A lamela média pectínica também absorve água e expande (Swanson *et al.*, 1985). A água dispersa-se por entre os grânulos de amido e pela matriz proteica facilitando a ocorrência de algumas reações químicas durante o cozimento, tais como a gelatinização do amido e a desnaturação de proteínas (Azarpazhooh & Boye, 2013; Gowen *et al.*, 2007). Durante a demolha, as enzimas das paredes celulares do feijão ao ficarem hidratadas, ficam conseqüentemente ativadas para iniciarem a hidrólise da pectina e de outros polissacáridos da parede celular (Matella *et al.*, 2013). Foi demonstrado que este tipo de ativação enzimática é a responsável por reduzir significativamente a quantidade de tempo no processamento térmico necessário para alcançar um valor ideal de textura (Aguirre-Terrazas *et al.* 1992; Pujola *et al.* 2007; Martinez-Manrique *et al.* 2011 citados por Matella *et al.*, 2013). O aspeto enrugado do tegumento no início da demolha resulta da compressão das células devido à água absorvida (Swanson *et al.*, 1985).

Platt (1956) citado por El Nahry *et al.* (1977) referem que o processo de demolha constitui uma primeira etapa da germinação. Durante a imersão em água, os constituintes da semente, armazenados em uma forma quase inerte, começam a organizar-se para o fornecimento das reservas ao embrião, tornando-os mais assimiláveis quando consumidos como alimento para os humanos. Essas alterações ocorrem tanto mais quanto maior for a duração da demolha.

A qualidade da água de demolha tem um impacto na capacidade de hidratação dos feijões. A demolha em águas duras (com elevados teores de cálcio) tendem a aumentar o tempo de demolha e do cozimento para atingir um nível de textura ótima dos feijões. A demolha em águas macias (com baixas concentrações de cálcio), pode resultar em feijões muito macios que perdem a integridade durante o processo de enchimento, tratamento térmico ou do armazenamento prolongado (Siddiq, *et al.*, 2011; White *et al.*, 2013). Uma vez que a difusão de água ou lixiviação depende da pressão osmótica, é importante ter um grande volume de água durante a demolha para assegurar um diferencial de concentração adequado. Muitos investigadores e processadores usaram volumes de feijão:água que variam de 1:5 até 1:10 (Abdel-Gawad 1993, Matella *et al.*, 2005, Martinez-Manrique *et al.*, 2011 citados por Matella *et al.*, 2013)). Normalmente, sob estas condições, os feijões aumentam duas vezes o seu peso inicial (Uebersax *et al.* 1989; Tagawa *et al.*, 2002; citados por Matella *et al.*, 2013)). É ainda possível adicionar à água de hidratação certos aditivos alimentares com o objetivo de facilitar a absorção de água, melhorar a textura de feijão, garantir a preservação de cor e potenciar a extração de antinutrientes (Matella *et al.*, 2013).

A temperatura da água tem grande influência sobre a eficiência do processo de hidratação. No geral, os investigadores concluíram que as temperaturas acima da temperatura ambiente (20/25°C) melhoram significativamente a eficiência da hidratação do feijão, bem como melhoram as reduções nos oligossacarídeos e antinutrientes, através do aumento da energia cinética e / ou através da desnaturação das proteínas (Peleg 1988; Abdel-Gawad 1993; Downing 1996; Abu-Ghannam & McKenna, 1997; Cabral Mendes *Et al.*, 2011; Piergiovanni, 2011 citados por Matella *et al.*, 2013). Abdel Kader (1995 citado por Mkanda *et al.*, 2007) obteve uma absorção de água de 90% ao fim de 10 horas com água a uma temperatura de 20°C e ao fim de 2h30 horas com água a 50°C. Esta última absorção foi devido ao aumento da taxa de difusão dos constituintes na presença de calor. Segundo Taiwo *et al.*(1998) num estudo sobre a influência da temperatura da água na capacidade de absorção máxima chegou à mesma conclusão que Silva *et al.* (1981), ambos confirmaram que a variação da temperatura da água durante a demolha não afetou significativamente a máxima absorção de água, mas a demolha a temperaturas elevadas aumentou a taxa de hidratação de água e por sua vez diminuiu o tempo necessário para a absorção máxima. Por outro lado com tempos de demolha prolongados, a quantidade de água absorvida pelas sementes estabiliza devido a diversos fatores, tais como a resistência da rede estrutural dos sólidos insolúveis à turgência, o qual gera uma pressão interna que implica menor inchaço para o mesmo grau de humidade absorvida (Singh & Kulshrestha, 1987 citados por Taiwo *et al.*, 1998). Tempos de imersão muito prolongados permitem interconversões químicas do cálcio e magnésio que por sua vez

inibem a absorção de água durante a demolha (Drake & Muehlbauer, 1985 citados por Taiwo *et al.*, 1998).

Há estudos que indicam que a determinação da capacidade de hidratação das sementes antes do cozimento pode ser um bom indicador do posterior tempo de cozimento, ou seja o menor tempo de cozedura está diretamente relacionado com a rápida absorção de água (Campos *et al.*, 2010). Num estudo de Paredes-Lopez *et al.*(1990) a duas variedades de feijão verificou-se uma redução no tempo de cozedura de feijões (previamente demolhados) de 42,95% e 17,42%. Huma *et al.* (2008) concluiu que a demolha de feijões em água por 2 e 4 h reduziu o tempo de cozimento em 18,18% e 25,00%, respetivamente. A demolha prolongada não mostrou uma redução nítida no tempo de cozimento das leguminosas. A redução no tempo de cozimento poderia ser o resultado da redução da dureza do feijão.

A hidratação das sementes conduz a uma redução da dureza final dos feijões devido ao aumento do seu teor de humidade, que acontece até atingir um determinado ponto de equilíbrio (Revilla e Vivar-Quintana, 2007). Um estudo de Abu-Ghannam (1998) às curvas de força-deformação da textura, medidas em feijão, mostraram que, apesar da absorção de água durante a demolha reduzir significativamente a força de corte dos feijões, essas mudanças na dureza do feijão alcançam um estado de equilíbrio assim que um determinado teor de humidade seja atingido, independentemente de continuar imerso na água.

Além de uma melhoria na qualidade textural, a demolha melhora a qualidade nutricional e o sabor, promove uma melhor digestibilidade e aumenta a eficiência de processamento (Chau & Cheung, 1997, Fernandes *et al.*, Kilgore e Sistrunk, 1981, Martine-Manrique *et al.* 2005, Mubarak 2005, Pujola *et al.*, 2007 citados por Matella *et al.*, 2013).

Branqueamento

O branqueamento é um tratamento térmico aplicado em frutas e vegetais com o objetivo principal de inativar as enzimas oxidativas antes da etapa seguinte (esterilização por calor, congelamento ou desidratação), prevenindo a ocorrência de mudanças indesejáveis na cor, no sabor e no valor nutritivo do alimento durante o processo tecnológico e posteriormente no armazenamento (Ramaswamy & Chen, 2002; Matella *et al.*, 2013; Vaclavik & Christian, 2014 e Park *et al.*, 2014). A enzima peroxidase é considerada a mais resistente ao calor; por conseguinte, a sua inativação tem sido tradicionalmente utilizada como um índice de adequação do processo de branqueamento (Ramaswamy & Chen, 2002). Esta operação consiste em submeter o feijão à ação do calor, através de água ou vapor de água quente, sendo arrefecido logo de seguida (Ramaswamy & Chen, 2002; Matella *et al.*, 2013).

Para além da inativação enzimática, o branqueamento também desempenha várias funções adicionais: remove ar dos tecidos vegetais permitindo um melhor efeito de vácuo nas latas; reduz a pressão gerada durante o processamento térmico, proporcionando reduzidos níveis de oxigénio na lata; e também amacia os tecidos facilitando o enchimento da embalagem (Ramaswamy & Chen, 200; Fellows, 2009; (Matella *et al.*, 2013).

A indústria aplica vários processos de branqueamento, o mais usual é realizado a temperaturas compreendidas entre os 82-93 °C durante 3-8 minutos (Matella *et al.*, 2013). Esta operação deve ser otimizada de acordo com a variedade, processo de demolha e teor de humidade existente, uma vez que o excesso de branqueamento pode causar a separação dos tegumentos dos cotilédones (Downing 1996 citado por Matella *et al.*, 2013). O peso do feijão aquando do enchimento da lata e a fórmula da salmoura devem estar dimensionados de acordo com a hidratação adicional que ocorrerá durante qualquer etapa (demolha, branqueamento e processamento térmico) (Matella *et al.*, 2013).

Geralmente a combinação tempo-temperatura usada para o branqueamento resulta de um compromisso entre assegurar uma adequada inativação enzimática, prevenindo o excessivo amolecimento dos tecidos e perdas de qualidade organolética e nutricional dos alimentos (Fellows, 2009).

Em geral, os atributos de qualidade dos feijões em conserva podem ser bastante influenciados pela demolha, branqueamento e dureza da água (Larsen *et al.*, 1988 citado por Matella *et al.*, 2013).

Enchimento

Após as operações de demolha e branqueamento segue-se o enchimento em latas ou frascos de vidro. A nível industrial este processo é realizado através de enchedoras/doseadoras volumétricas automáticas. Durante esta fase é adicionada a salmoura perfazendo o volume das latas. A presença do sal contribui para a preservação dos alimentos e para melhorar as suas características organoléticas. No entanto, pode também afetar a textura, atividade enzimática e atividade de fermentação (Featherstone, 2015). Seguidamente as latas passam por uma craveira onde são fechadas de modo a que fiquem estanques.

A temperatura da salmoura, depende do processo de fabrico, podendo ser adicionada a frio (temperatura ambiente) ou a quente (70-85°C) (Ribeiro, 1988). O enchimento a quente apresenta algumas vantagens:

- Eliminação do oxigénio da água, diminuindo a possibilidade de se desenvolverem fenómenos oxidativos.
- Facilita o desenvolvimento de vácuo, após o arrefecimento por condensação junto às paredes da lata, promovendo a sucção dos tampos da mesma.
- Diminuição do tempo necessário para a esterilização.

A manutenção do estado de esterilidade alcançado no tratamento térmico depende do adequado fechamento das latas. Um *headspace* bem definido permite que se forme um adequado vácuo durante o processamento, garantindo uma correta selagem da tampa da lata (White *et al.*, 2013).

Esterilização

A esterilização térmica é uma operação na qual os alimentos são aquecidos a uma temperatura suficientemente elevada e durante um período de tempo suficientemente longo para destruir todas as células vegetativas e esporos de microrganismos patogênicos e causadores de degradação nos alimentos (Fellows, 2009; Mishra *et al.*, 2010; Bertili *et al.*, 2013; Vaclavik & Christian, 2014). Como resultado, os alimentos enlatados esterilizados têm uma vida útil que pode chegar aos quatro anos à temperatura ambiente (Ramesh, 2007). O processo de esterilização tem em consideração as características físicas, químicas e microbiológicas do produto. Depois de selecionado o microrganismo mais termoresistente é tida em consideração a sua cinética de inativação.

As temperaturas elevadas de esterilização das conservas levam à destruição da população microbiana e têm um efeito sobre a qualidade geral do produto, atuando a nível enzimático e da composição nutricional (Mishra *et al.*, 2010; Friso, 2015). A desnaturação proteica, destrói a atividade enzimática e conseqüentemente os microrganismos (Fellows, 2009). Origina alterações físico-químicas que se manifestam por alterações na textura e na cor do produto.

Para o tipo de conservas em estudo o método de esterilização utilizado é o físico, por ação do calor húmido, na forma de vapor saturado sob pressão em autoclave. É um processo que se divide em três fases distintas conforme Figura 11. A primeira fase é a de *entrada no regime* corresponde ao tempo de aquecimento por água quente ou vapor de água através do aumento da temperatura e pressão no interior da autoclave. A segunda fase corresponde ao *tempo de regime* e corresponde à esterilização (t_p), na qual a temperatura e pressão se mantêm constantes, durante 20 a 30 minutos. Normalmente a temperatura e pressão utilizadas são respetivamente de 121°C a 1,8 bar. Por fim a terceira fase corresponde ao *arrefecimento*, no qual há um decréscimo acentuado da temperatura e pressão, utilizando como fluido de arrefecimento, água fria (adaptado de Ramesh, 2007)

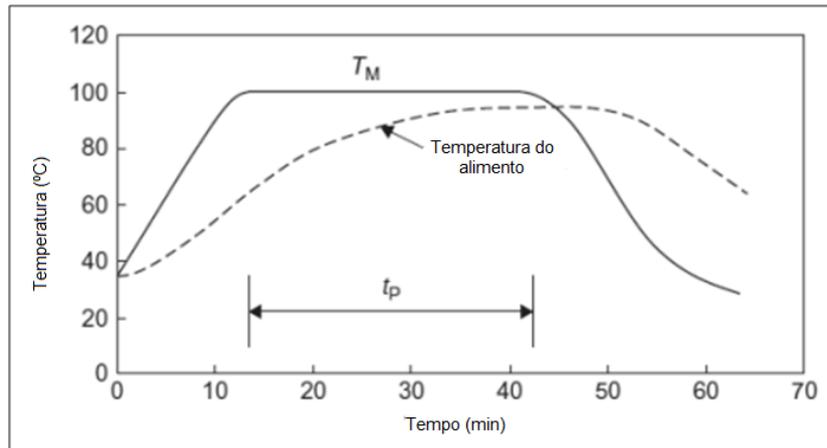


Figura 11 - Representação típica das temperaturas registadas para o meio de aquecimento (--) e para o produto aquecido por condução (- -) durante um processo de esterilização térmica
Retirado de Singh & Helman, (2014)

Para cálculo do valor de esterilização, deve definir-se a bactéria e a enzima de referência e os indicadores de qualidade. Depois de identificados devem-se conhecer os seus valores de termoresistência, D e Z (Ribeiro, 1988). O valor D e o valor Z caracterizam a resistência de um microrganismo ao calor e a sua dependência da temperatura, respetivamente (Fellows, 2009). O valor de D representa o tempo (min) de destruição decimal, ou seja, tempo para destruir 90% dos microrganismos sobreviventes a uma determinada temperatura. O valor de Z corresponde ao número de graus Celsius necessários para que a velocidade de destruição aumente ou diminua 10 vezes (Fellows, 2009).

A destruição térmica de microrganismos segue uma cinética de primeira ordem indicando uma ordem logarítmica de morte. Graficamente (Figura 12 (a)) isto representa o intervalo de tempo entre o qual a curva de sobrevivência atravessa um ciclo logarítmico (Ramaswamy & Chen, 2002).

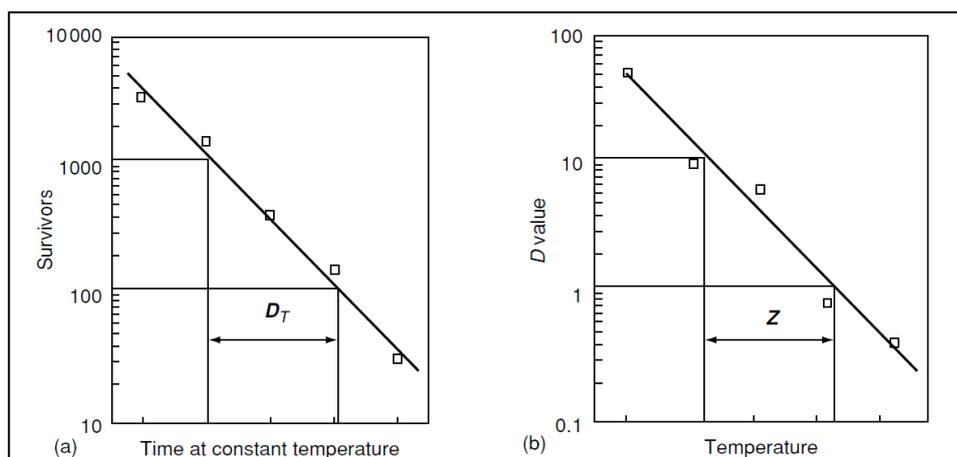


Figura 12 - Representações gráficas típicas (a) Valor de D ; (b) Valor de Z
Adaptado de Ramesh (2003)

Matematicamente D é representado pela equação:

$$D = (t_1 - t_0) / (\log N_0 - \log N_1)$$

t_1-t_0 = intervalo de tempo para passar da concentração de microrganismos N_0 para N_1 , à mesma temperatura (T) e N_0 e N_1 a concentração inicial e final dos fatores em análise.

Ao obter vários valores de D para diferentes temperaturas, pode-se construir uma curva de tempo de destruição térmica (TDT) (Fellows, 2009). A TDT representa um tempo entre a destruição mais curta e os tempos de sobrevivência mais longos. Comparando a abordagem TDT com a abordagem de redução decimal, pode-se facilmente reconhecer que o valor TDT depende da carga microbiana inicial, enquanto o valor D não (Ramaswamy & Chen, 2002). O declive da curva TDT define o valor de Z (Figura 12 (b)) (Fellows, 2009).

A maioria das enzimas tem valores de D e Z num intervalo semelhante ao dos microrganismos e os fatores que influenciam a resistência das enzimas ao calor também são semelhantes (Fellows, 2009). Em processos térmicos convencionais, a maioria das enzimas são inativadas, quer porque os processos são delineados usando-as como indicadores ou porque sua resistência ao calor é menor do que a dos microrganismos de referência (Ramaswamy & Chen, 2002). A peroxidase é o exemplo de uma das enzimas mais termorresistentes e importantes que devem ser inativadas (Fellows, 2009).

Além de destruir microrganismos e inativar enzimas pretende-se que o processamento térmico confira ao alimento boas características organolépticas e mantenha o seu valor nutricional. Os valores Z dos nutrientes que contribuem para as características sensoriais são quatro a sete vezes mais elevados do que os dos microrganismos e para estes surgiu a denominação de valor de C (valor de cozimento). O tempo de processamento para os alcançar é normalmente maior do que os valores necessários para esterilização (Fellows, 2009).

O tempo necessário para esterilizar um alimento é influenciado pelos seguintes fatores (adaptado Fellows, 2009):

- Resistência ao calor e quantidade dos microrganismos (células vegetativas e esporos) suscetíveis de estar presentes nos alimentos
- Resistência ao calor e atividade das enzimas existentes
- Condições de aquecimento; taxa de penetração de calor
- pH do alimento
- Estado físico do alimento
- Tamanho e forma do recipiente

O microrganismo usado como referência para a esterilização é o *Clostridium botulinum*. É a bactéria Gram-positiva patogénica anaeróbia, esporulada mais termorresistente que produz neurotoxinas letais, que se conseguem desenvolver em meio ligeiramente ácido e ligeiramente salgado (Mishra *et al.*, 2010; Kumar & Sandeep, 2014). O pH das conservas de feijão varia de 5.4-6.2 (Mishra *et al.*, 2010); 5.6 – 6.5 (Featherstone, 2015); São classificados como alimentos de baixa acidez (pH >4.6) (Mishra *et al.*, 2010). Tradicionalmente a indústria de alimentos enlatados aplica um tratamento térmico severo para eliminar 12-log de esporos *C. botulinum* (i.e. 12-D process), conforme valores da Tabela 1 (Kumar & Sandeep, 2014).

No caso das conservas de feijão pode aparecer outro tipo de flora específica, que não sendo patogénica, é caracterizada pela sua termoresistência o que pode afetar a estabilidade

da conserva. Considera-se um microrganismo de deterioração, a bactéria de referência, *Geobacillus stearothermophilus* (Ribeiro, 1988). São termófilas (crescimento favorecido por temperaturas 50-55 °C) e conseqüentemente são alvo de preocupação em latas que possam vir a ser armazenadas acima dos 25 °C (Aked & Jongen, 2002).

Tabela 1 - Valores de D e z para inativação microbiológica e enzimática
Adaptado de Tucker & Featherstone, (2011)

Microrganismo	D_{121,1} (min)	Z (° C)	Tempo de redução de 12-log (min)
<i>Clostridium botulinum</i>	0,11	9,8	1,3
<i>Geobacillus stearothermophilus</i>	2,48	14,3	29,8

Além das informações sobre a resistência ao calor de microrganismos e enzimas, é necessário reunir dados sobre a penetração de calor na conserva para calcular o tempo de processamento necessário à esterilização comercial (Ramesh, 2003).

Conhecendo os valores de D e Z pode-se calcular previamente o efeito do tratamento térmico relativamente a microrganismos, a enzimas, a vitaminas etc., desde que se verifique uma cinética de 1º ordem, sendo possível definir o valor *F* que representa o valor de esterilização. Representa o tempo (em minutos) necessário para alcançar uma determinada redução no número de microrganismos a uma dada temperatura e representa a combinação tempo-temperatura aplicado ao alimento (Fellows, 2009).

É representado pela equação:

$$F = DT[\log(N_0/N)]$$

Para comparar as capacidades relativas de esterilização dos processos térmicos, é necessário estabelecer uma unidade de letalidade. Por conveniência, isto é definido como um aquecimento equivalente de 1 min a uma temperatura de referência, que é normalmente considerada como sendo de 121,1 ° C para os processos de esterilização. Assim, o valor *F* representaria um certo múltiplo ou fração do valor *D* dependendo do tipo do microrganismo (Ramaswamy & Chen, 2002).

Para processos reais onde o alimento passa através de um perfil tempo-temperatura, deve ser possível usar este conceito para integrar os efeitos letais através das várias combinações tempo-temperatura. A letalidade combinada assim obtida para um processo é chamada letalidade do processo e também é representada pelo símbolo *F_o* (Ramaswamy & Chen, 2002). O valor de *F_o* característico para conservas de feijão em molho de tomate é de 4-6 minutos (Fellows, 2009). Depois de verificar o valor de *F* é necessário garantir que o *F_o* atinge o ponto de aquecimento mais lento.

A taxa de penetração de calor é medida colocando um termopar no centro térmico da conserva (o ponto de aquecimento mais lento ou "ponto crítico") registrando a temperatura no alimento durante o processamento. O processo de esterilização deve ser baseado no ponto crítico e do conjunto produto e recipiente (Ramesh, 2003). A curva de penetração de calor representa a evolução da temperatura num determinado ponto do produto, em função do

tempo e a velocidade de penetração de calor, exprime a rapidez com que se verifica essa evolução da temperatura (Ribeiro, 1988). As características da curva de penetração de calor numa conserva dependem de fatores relacionados com o produto (relação sólido/líquido e para propriedades térmicas); fatores relacionados com o processo (gradiente de temperatura, estado físico do vapor, agitação das embalagens, tipo de autoclave) e fatores relacionados com a embalagem (tamanho, forma e material da embalagem e espaço de cabeça) (Ramesh, 2003). Existem dois modos de transferência de calor durante o aquecimento do interior de uma lata de conserva: por condução e por convecção (**Figura 13**) (Matella *et al.*, 2013). Em alimentos sólidos é maioritariamente realizada por condução que é um processo mais lento sendo que o ponto crítico fica situado no centro geométrico da lata. Quando há movimentação de fluidos, a penetração de calor é mais rápida devido a correntes de convecção, ficando o ponto crítico no eixo longitudinal mais perto da base (Adams & Moss, 2016).

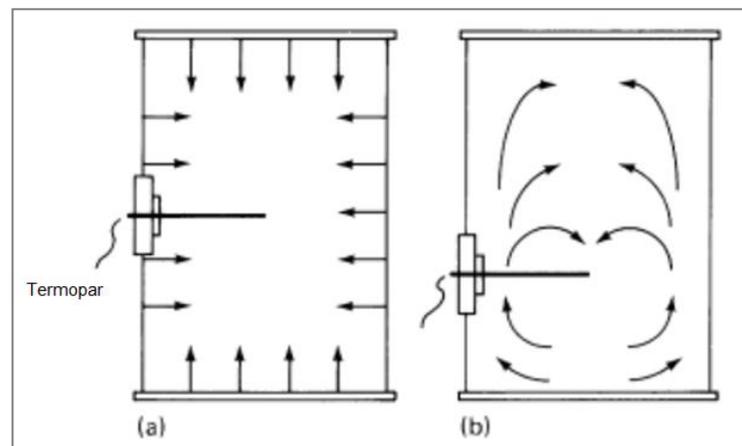


Figura 13 - Penetração de calor nas conservas por (a) condução e (b) convecção
Adaptado de Fellows (2009).

Devido à coexistência de feijão e de uma solução de salmoura, o produto é uma mistura de sólidos e líquido, sendo a transferência de calor feita pela combinação dos dois modos (Matella *et al.*, 2013). O teor de humidade do alimento tem um grande efeito sobre a condutividade térmica, ou seja, a condutividade térmica diminui com a diminuição da humidade do alimento (Wang & Brennan, 1992 citados por Almeida, 2012). O feijão é constituído por aproximadamente 60% de amido. A forma e o tamanho dos grânulos de amido influenciam as suas propriedades funcionais, tais como a viscosidade (Wang & Ratnayake, 2014). A lixiviação do amido provoca a sua dispersão e subsequentemente um aumento da viscosidade do meio (Van Der Merwe *et al.*, 2006a) desta forma a penetração muda durante o processo, pois o alimento sofre uma transição de sol-gel durante o aquecimento (Adams & Moss, 2016).

A curva de penetração de calor engloba a curva de aquecimento (caracterizada por f_h e j_h) e a curva de arrefecimento (caracterizada por f_c e j_c) em que f representa a velocidade de progressão do calor (o tempo em minutos para que a curva percorra um ciclo logarítmico) e j representa o fator de correção relativamente ao início da curva (Ramesh, 2003). Uma vez definido F para os indicadores que queremos determinar e obtidos os valores de f_h , j_h , f_c e j_c

da curva de penetração de calor no produto que se quer esterilizado, pode-se calcular o tempo necessário para obter valores de F , para qualquer temperatura de tratamento térmico. Nem sempre se obtém um valor único de f_h . Por vezes, durante a esterilização verificam-se alterações estruturais do produto (modificações de amido) e a penetração de calor torna-se mais difícil, obtendo mais do que um valor de f_h . Este facto complica os cálculos de esterilização e torna mais difícil fazer extrapolações para tempos e temperaturas diferentes das que se estão a trabalhar. No caso das curvas quebradas ter-se-ão de considerar diversos f_h e f_c relativos a cada uma das porções da curva (Ribeiro, 1988).

Método da fórmula de Ball

O tempo de esterilização pode ser calculado usando o método de *Ball*. Este método é baseado na utilização de algumas equações representando as curvas de penetração de calor. Inicialmente restrito a certos valores dos parâmetros de morte térmica, foi melhorado pela primeira vez (Ball & Olson, 1957 citados por Friso, 2015) e em seguida, por Stumbo (1973 citado por Friso, 2015) para abranger todo o intervalo de valores desses parâmetros. Entre os métodos da fórmula, o Ball-Stumbo é o mais preciso, nomeadamente, porque calcula o tempo de aquecimento assegurando a desejada letalidade microbiana, mas preservando as qualidades organoléticas e nutricionais (Friso, 2015).

O método de Ball é a técnica mais simples e mais utilizada para cálculos de processo. Baseia-se na seguinte equação derivada da curva de penetração de calor para estimar o tempo de processo (Ramaswamy & Chen, 2002). A fórmula de Ball para avaliação do efeito da temperatura de esterilização no ponto crítico de um alimento é definida pela equação:

$$T = f_h [\log j_h (RT - IT) - \log g]$$

T = Tempo de esterilização. Refere-se ao tempo (minutos) que decorre entre o início da operação de esterilização e a de arrefecimento, subtraindo 42% do tempo de entrada em regime (TER) do meio de aquecimento

f_h = Taxa de penetração de calor no produto

j_h = Fator de correção da fase log de penetração de calor

RT = Temperatura máxima atingida no interior da autoclave

IT = Temperatura inicial do produto

g = Diferença mínima atingida durante a esterilização entre a temperatura do ponto crítico e temperatura do meio de aquecimento

A fórmula de Ball descreve a letalidade de um processo de esterilização, considerando separadamente (Almeida, 2008):

- a letalidade da fase de aquecimento, em que se verifica uma fase lag de penetração de calor relacionada com o valor de correção J e uma fase log definida pelo valor de f_h ;

- a letalidade das fases lag e log durante o arrefecimento são definidas pelos parâmetros f_c e j_c . Ball assume que: fase de log do aquecimento (representada por f_h) = fase log de arrefecimento f_c

- o valor da incógnita g , é definido como a diferença entre a temperatura do fluido de aquecimento e a máxima temperatura atingida no ponto crítico do alimento, é determinado, neste método em função da evolução de temperatura durante o arrefecimento e um determinado nível de destruição microbiana (valor F) com uma característica de termoresistência (z) (Valentas *et al.*, 1997 citados por Almeida, 2008).

Também se considera a partir dos dados experimentais, que 42% do tempo que decorre até o fluido de aquecimento atingir a temperatura constante, origina valores acumulados de esterilização, portanto 58% não são considerados tempos de esterilização. Em numerosas situações estes pressupostos não se verificam, principalmente quando existem modificações físico-químicas e estruturais importantes durante o processo de esterilização (Valentas *et al.*, 1997)

Autoclaves

Na indústria a esterilização de conservas é realizada em autoclaves. Os diferentes tipos de autoclave baseiam-se no modo de funcionamento descontínuo ou contínuo. O contínuo tem capacidade de processar maiores volumes de produção (Boz & Erdogan, 2015). O aquecimento é realizado através de água, de vapor ou de mistura de ambos (Matella *et al.*, 2013). As autoclaves que operam sob pressão de vapor são de concepção mais antiga e ainda as mais utilizadas na indústria de alimentos enlatados. Para o perfeito funcionamento desta classe de autoclaves, é necessário o uso de vapor isento de ar, como meio de aquecimento, (GMA, 2007 citado por Bertili *et al.*, 2013). O modo de funcionamento pode ainda dividir-se em estático ou rotativo, sendo que neste último a agitação das latas de conserva de feijão promove uma melhor taxa de transferência de calor.

2.3 Indicadores para avaliação do processo tecnológico

2.3.1 Cor

Em qualquer conceito de qualidade visual, a cor atua como um indicador útil e intuitivo (Joshi & Brimelow 2002). Quando o consumidor compra alimentos usa a cor como um indicador de qualidade e esta cor tem de ser a "correta". O sucesso da indústria alimentar depende do facto do consumidor confiar que a aparência do alimento é um indicador da sua qualidade e conseqüentemente isso determina a sua aceitabilidade (Culver & Wrolstad, 2008). Na mente do consumidor, a aparência e a cor do alimento vão interferir com apreciação de outros atributos sensoriais e com a sua expectativa de satisfação (Lea & Henry, 2003).

A cor dos feijões é uma característica de qualidade comercial e a cor do tegumento é definida pelos pigmentos contidos na sua estrutura podendo ser apenas de cor única ou apresentar pequenas manchas. A aparência vai de brilhante a fosco, sendo o aspeto mais lustroso é associado com a presença de uma camada lipídica na superfície do tegumento. Os pigmentos encontrados no tegumento das sementes são tipicamente compostos fenólicos (pe. ácidos fenólicos, polifenóis condensados, ou taninos e flavonóides, mais precisamente antocianinas) que lhes conferem cores distintas e que são reativos com a composição química e pH da água. Os pigmentos solúveis em água são facilmente lixiviados do tegumento durante as operações unitárias de demolha, branqueamento e processamento térmico. Esta lixiviação é um ponto crítico do processamento dos feijões pretos (Uebersax & Siddiq *et al.*, 2013). Os consumidores normalmente preferem as sementes de cor clara, possivelmente por causa do paladar, uma vez que os feijões de cor escura (tegumentos de sementes pretos, vermelhos e de bronze) contêm quantidades consideráveis de polifenóis que conferem características mais adstringentes e amargas (Bressani & Elias, 1980, citados por Mkanda *et al.*, 2007). A retenção dos pigmentos é um objetivo desejável durante o processo produtivo que deve garantir uma aparência mais atraente ao consumidor.

As combinações de tempo-temperatura utilizadas na indústria de conservas têm um efeito substancial na maioria dos pigmentos naturais dos alimentos. Muitos são destruídos com o processamento térmico, por alterações no pH ou por oxidação durante o armazenamento (Uebersax & Siddiq *et al.*, 2013). Nas frutas e vegetais as antocianinas são degradadas a pigmentos castanhos (Fellows, 2009). A maioria dos feijões do cores salpicadas não permanecem assim quando demolhados e cozidos; normalmente ficam acastanhados devido às reações de Maillard que ocorrem durante o cozimento (Mkanda *et al.*, 2007).

Na indústria alimentar, os instrumentos de medição de cor são agora rotineiramente utilizados na investigação e para estudos sobre a caracterização do produto, para a normalização de um ingrediente e para monitorizar o processo de fabrico (MacDougall, 2002b). A medição da cor nos alimentos refere-se apenas ao intervalo do espectro visível (isto é, aproximadamente entre 400 e 700 nm). As propriedades fundamentais da cor de um alimento são a transmitância para alimentos transparentes e a refletância para alimentos opacos (Bhuyan, 2006).

É importante perceber que a grande variabilidade dos alimentos, tanto pela sua estrutura como pela sua pigmentação, pode limitar qualquer técnica de medição de cor apenas a esse alimento em particular (MacDougall, 2002a). Como a maioria dos itens alimentares e nomeadamente os feijões, podem ser considerados opacos a técnica de refletância é a mais importante (Bhuyan, 2006). Existem fundamentalmente dois métodos de medição da cor: o método espectrofotométrico e método colorimétrico. Com base na intensidade relativa de cada um desses comprimentos de onda e do sistema escolhido, CIELAB ou HunterLab, são calculados os parâmetros L^* , a^* e b^* e utilizados para se identificar a cor do objecto (Lima, 2009).

Os valores do sistema CIE são calculados usando um modelo matemático baseado na fonte de luz branca, no objeto e no observador humano, representando-as em valores de L^* , a^* e b^* (Leggett, 2008):

- L^* mede a luminosidade, varia entre 0 para preto e 100 para branco.

- a^* é uma coordenada da cromaticidade que representa a quantidade de croma ou cor em plano cromático e define a cor vermelha para valores positivos ($+a$;) e a cor verde para valores negativos ($-a$).

- b^* é uma coordenada da cromaticidade que representa a quantidade de croma ou cor em plano cromático e define a cor amarela para valores positivos ($+b$) e a cor azul para valores negativos ($-b$).

2.3.2 Textura

A textura final do feijão está relacionada com a variedade e qualidade da matéria-prima, com o processo produtivo, condições de produção agrícola, de armazenamento, de hidratação, de branqueamento e de esterilização (Sidiq & Uebersax, 2013).

A textura é um importante fator na avaliação sensorial da qualidade dos alimentos e é decisivo na sua aceitabilidade e comercialização (Lu & Kilcast, 2013). Do ponto de vista sensorial, é avaliada quando o alimento é mastigado (Vaclavik & Christian, 2014). É um fator fundamental da qualidade sensorial dos vegetais processados termicamente. Os consumidores esperam que o produto final, mesmo depois de um extenso processamento térmico, tenha uma firmeza semelhante à do vegetal acabado de cozer em casa, produzindo um reduzido colapso dos tecidos (Adams & Kilcast, 2004).

O objetivo da medição instrumental da textura é produzir um teste mecânico que se relacione com a avaliação sensorial de um provador (Lawless & Heymann, 2010). Os métodos destrutivos são amplamente utilizados para a medição objetiva das propriedades texturais dos alimentos sólidos conseguindo reproduzir ou imitar uma força da avaliação sensorial realizada pelo homem (Lu & Kilcast, 2013).

Uma derivação notável da abordagem de parâmetro único convencional é a técnica de análise de perfil de textura (TPA) realizado com o texturómetro. Envolve dois ciclos completos de compressão e descompressão aplicados a uma amostra de alimento, simulando duas dentadas. O grau de compressão de uma amostra de alimento pode ir até aos 90%. A relação força-tempo ou força-deformação é registada durante os dois ciclos e a partir desses dados são extraídos vários parâmetros de textura (Figura 14), tais como fraturabilidade, dureza, coesividade, adesividade, elasticidade, gumosidade, mastigabilidade e firmeza (adaptado de Bourne, 2002 e Lu *et al.*, 2004). Para efeitos do presente estudo foi apenas efetuado o primeiro ciclo de compressão do qual se avaliou o seguinte parâmetro:

- Dureza (*hardness*) - força máxima registada no primeiro ciclo de penetração ou compressão. Na maior parte dos casos a dureza está relacionada com a força de rutura do material.

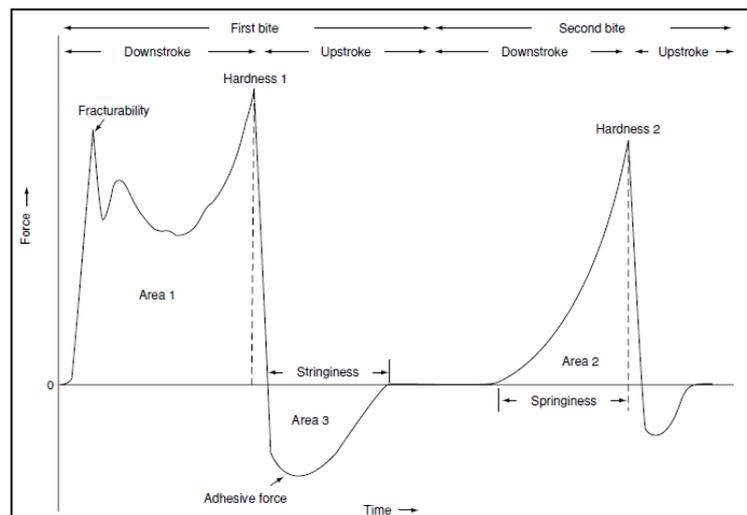


Figura 14 - Curva típica de força-tempo ou força-distância. Retirado de Bourne & Szczesniak (2003)

A compressão é amplamente utilizada para medir as propriedades mecânicas básicas de uma grande variedade de alimentos sólidos, incluindo alimentos processados (Moiny *et al.*, 2002 citados por Lu & Kilcast, 2013). A compressão uniaxial é fácil de executar e é útil para alimentos como as sementes e grãos (Lu & Kilcast, 2013). Tem sido o teste mais documentado para frutas e vegetais (Rosenthal, 1999).

O processo térmico amacia os cotilédones, o que aumenta a palatabilidade do produto (Taiwo *et al.*, 1998). Das propriedades texturais, a dureza dos feijões (excessivamente alta ou reduzida) é normalmente associada ao grau de cozimento e é tipicamente a causa inicial para rejeição dos consumidores exigentes. As alterações físico-químicas sofridas pelas sementes durante o processo de cozimento estão interrelacionadas com alterações de configuração e conformação das biomoléculas, principalmente as do amido, (gelatinização) e das proteínas (desnaturação) uma vez que são os constituintes principais da matriz do feijão (Du *et al.*, 2014).

O tempo de cozimento foi definido como o tempo necessário para que os feijões alcancem a textura considerada aceitável para os consumidores (Moscoso, Bourne & Hood, 1984 citados por Mkanda *et al.*, 2007). Este tempo pode ser influenciado por diversos fatores. Foi observada a influência da composição, nomeadamente que a presença de maiores teores de cálcio e magnésio resultam sempre em feijões mais duros quer no estado crú quer cozidos (Paredes_lopes *et al.* (1989), Lu & Chang (1996) e Lange & Labuschagne (2001) citados por Barros & Prudêncio, 2016)

Para obter a dureza desejada em feijões sob várias condições de conserva, pode ser necessário aumentar o tempo de processamento de 10 a 50% acima dos tempos de processamento necessários para a esterilização (Siddiq, *et al.*, 2011).

2.3.3 Análise sensorial

Bourne (1982 citado por Lammertyn, *et al.*, 2002) resumiu a análise sensorial da seguinte forma: "não há instrumento disponível que tenha a sofisticação, elegância, sensibilidade e amplitude de movimentos mecânicos como os da boca e que possa mudar a velocidade e o modo de mastigação em resposta às sensações recebidas". Mesmo antes de colocarmos o alimento na boca conseguimos reunir um considerável conjunto de informação sobre a textura pelo estímulo visual, táctil e auditivo (Bourne, 2002). A análise sensorial avalia as características organolépticas do produto utilizando os sentidos humanos (sabor, odor visão e tato).

A avaliação objetiva dos feijões com equipamento de laboratório é útil para o controlo de qualidade de rotina, mas não mede a preferência do consumidor (Vaclavik & Christian, 2014). A satisfação do consumidor é normalmente baseada na qualidade do produto, que pode estar associada à ausência de defeitos ou ao seu grau de excelência em termos de atributos, como, os fatores sensoriais e outros *ocultos* (por exemplo, segurança e nutrição) (Shewfelt, 1999) citado por Mkanda *et al.*, 2007).

A avaliação sensorial constitui uma ferramenta para descrever propriedades sensoriais de um produto e determinar a sua aceitabilidade por parte dos consumidores. Um desafio relevante é a introdução das propriedades sensoriais nos critérios dos programas de melhoramento das sementes de feijão, já que a criação de novas variedades de feijão tem sido focada nas características agronómicas, como resistência a doenças, o rendimento, a taxa de maturação e valor nutricional (Graham & Ranalli, 1997; Scott & Maiden, 1998 citados por Mkanda *et al.*, 2007).

No caso dos feijões, as características sensoriais e nutricionais devem ser analisadas nos feijões previamente cozinhados. O processamento é essencial pois alguns componentes nutricionais e antinutricionais sofrem alterações durante a demolha e o cozimento. (Vidal-Valverde *et al.* 1998; Costa de Oliveira *et al.* 2001; Zia-ur *et al.* 2001; Pujolà *et al.* 2007; Balamaze *et al.* 2008; Shiga *et al.* 2009 citados por Del Castillo, 2012).

Para o consumidor, os atributos dos alimentos mais importantes são as características sensoriais (textura, o sabor, forma e cor). Estas determinam a sua preferência e são importantes na influência que têm na aceitabilidade do alimento (Fellows, 2009).

Segundo Calvo & Rey (1999) a textura e a aparência são fundamentais na avaliação sensorial do feijão, sendo que a aparência engloba as características relacionadas com o aspeto do feijão cozido (se está inteiro ou partido) e a presença do tegumento intacto ou separado dos cotilédones. A textura também é descrita pela sensação produzida pelo tegumento em contato com a língua, se é áspero, suave ou rugoso, seguindo-se depois o comportamento do produto face à deformação onde se insere a dureza do tegumento e cotilédones, as características estruturais dos cotilédones, ou seja, se este é amanteigado, farinhento, granuloso e por outras perceções durante a mastigação como a adstringência e a viscosidade.

A grande variedade de feijões secos, com diferentes propriedades físico-químicas e sensoriais satisfazem distintas preferências dos consumidores. As propriedades físicas, tais como tamanho de sementes, cor e propriedades texturais influenciam a aceitabilidade do consumidor de feijão (Calvo & Rey, 1999). Num estudo realizado por Mkanda *et al.* (2007) sobre a relação entre as preferências dos consumidores e as propriedades físico químicas de feijões, concluíram que nas sementes mais pequenas, as características sensoriais como um gosto amargo, ensaboadado e metálico e uma textura dura de certas variedades de feijão contribuíram para o desagrado dos consumidores. Por outro lado o sabor doce, o aroma do feijão cozido, a textura macia das variedades mais aceites parecem estar relacionadas a feijões com boas capacidades de hidratação que por sua vez facilitam o seu amaciamento durante o cozimento. Os consumidores indicaram que o sabor, a dureza e a aparência, como as principais características para avaliar as variedades de feijão. Mavromatis *et al.*(2012) num estudo comparativo entre duas espécies de feijão concluíram que os fatores que afetaram a preferência dos consumidores foram a cor ,o brilho, a dureza e salinidade independentemente da espécie.

Ambos os testes sensoriais e instrumentais são importantes na avaliação da qualidade dos alimentos e idealmente, devem correlacionar-se ou complementar-se mutuamente. A qualidade nutricional dos alimentos, pode ser medida por análises químicas, mas a aceitabilidade dos alimentos não é fácil de se medir, pois é muito subjetiva. Na verdade, os consumidores fazem julgamentos subjetivos usando um ou mais dos cinco sentidos (Vaclavik & Christian, 2014).

3. DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL

3.1 Plano de trabalho

Tendo em consideração a realidade industrial da elaboração de conservas de feijão em lata iniciámos este estudo com a caracterização das variedades tradicionais de feijão e posteriormente submetemo-las às operações tecnológicas de fabrico de conservas.

Na caracterização das variedades tradicionais de feijão foram avaliadas as características mais relevantes atendendo aos critérios de aceitação da matéria-prima na indústria:

Características físicas no feijão seco:

- Morfologia (comprimento, largura, espessura e peso)
- Número de sementes por 100 g
- Densidade
- Cor
- Capacidade de hidratação

Para testar a aptidão tecnológica das variedades de feijão tradicionais na elaboração de conserva em lata foram realizadas, à escala laboratorial, as operações comumente executadas a nível industrial, nomeadamente, a demolha, o branqueamento, o enchimento e a esterilização.

Os binómios tempo-temperatura utilizados na operação de esterilização tiveram em consideração as condições predominantemente utilizadas no laboratório tecnológico da unidade industrial parceira no projeto. Para a temperatura de regime programada de 122,0 °C, foram efetuados diversos ensaios na condição de tempo mais comumente praticados para garantir esterilidade comercial assim como uma condição de tempo inferior e duas superiores, respetivamente: 17;19; 22; 25 minutos à temperatura de regime considerada, conforme **Tabela 2**.

Após esterilização do feijão foram efetuadas as seguintes determinações:

Características físicas

- Morfologia (comprimento, largura, espessura e peso)
- Número de sementes por 100 g (com contagem do número de sementes inteiras e número de sementes partidas)
- Cor
- Textura

Características químicas

- Composição em macroconstituintes

Características sensoriais

- Análise sensorial

Tabela 2 - Ensaios realizados nas amostras de feijão

Ensaio	Tempo previsto (min)	Tempo de esterilização (Ball, min)	Moleiro	Patarar	Tarrestre	Branco	Frade
A	17,0	19,0	A_MO01	A_PA01	A_TA01	A_BR01	A_FR01
			A_MO02	A_PA02	A_TA02		A_FR02
B	19,0	21,2	B_MO01	B_PA01	B_TA01	B_BR01	B_FR01
			B_MO02	B_PA02	B_TA02		B_FR02
C1	22,0	22,2	C_MO01	C_PA01	C_TA01	C_BR01	C_FR01
			C_MO02	C_PA02	C_TA02		C_FR02
C2	22,0	22,2	D_MO01	D_PA01	D_TA01	D_BR01	D_FR01
			D_MO02	D_PA02	D_TA02		D_FR02
C3	22,0	22,2	E_MO01	E_PA01	E_TA01	E_BR01	E_FR01
			E_MO02	E_PA02	E_TA02		E_FR02
D	22,0	23,8	F_MO01	F_PA01	F_TA01	F_BR01	F_FR01
			F_MO02	F_PA02	F_TA02		F_FR02
E	25,0	27,4	G_MO01	G_PA01	G_TA01	G_BR01	G_FR01
			G_MO02	G_PA02	G_TA02		G_FR02

Na **Tabela 3** são apresentadas as condições de processamento reais

Tabela 3 - Condições de processamento reais

Ensaio	Temperatura inicial (°C)	Temperatura de regime (°C)	Tempo de entrada em regime (min)	Tempo em temperatura de regime (min)
A	38,31	122,33	4,8	17,0
B	59,74	122,29	5,3	19,0
C1	52,77	122,21	8,8	18,5
C2	93,82	122,98	7,2	19,0
C3	44,47	122,78	6,0	19,7
D	58,23	122,35	4,3	22,0
E	40,04	122,43	4,8	25,3

Na **Tabela 4** são apresentados os valores de Fo calculados para as diversas variedades e respetivos ensaios

Tabela 4 - Valores de Fo calculados para as diversas variedades e respetivos ensaios

Variedade	Ensaio	Método de Ball	
		Tempo de Ball (min)	Fo (min)
Moleiro	A	19,0	18,1 ; 20,0
	B	21,2	22,2 ; 23,6
	C1	22,2	22,6 ; 24,1
	C2	22,2	31,5 ; 31,8
	C3	22,2	25,1 ; 27,0
	D	23,8	25,8 ; 27,3
	E	27,4	29,9 ; 31,8
Patalar	A	19,0	18,6 ; 20,9
	B	21,2	23,3 ; 25,4
	C1	22,2	23,5 ; 25,6
	C2	22,2	33,7 ; 36,1
	C3	22,2	26,0 ; 28,4
	D	23,8	26,9 ; 29,0
	E	27,4	30,7 ; 32,9
Tarrestre	A	19,0	17,5 ; 19,8
	B	21,2	21,5 ; 24,2
	C1	22,2	21,9 ; 24,4
	C2	22,2	30,0 ; 34,4
	C3	22,2	24,4 ; 27,1
	D	23,8	25,0 ; 27,8
	E	27,4	29,3 ; 31,7
Branco	A	19,0	18,7 ; 20,3 ; 18,2
	B	21,2	22,5 ; 24,2 ; 21,5
	C1	22,2	23,0 ; 24,6 ; 22,2
	C2	22,2	30,6 ; 33,3 ; 28,4
	C3	22,2	25,7 ; 27,5 ; 25,0
	D	23,8	26,1 ; 27,8 ; 25,2
	E	27,4	30,5 ; 32,1 ; 29,9
Frade	A	19,0	20,0 ; 19,6 ; 20,1 ; 20,0
	B	21,2	24,0 ; 23,7 ; 24,1 ; 23,5
	C1	22,2	24,4 ; 24,1 ; 24,5 ; 24,0
	C2	22,2	33,2 ; 33,2 ; 33,3 ; 31,0
	C3	22,2	27,1 ; 26,8 ; 27,3 ; 27,0
	D	23,8	27,6 ; 27,3 ; 27,7 ; 27,1
	E	27,4	31,8 ; 31,5 ; 32,0 ; 31,8

3.2 Matéria-prima

As variedades tradicionais de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.) estudadas foram cedidas por grupos de investigação a montante do projeto (Referência PTDC/AGR-TEC/3555/2012) em que este estudo se encontra inserido. Foram testadas as três variedades tradicionais portuguesas de feijão, Moleiro, Patalar e Tarrestre e duas variedades de feijão comercialmente aceites com características

morfológicas e de composição aceites como padrão de qualidade: o feijão branco e feijão-frade, pertencentes à mesma classe de granulometria dos anteriores e cedidos pela Sumol+Compal, parceira do projeto. O feijão-frade é da mesma família do feijão comum mas pertence a uma espécie botânica diferente, *Vigna unguiculata*.

3.3 Operações tecnológicas



Figura 15 - Operações tecnológicas realizados à escala laboratorial

Demolhagem

Amostras individualizadas de 100 g de feijão foram colocadas a demolhar em água (MiliQ Tipo I) à temperatura ambiente ($21 \pm 1^\circ\text{C}$) numa proporção de feijão:água de 1:3 (p/v) até duplicar o peso inicial.

Branqueamento

O feijão demolhado foi mergulhado em água à temperatura de $90 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 5 minutos. Para tal utilizou-se um cesto metálico onde se colocou o feijão e um recipiente com uma proporção de feijão:água de 1:3 (p/v). O controlo da temperatura durante os ensaios foi feito com um termómetro digital Eomega RDXL4SD e termopar tipo T. Após estabilização da temperatura da água a $90 \pm 1^\circ\text{C}$ mergulhou-se o cesto durante 5 minutos. Depois de atingido este tempo o feijão foi retirado e passado por água corrente durante 5 minutos para efetuar o rápido arrefecimento. Este binómio de tempo-temperatura é o mesmo aplicado à escala industrial pela parceira do projeto.

Enchimento

Foram colocadas amostras de 100 g de feijão branqueado em latas cilíndricas de folha-de-flandres 15 Oz. Adicionou-se salmoura (Solução de NaCl 1,5%) perfazendo o volume da lata e efetuou-se a respetiva cravação.

Esterilização

A esterilização térmica foi realizada à escala laboratorial numa autoclave piloto modelo AJCosta Steri21. As condições de esterilização variaram quanto ao tempo, conforme mencionado anteriormente e a temperatura de regime foi de $122,0^\circ\text{C}$. Os dados de tempo-temperatura foram recolhidos através de três *data loggers* Madgetech Hitemp140.

3.4 Avaliação físico-química

3.4.1 Caracterização morfológica

Cada uma das variedades tradicionais no estado seco foi dividida em amostras de 100 g. Foi feita a contagem do número de sementes por amostra tratando-se este valor de um dos critérios de aceitabilidade do feijão para a indústria das conservas. Desta amostra 10% das sementes foram avaliadas quanto à sua morfologia.

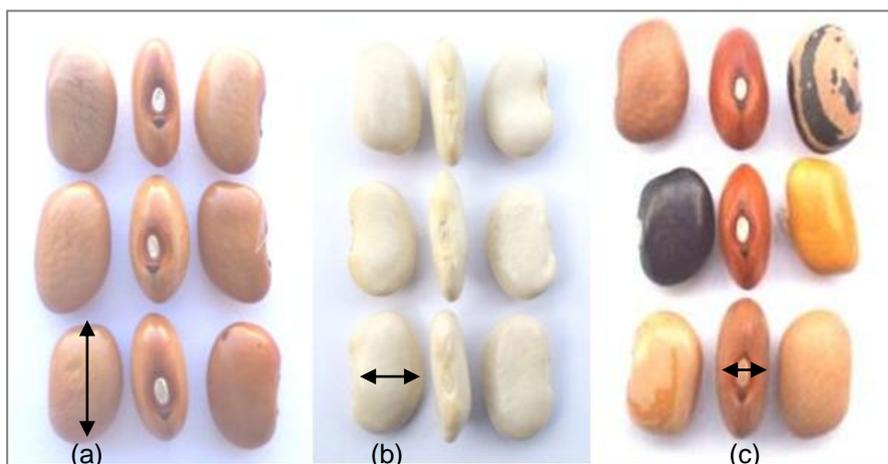


Figura 16 - Variedades tradicionais de feijão Moleiro, Patarar e Tarreste e detalhe das medidas de comprimento (a), largura (b) e espessura (c)

Comprimento, Largura, Espessura e Peso das sementes

Com o paquímetro digital (leitura 0,01 mm) foi medido o comprimento (mm) sentido longitudinal, a largura (mm) sentido transversal e a espessura (mm) conforme (Figura 16). Foi ainda determinado o peso (g) de cada semente com a balança analítica de precisão de 0,01g.

Diâmetro equivalente

O diâmetro médio geométrico, D_m , foi calculado usando a fórmula seguinte (Mohsenin, 1970 citado por Wani *et al.*, 2014):

$$D_m \text{ (mm)} = (\text{Comprimento} \times \text{Largura} \times \text{Espessura})^{1/3}$$

Esfericidade

A esfericidade (ϕ), é uma expressão da forma da semente em relação a um sólido esférico com o mesmo volume (Wani *et al.*, 2014). Foi calculada em função das três principais dimensões, conforme a fórmula seguinte Mohsenin, 1970 citado por Wani *et al.*, 2014):

$$\phi \text{ (\%)} = [(\text{Comprimento} \times \text{Largura} \times \text{Espessura})^{1/3} / \text{Comprimento}] \times 100$$

Relação largura/comprimento

Relaciona a largura com o comprimento, sendo indicativo da forma do feijão, revelando a tendência para ser alongado ou não (Wani *et al.*, 2014). Foi calculado da seguinte forma (Hauhouout-O'hara *et al.*, 2000; Omobuwajo *et al.*, 1999 citados por Wani *et al.*, 2014):

$$Ra = \text{Largura} / \text{Comprimento}$$

Depois de cada uma das etapas tecnológicas, demolha, branqueamento e esterilização foi realizada a caracterização morfológica em 30 sementes de cada variedade e em cada lata de ensaio de esterilização.

3.4.2 Número de sementes por 100 g

No feijão seco foram pesadas 100 g de sementes e foi efetuada a respetiva contagem.

No feijão em conserva, depois de abertas as latas e escorrida a salmoura foram pesadas 100 g de feijão cozido e feita a respetiva contagem. Nesta contagem foi registado o número de sementes inteiras e o número de sementes partidas.

3.4.3 Peso de 100 sementes

O peso de 100 sementes foi obtido por extrapolação da determinação do número de sementes/100g. Permite classificar as sementes quanto ao seu tamanho de acordo com o proposto por Shimelis & Rakshit (2005): sementes pequenas (peso de 100 sementes < 25 g); sementes médias (peso de 100 sementes 25 – 40 g); sementes grandes (peso de 100 sementes > 40 g).

3.4.4 Densidade

No feijão seco cada amostra de 100 g foi subdividida em 3 amostras, depois de pesadas foi calculada a densidade das sementes pelo método de deslocação de água numa proveta.

3.4.5 Capacidade de hidratação

Para medição da capacidade de hidratação, colocaram-se amostras de 100 g de feijão, em água MiliQ Tipo I à temperatura ambiente (21°C) numa proporção de feijão: água de 1:2 (p/v). Foi registado o aumento de massa das sementes, por pesagem em intervalos de 60 minutos até se verificar 100% de aumento do seu peso.

A percentagem de água absorvida foi determinada de acordo com a seguinte fórmula (Kaur *et al.*, 2009, Wani *et al.*, 2014):

$$\text{Água absorvida (\%)} = \frac{\text{Peso das sementes demolhadas (g)} - \text{Peso das sementes secas(g)}}{\text{Peso das sementes secas (g)}} \times 100$$

A capacidade de hidratação foi determinada de acordo com a seguinte fórmula (Merwe *et al.*, 2006):

$$\begin{aligned} \text{Capacidade de hidratação (g/semente)} \\ = \frac{\text{Peso das sementes demolhadas (g)} - \text{Peso das sementes secas(g)}}{\text{número de sementes secas *}} \end{aligned}$$

*para o número de sementes secas foi usado o valor médio do número de sementes/100g.

Modelo de *Peleg*

Para caracterizar o comportamento dinâmico do processo de hidratação surgiram alguns modelos que pretendem prevê-lo através do registo de dados de humidade em função do tempo. Para demonstrar o modo de absorção da água pelos feijões foi proposta uma equação empírica não exponencial de dois parâmetros conhecida como o Modelo de *Peleg* que se expressa por (Abu-Ghannan & McKenna, 1996):

$$M_t = M_0 \pm \frac{t}{(k_1 + k_2 t)}$$

Em que:

$M(t)$ - teor de humidade no tempo t (% ou g)

M_0 - teor de humidade inicial (% ou g)

t - tempo de hidratação/demolha (h)

\pm "+" se o processo é de absorção e "-" se o processo é de desidratação

k_1 - constante de *Peleg* de velocidade ($h\%^{-1}$)

k_2 - constante de *Peleg* de capacidade ($\%^{-1}$)

O modelo de *Peleg* representa a tendência de absorção de água pelos feijões ao longo do tempo de demolha. Este modelo descreveu satisfatoriamente dados experimentais de hidratação de vários alimentos como grão-de-bico (Prasad, Vairagar & Bera, 2010), feijão (Resende & Corrêa, 2007), trigo (Maskan, 2002), soja, feijão (Sopade & Obekpa, 1990) e arroz (Botelho *et al.*, 2010) citados por Cecchin (2016).

3.4.6 Cor

A determinação da cor foi realizada com um colorímetro triestímulo de refletância Konica Minolta CR-300 no sistema CIE $L^*a^*b^*$. Os valores registados em "L", Luminosidade (varia entre 0 para preto e 100 para branco), em "a" (varia entre -a para verde e +a para vermelho), e em "b" (varia entre -b para azul e +b para amarelo). Os feijões foram colocados sobre a célula de vidro que protege a fonte de luz e cobertos com uma tampa preta impedindo a passagem de luminosidade do exterior

(conforme método de Wani *et al.*, 2014) A medição foi realizada em duplicado (ou seja nos dois lados do mesmo feijão) em 30 feijões de cada variedade em seco e após demolhado, após branqueado e em 25 feijões de cada lata de ensaio de esterilização. A calibração do colorímetro foi realizada com o azulejo padrão branco e os ensaios de acordo com as condições da **Tabela 5**.

No espaço CIEL*a*b* é possível calcular as diferenças existentes em termos psicométricos através da fórmula da Diferença Total de Cor ΔE , que indica a diferença de cor entre uma dada amostra (L^* amostra, a^* amostra, b^* amostra) e uma amostra de referência (L^* padrão, a^* padrão, b^* padrão).

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

onde:

$$\Delta L^* = L^*_{amostra} - L^*_{padrão}$$

$$\Delta a^* = a^*_{amostra} - a^*_{padrão}$$

$$\Delta b^* = b^*_{amostra} - b^*_{padrão}$$

Considerou-se como amostra referência para cada uma das variedades a média de cada um dos parâmetros do feijão seco.

Tabela 5 - Condições de ensaio da cor

Condições de ensaio	
Temperatura:	Ambiente (21 ± 1 °C)
Iluminante padrão:	D ₆₅

De acordo com o manual de ciência da cor de Yamauchi (1989) citado por Yousif (2014), a diferença total de cor ΔE é um índice para diferenças de cor totais visíveis e é descrito da seguinte forma: 0-0,5 (indícios de diferença); 0,5-1,5 (ligeiramente discernível; difícil de detetar com o olho humano); 1,5-3,0 (visível; detetável por pessoas treinadas); 3,0-6,0 (apreciável; detetável por pessoas comuns); 6,0-12,0 (grande diferença no mesmo grupo de cores) e maior que 12 (extremo; pertencem a um grupo de cores diferentes).

3.4.7 Textura

Foi realizado um estudo prévio para seleção da melhor sonda: de penetração, de corte ou de compressão, tendo-se verificado que os testes de compressão eram os que melhor simulavam a mastigação do feijão.

A avaliação de textura foi realizada numa prensa universal TA-XT 2 (Stable Micro Systems Ltd). A calibração do texturometro foi realizada no início de cada dia de trabalho, e os ensaios de acordo com as condições da **Tabela 6**. A medição foi realizada individualmente em 25 feijões de cada lata de cada ensaio de esterilização

Foram medidos os seguintes atributos:

Dureza (N): força máxima necessária durante o ciclo de compressão

Tabela 6 - Condições de ensaio da textura

Condições de ensaio	
Temperatura:	Ambiente (21°C)
Tipo de ensaio:	Compressão
Nº de ciclos de compressão:	1
Tipo de sonda:	Compressão P30 (30 mm em alumínio)
Velocidade pré-teste:	2 mm/s
Velocidade de teste:	1 mm/s
Velocidade pós-teste:	5 mm/s
<i>Trigger force</i>	20 g
Extensão do teste:	75%
Tipo de gráfico:	Carga (N) vs. Tempo (s)
Número de ensaios:	Mínimo 30

3.4.8 Análise dos macroconstituintes

Na análise dos macroconstituintes foi determinado o teor de humidade, de cinza total, de gordura bruta, de proteína bruta, de fibra bruta e de extratos não azotados, em 100g deste produto, relativos a matéria original (matéria húmida) e matéria seca. Os resultados foram determinados por diversos e sucessivos cálculos, da forma mais adequada para cada tipo de constituinte.

Amostragem

Depois de abertas as latas, foi retirada uma porção de feijão para a análise de macroconstituintes, devidamente identificadas e acondicionadas num saco selado a vácuo. Foram congeladas a -18°C até proceder à análise. Depois de descongeladas as amostras do mesmo ensaio foram homogeneizadas numa picadora “123” (3x30 segundos) e analisadas em triplicado. Os resultados finais resultam da média de três determinações. A trituração foi realizada usando uma picadora elétrica, até obter uma pasta de feijão cozido de carácter homogéneo.

3.4.9 Teor de humidade

O teor de humidade, de um alimento é expresso em percentagem do seu peso.

Pesaram-se na balança (balança analítica $\pm 0,0001$ gr) 3 amostras de pasta de feijão cozido com 1 g cada, para 3 cadinhos previamente tarados. Seguidamente procedeu-se à secagem destes na estufa a 100-105°C durante 4 a 6 horas. Foram pesados após arrefecimento do exsiccador (cadinho + amostra seca).

3.4.10 Teor de cinza total

A matéria seca pode ser subdividida em matéria orgânica e cinza. A determinação do resíduo seco é ponto de partida da análise de alimentos. O teor de matéria seca de um alimento é a relação entre o peso do alimento menos a sua humidade e o seu peso original;

O teor de cinza corresponde ao resíduo inorgânico que permanece após a inceneração da matéria orgânica. A cinza é constituída por K, Na, Ca e Mg e Fe.

Para determinação da cinza foram usadas as 3 amostras secas resultantes da determinação do teor de humidade. Colocaram-se a calcinar na mufla a 575 ± 25 °C, durante 4 horas até se obtenção de um resíduo branco. Foram pesados após arrefecimento do exsiccador (cadinhos + cinza).

3.4.11 Teor de gordura bruta

A gordura bruta equivale à fração de lípidos existente no alimento, que se caracteriza por ser solúvel em solvente orgânico.

A determinação do teor de gordura bruta foi efetuada aplicando a técnica de Randall, usando um extractador SER 148/6. Para cada determinação pesaram-se 3 amostras de 5,00 g de pasta de feijão cozido (cada uma sobre um filtro de papel). Os filtros com as respetivas amostras foram introduzidos em vasos de celulose e estes colocados na unidade de extração. Numa primeira fase efetuou-se a extração com imersão da amostra num solvente (éter de petróleo) durante 90 minutos a uma temperatura de 110°C e numa segunda fase com lavagem por fluxo de solvente frio durante 60 minutos e posterior solubilização da gordura. Por fim foram retirados os vasos para secagem na estufa durante 30 minutos para garantir a evaporação total dos resíduos de solvente. Após o arrefecimento dos vasos de extração no exsiccador foi efetuada a respetiva pesagem.

3.4.12 Teor de proteína bruta

A proteína bruta foi determinada pelo método de Kjeldahl pela quantificação de azoto total.

Foram pesadas 3 amostras de 1 g para 3 tubos de ensaio. Adicionaram-se a cada tubo 2 comprimidos de catalítico (código CT0006650) e 12,00 ml de ácido sulfúrico H₂SO₄ concentrado (96-98%). Colocaram-se os tubos teste de Kjeldhal na unidade de digestão durante 60 minutos a 420 °C. Seguidamente deixaram-se arrefecer os tubos teste e foram colocados na unidade de destilação-titulação automática UDK159. Nesta unidade foram introduzidos os dados correspondentes às amostras e selecionado o programa de atuação (métodos pré-definidos) para titulação das amostras, tendo sido previamente realizados os ensaios em branco. O teor de proteínas dos feijões é calculado multiplicando o teor de azoto de Kjeldahl por um factor de conversão de 6,25.

3.4.13 Teor de fibra bruta

A fibra bruta equivale aos componentes dos alimentos de origem vegetal não são digeríveis pelo nosso organismo.

A determinação do teor de fibra bruta foi realizada com o extrator FIWE6 às amostras resultantes do processo da determinação do teor de gordura, ou seja, às amostras desengorduradas. Pesaram-se três amostras de 1 g cada para os cadinhos de placa filtrante vazios. Introduziram-se os cadinhos no equipamento e para realização da hidrólise ácida adicionaram-se a cada uma das colunas 150ml ácido sulfúrico previamente aquecido e 3 gotas de n-octanol de ação antiespumante. A unidade foi posteriormente fechada e programado o aquecimento durante 30 minutos com o ácido em ebulição. De seguida foi filtrado o reagente remanescente e efetuadas três lavagens com água quente. Procedeu-se de seguida à hidrólise básica adicionado 150ml de hidróxido de potássio a cada uma das colunas e 3 gotas de n-octanol de ação antiespumante. Deixou-se ferver durante 30 minutos. Realizou-se a filtração do reagente remanescente e três lavagens com água quente, uma com água fria e três com solvente aquecido. Foram colocados os cadinhos a secar na estufa durante 1 hora a 105 °C e depois de arrefecidos no exsiccador foram pesados. Seguiram para a mufla durante 3 horas a 575 ± 25 °C sendo posteriormente efetuada nova pesagem.

3.4.14 Teor em hidratos de carbono

Os hidratos de carbono são calculados por diferença percentual com o teor dos restantes macroconstituintes, usando a seguinte expressão:

Hidratos de carbono = 100 - (teor de humidade + teor de cinzas + teor de gordura bruta + teor de proteína bruta + teor de fibra bruta)

3.5 Análise sensorial

Foi utilizado um painel de 8 provadores com experiência em provas sensoriais de diversos produtos. Cientes dos procedimentos e objetivos de uma análise sensorial, foram sensibilizados para o enquadramento do presente estudo. Na primeira sessão foi explicada a classificação e respetiva terminologia da ficha de prova e lembrados estes conceitos no início de cada sessão.

As amostras de feijão processado foram colocadas em placas de petri (40 feijões em cada) e dispostas sobre a mesa da sala de provas devidamente codificadas e com a respetiva “Ficha de Prova” conforme **Anexo 1**. A avaliação focou-se nos seguintes parâmetros:

- Aparência visual
- Sabor
- Textura (Grau de cozedura/dureza: tegumento e cotilédones)
- Apreciação global

Estes parâmetros foram avaliados numa escala estruturada de 4 âncoras:

- 1 - Inaceitável ou Mau
- 2 - Aceitável
- 3 - Bom
- 4 - Excelente

A análise sensorial ocorreu sempre que eram abertas latas para avaliação dos parâmetros pós esterilização. Em cada uma das sessões, cada provador avaliou seis amostras resultantes da combinação de dois ensaios de tempos de esterilização diferentes.

3.6 Análise estatística

As características morfológicas e físicas relacionadas com a caracterização das variedades foram avaliadas por métodos de estatística descritiva. Para se avaliar a diferença entre variedades efetuou-se análise de variância, com blocos completamente casualizados, tendo como fatores de variação as variedades e as intensidades de tratamento térmico, no caso das conservas. A comparação de médias foi realizada com teste *Tukey HSD* para 95% de significância.

Em termos de apresentação de resultados, utilizou-se os seguintes princípios: ns $p \geq 0,05$ diferença não significativa; * $0,01 < p < 0,05$ diferença significativa; ** $0,001 < p < 0,01$ diferença muito significativa; *** $p < 0,001$ diferença altamente significativa. A diferença de significância foi assinalada com uma letra minúscula junto do respetivo valor médio, letras diferentes indicam a existência de diferenças significativas e letras iguais indicam que não ocorreram diferenças significativas ($p > 0,05$).

A análise estatística foi realizada com o *software* STATISTICA versão 10, *Stat Soft, Inc.*

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Feijão seco

4.1.1 Morfologia

A significância do efeito variedade e o valor das médias e desvios padrão dos parâmetros morfológicos analisados são apresentados nas tabelas seguintes.

Para a caracterização da morfologia são habitualmente determinados o comprimento, a largura, a espessura e o peso deste tipo de sementes secas (**Tabela 7**).

Tabela 7 - Significância do efeito da variedade, valores das médias e dos desvios padrão dos parâmetros comprimento, largura, espessura e peso das variedades de feijão seco.

Variedade	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Peso (g)	<i>n</i>
ANOVA (F / <i>p</i>)	5108,4 ***	5569,9 ***	151,9 ***	4027,1 ***	
Moleiro	11,93 ^b ± 0,77	6,81 ^b ± 0,41	4,89 ^b ± 0,44	0,30 ^b ± 0,05	646
Patalar	17,31 ^c ± 1,66	9,51 ^c ± 0,60	5,07 ^c ± 0,48	0,60 ^c ± 0,12	394
Tarrestre	10,75 ^a ± 0,92	6,43 ^a ± 0,49	4,54 ^a ± 0,63	0,23 ^a ± 0,05	830

Na mesma coluna os valores médios com diferentes letras são significativamente diferentes.

A análise de variância revela que existem diferenças altamente significativas ($p < 0,001$) entre as três variedades de feijão tradicional para os parâmetros morfológicos. A largura, o comprimento e o peso são os atributos que diferenciam mais as variedades tradicionais estudadas.

O feijão Tarrestre é o que apresenta as menores dimensões médias para todos os parâmetros (comp. 10,75mm; larg. 6,43mm; esp. 4,54mm; peso 0,23g), o Moleiro apresenta dimensões intermédias e finalmente o Patalar é o que tem os maiores valores médios (comp. 17,31mm; larg. 9,51mm; esp. 5,07mm; peso 0,60g). Relativamente ao peso, é de salientar que o feijão Patalar apresenta um peso médio (0,60g) aproximadamente duas vezes superior às restantes variedades (Tarrestre e Moleiro com 0,23 e 0,30g, respetivamente).

A **Tabela 8** apresenta a significância do efeito variedade e os valores das médias e desvio padrão nos parâmetros: diâmetro equivalente, relação largura/comprimento e esfericidade. Estes, são regularmente usados para caracterizar as sementes quanto à sua forma.

Tabela 8 - Significância do efeito da variedade, valores das médias e dos desvios padrão do diâmetro equivalente, relação largura/comprimento, esfericidade das variedades de feijão seco.

Variedade	Diâmetro equivalente (mm)	Relação largura/comprimento	Esfericidade (%)	N
ANOVA (F / p)	3507,1 ***	201,3 ***	1050,1 ***	
Moleiro	7,35 ^b ± 0,41	0,57 ^b ± 0,03	61,65 ^b ± 2,54	646
Patalar	9,40 ^c ± 0,62	0,55 ^a ± 0,04	54,51 ^a ± 3,02	394
Tarrestre	6,78 ^a ± 0,54	0,60 ^c ± 0,05	63,21 ^c ± 3,61	830

Na mesma coluna os valores médios com diferentes letras são significativamente diferentes.

A análise de variância indica que existem diferenças altamente significativas ($p < 0,001$) entre as variedades de feijão tradicional para os parâmetros mencionados, sendo o diâmetro equivalente o parâmetro que mais diferencia as variedades.

Relativamente ao diâmetro equivalente o feijão Tarrestre apresenta o menor valor médio (6,78 mm) e o Patalar o mais elevado (9,40 mm). Para a relação largura/comprimento e esfericidade é o Patalar que apresenta os menores valores médios (0,55 e 54,51%, respetivamente) enquanto que o Tarrestre regista os maiores valores (0,60 e 63,21%). Desta forma, podemos indicar que o feijão Patalar tem uma forma mais alongada e achatada face ao Tarrestre, que para além de ser o mais pequeno, tem a forma mais esférica.

Deshpande *et al.* (1983) estudaram 10 variedades de feijão comercializadas na América do Norte, os comprimentos estavam compreendidos 8,41 e 15,95mm, a largura entre 5,41 e 8,71mm, a espessura entre 4,60 e 7,47mm. Num trabalho de Rodiño *et al.* (2001) a 88 variedades tradicionais portuguesas observaram que o comprimento estava compreendido entre 10,1 e 18,1mm, a largura de 6,20 a 9,60mm e a espessura de 5,20 a 7,98mm. Num estudo de Wani *et al.* (2014) a quatro variedades de feijão indianas, o comprimento das sementes variou entre 11,45 e 16,45 mm, a largura entre 6,65 e 7,80 mm e a espessura entre 4,70 e 6,13 mm. No mesmo estudo o diâmetro equivalente variou de 7,31 a 9,24 mm, a esfericidade de 52,13% a 63,08% e a relação largura/comprimento 0,40 a 0,61. Em Parmar *et al.* (2014) o peso médio de 48 variedades de feijão da região dos Himalaias variou de 0,17 a 0,73g. Apesar da diversidade os valores, os determinados no presente trabalho estão enquadrados com os dos estudos referidos.

As diferenças altamente significativas ($p < 0,001$) encontradas entre as três variedades para os parâmetros morfológicos estudados vieram corroborar a evidente diversidade fenotípica existente entre variedades.

Na **Tabela 9** estão apresentados os resultados da análise de variância ao número de sementes em 100 g, o respetivo peso de 100 sementes e a classificação das sementes quanto seu tamanho.

Tabela 9 - Significância do efeito da variedade e valores das médias e dos desvios padrão, do nº de sementes/100g, peso de 100 sementes e classificação das variedades de feijão seco.

Variedade	Nº de sementes/ 100 g (un)	Peso de 100 sementes (g)	Classificação (¹)	n
ANOVA (F / p)	13744,4 ***	---	---	
Moleiro	341 ^b ± 4,34	29,34	Médias	19
Patalar	175 ^a ± 3,49	57,31	Grandes	22
Tarrestre	458 ^c ± 8,22	21,83	Pequenas	36

Na mesma coluna os valores médios com diferentes letras são significativamente diferentes.

*1-De acordo com Shimelis & Rakshit (2005), sementes pequenas (peso100 sementes < 25 g); sementes médias (peso 100 sementes 25 – 40 g); sementes grandes (peso100 sementes > 40 g)

A análise de variância indica que existem diferenças altamente significativas ($p < 0,001$) entre as variedades de feijão tradicional para o número de sementes/100g.

O número de sementes/100 g é menor na variedade Patalar (175), seguido depois pelo Moleiro que apresenta aproximadamente o dobro das sementes (341) e o Tarrestre conta com o maior número de sementes (458).

O peso de 100 sementes (obtido por extrapolação do nº de sementes/100g) permite classificar as sementes quanto ao seu tamanho de acordo com o proposto por Shimelis & Rakshit (2005). Assim sendo as sementes da variedade Tarrestre com 21,83 g/100 sementes são classificadas de pequenas, as do Moleiro com 29,34 g/100 sementes são classificadas de médias e as do Patalar com 57,31 g/100 sementes são consideradas grandes. No estudo de Deshpande *et al.* (1983) o peso médio de 100 sementes variou de 15,03 a 50,33 g, em Rodino *et al.* (2001) registaram de 20,50 a 65, 40g/100 sementes, em Saha *et al.* (2009) a 35 variedades indianas observaram valores entre 30,20 e 58,6 g, no estudo de Guzel & Sayar (2012) a três variedades turcas observaram 56,8g/100 sementes numa variedade de cor escura e 35,46g/100 sementes numa variedade de cor clara, em Wani *et al.* (2014) determinaram valores médios de 25,16 a 44,61 g/100 sementes. Apesar da diversidade de valores determinados no presente trabalho, estão enquadrados com a bibliografia consultada.

4.1.2 Cor

Na **Tabela 10** estão apresentados os resultados da significância do efeito da variedade, os valores das médias e desvios padrão dos parâmetros colorimétricos Lab* das 5 variedades de feijão seco.

Tabela 10 - Significância do efeito da variedade e valores das médias e dos desvios padrão para os parâmetros colorimétricos Lab* das variedades de feijão seco.

Variedade	L*	a*	b*	n
ANOVA (F / p)	1018,76 ***	1306,915 ***	507,62 ***	
Moleiro	51,31 ^b ± 2,65	11,13 ^c ± 1,55	20,53 ^d ± 1,94	60
Patalar	84,85 ^e ± 2,20	-0,40 ^a ± 0,31	9,46 ^b ± 1,25	62
Tarrestre	46,82 ^a ± 7,20	10,78 ^c ± 2,26	15,89 ^c ± 3,04	68
Branco	76,42 ^d ± 2,05	-0,21 ^a ± 0,17	6,58 ^a ± 1,10	62
Frade	62,04 ^c ± 3,15	2,42 ^b ± 0,34	15,45 ^c ± 1,51	62

Na mesma coluna os valores médios com diferentes letras são significativamente diferentes

L*=Luminosidade (0=preto); 100=branco); a*(-=verde;+=vermelho); b* (-=azul;+=amarelo)

A análise de variância revela que existem diferenças altamente significativas ($p < 0,001$) entre as 5 variedades de feijão para os parâmetros L*, a* e b*. A escala de cromaticidade a* é o atributo que mais diferencia as variedades.

Os valores médios de L* apresentam diferenças significativas com uma amplitude entre 46,82 a 84,85. O feijão Patalar evidencia o valor de luminosidade mais elevado, seguido do feijão Branco. Na escala de cromaticidade a* e b* o Patalar e o Branco apresentam valores das médias não significativamente diferentes ($p > 0,05$) para a* e significativamente diferentes para b*. Os valores médios de a* e b* encontram-se próximos de zero, ou seja, com cores próximas do branco. A diferença total de cor (ΔE) entre estas duas variedades é de 8,91, ou seja, de acordo com a escala de Yamauchi (1989, citado por Yousif, 2014) é uma diferença perceptível ao olho humano, com tonalidades pertencentes ao mesmo grupo de cores. O Moleiro, o Tarrestre e o Frade apresentam valores médios de L* mais baixos que as variedades Patalar e Branco e significativamente diferentes entre si, sendo o Tarrestre o que apresenta o valor mais baixo.

Relativamente aos valores médios de a*, o Moleiro e o Tarrestre não apresentam diferenças significativas ($p > 0,05$) com cores tendencialmente mais avermelhadas (11,13 e 10,78, respetivamente) do que o Frade (2,42).

Na componente de cromaticidade b*, os feijões Tarrestre e Frade não têm diferenças significativas ($p > 0,05$) (15,89 e 15,45, respetivamente) e o Moleiro apresenta o valor de b* mais elevado (20,53) evidenciando a sua cor mais acastanhada.

No geral as variedades Moleiro, Tarrestre e Frade têm valores médios de cromaticidade situados nos amarelos e vermelhos e de baixa luminosidade.

A cor da variedade Tarrestre apresenta os maiores valores de desvio padrão para qualquer um dos parâmetros estudados, sendo que isto evidencia a elevada heterogeneidade fenotípica das sementes desta variedade, a qual é composta por unidades com diversos padrões, alguns dos quais listados.

Estudos sobre cor do feijão seco caracterizam-se essencialmente por apresentarem uma grande diversidade de resultados: Shimelis & Rakshit (2005) registaram valores de L^* compreendidos entre 28,82 e 73,94, de a^* de 1,69 a 14,39 e b^* de 5,710 a 25,39; Siddiq *et al.* (2010) registaram valores de L^* de 13,37 a 21,20, a^* de 8,00 a 9,4 e b^* de 3,2 a 7,20; Wani *et al.* (2014) registaram valores de L^* de 33,31 a 38,90, a^* de 3,43 a 8,58 e b^* de 1,88 a 7,32. Shimelis & Rakshit, (2005) consideram que os fatores que podem influenciar a cor são, entre outros, a variedade, a composição química e o tempo de armazenamento.

4.1.3 Densidade

Na **Tabela 11** apresenta a significância do efeito variedade e os valores das médias e desvios padrão resultantes da avaliação da densidade nas 5 variedades de feijão.

Tabela 11 - Significância do efeito da variedade e valores das médias e dos desvios padrão para a densidade dos feijões secos

Variedade	Densidade (g/cm ³)	n
ANOVA (F / p)	401,4 ***	
Moleiro	1,29 ^c ± 0,02	48
Patalar	1,22 ^b ± 0,02	48
Tarrestre	1,28 ^c ± 0,02	48
Branco	1,32 ^d ± 0,03	30
Frade	1,13 ^a ± 0,02	45

Na mesma coluna os valores médios com diferentes letras são significativamente diferentes.

Os valores médios de densidade variaram entre 1,13 e 1,32 g/cm³ e apresentam diferenças altamente significativas ($p < 0,001$) entre variedades, exceto entre o Moleiro e Tarrestre.

Das três variedades tradicionais o feijão Patalar apresenta as maiores dimensões e peso unitário, mas por sua vez apresenta o valor médio de densidade mais baixo com 1,22 g/cm³. O Tarrestre (1,28 g/cm³) e o Moleiro (1,29 g/cm³), apresentaram valores equivalentes. As variedades comerciais encontram-se nos extremos, o Frade com o menor valor e o feijão Branco com o maior valor médio de densidade, 1,13 e 1,32 g/cm³, respetivamente.

Estes valores estão enquadrados com os determinados noutros estudos de caracterização da densidade de outras variedades de feijão. Deshpande *et al.* (1983) registaram valores de densidade de 1,18 a 1,36 g/cm³, Shimelis & Rakshit (2004) num estudo a 8 variedades produzidas na Etiópia obtiveram valores entre 1,18 e 1,34 g/cm³. Saha *et al.* (2009) determinaram valores médios de 1,09 a 1,41 g/cm³ e Wani *et al.* (2014) registaram densidades médias de 1,22 a 1,27 g/cm³.

4.1.4 Capacidade de Hidratação

Na **Figura 17** estão representados graficamente os valores experimentais e a curva ajustada pelo Modelo de Peleg, da água absorvida ao longo do tempo de demolha das 5 variedades de feijão.

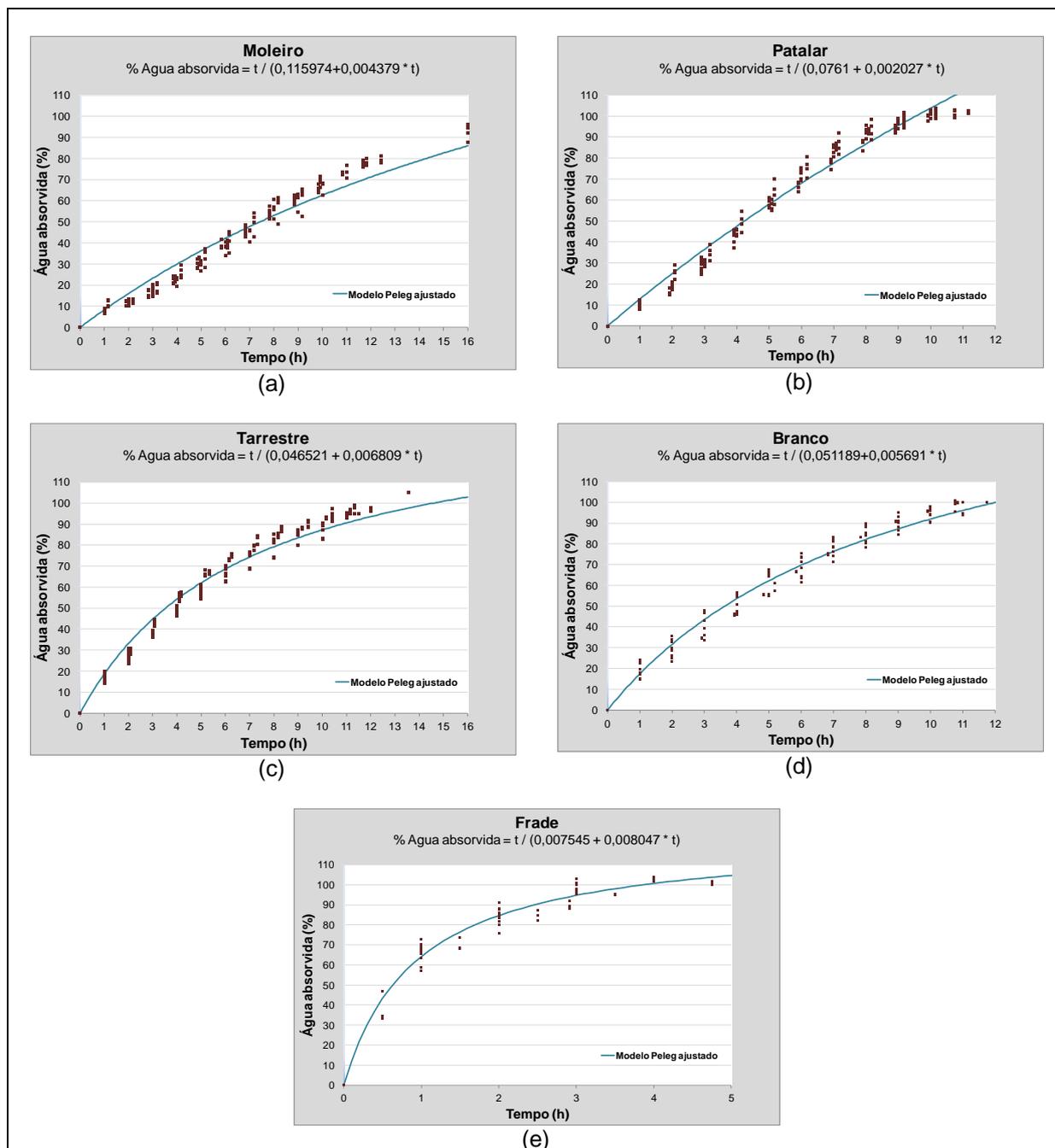


Figura 17 - Representação gráfica dos valores experimentais e a curva ajustada pelo Modelo de Peleg, da água absorvida ao longo do tempo de demolha do feijão: Moleiro (a), Patarlar (b), Tarrestre (c), Branco (d), Frade (e)

A dinâmica de absorção de água pelas leguminosas tem sido muito estudada, com o objetivo de determinar os regimes de demolha (tempo e temperatura) ideais. O Modelo de Peleg permite prever a absorção de água durante a demolha, através das suas curvas ajustadas (regressão não linear) aos dados experimentais. As curvas de absorção das 5 variedades de feijão caracterizam-se, na sua generalidade, por apresentarem três fases distintas: fase inicial de rápida absorção de água; fase de

“equilíbrio”, de absorção mais lenta; e fase final de estabilização do aumento de peso, à medida que o feijão se aproxima da capacidade máxima de absorção de água.

Na indústria conserveira uma das especificações efetuada para aceitação de uma variedade de feijão no circuito comercial é a garantia da duplicação do seu peso inicial (seco) no período de 12/14 horas para o feijão branco, 14/16 horas para o feijão encarnado e 4/5 para o feijão-frade, com água à temperatura ambiente. Das variedades tradicionais, o feijão Patalar (Gráfico 17 (b)) é o primeiro a atingir o ponto de absorção máximo de água. Duplica o peso inicial em aproximadamente em 10-12h.

Este comportamento é muito semelhante ao que acontece com o feijão Branco (Gráfico 17 (d)). Apesar destas duas variedades terem um tempo de hidratação máxima semelhante a curva é ligeiramente diferente nas 3 primeiras horas, com o feijão Patalar a aumentar aproximadamente 30% do seu peso e o Branco a aumentar aproximadamente 40%, ou seja o Patalar com uma taxa de absorção mais lenta mais lenta. Esta diferença pode ser explicada pela diferença da difusividade da água nas sementes (Shafaei *et al.*, 2014). O feijão Moleiro (Gráfico 17 (a)) tem a menor taxa de absorção de água, apenas atinge o aumento de 40% do seu peso ao fim de 6 horas. A variedade Tarrestre, Patalar e Branco registam valores superiores a 60% em igual período de tempo. Ao fim de 12 horas de demolha o Patalar e o Branco atingem o seu ponto de saturação com 100% de aumento do seu peso inicial, enquanto o Moleiro e o Tarrestre se mantêm entre 80% e 90% respetivamente. A variedade comercial do Frade destaca-se das restantes pois ao fim de 4 horas de demolha aumenta em 100% o seu peso inicial.

Como sugerem Deshpande *et al.* (1983) as diferentes taxas de hidratação verificadas no início da demolha devem estar relacionadas com a estrutura das sementes, nomeadamente, a estrutura do micrópilo, do hilo e do tegumento. Turhan *et al.* (2002) referem que estas estruturas conduzem a diferentes resistências à penetração da água e posteriormente a uma diferente permeabilidade à sua difusão pelo tegumento e cotilédones. Powell *et al.* (1986) citado por (Matella *et al.*, 2013) refere que no passado alguns investigadores observaram que feijões de tegumento branco tinham uma taxa de absorção mais elevada que os feijões de tegumento colorido, devido ao menor teor de taninos e compostos polifenólicos que poderiam afetar a absorção de água. Contudo estudos recentes mostraram que feijões de tegumento mais claro apresentavam diferentes taxa de absorção de água (das mais lentas às mais rápidas) e que estas variações podiam ocorrer na mesma classe de feijões comerciais. Foi sugerido por Piergiovanni (2011) citado por Matella *et al.* (2013) que essa variação nos feijões pertencentes à mesma classe comercial resulta de diferentes espessuras do tegumento, que por sua vez são influenciadas por diferentes práticas agronómicas e de colheita.

A capacidade de hidratação determina a capacidade das sementes absorverem água durante a demolha (Wani *et al.*, 2014). Na **Tabela 12** apresenta-se a significância do efeito variedade, os valores médios e desvio padrão resultantes da determinação da capacidade de hidratação nas 3 variedades de feijão tradicional.

Tabela 12 - Significância do efeito da variedade e valores das médias e dos desvios padrão para a capacidade de hidratação das variedades de feijão seco.

Variedade	Capacidade de hidratação (g de água/semente)	n
ANOVA (F / p)	2656,78 ***	
Moleiro	0,24 ^b ± 0,02	16
Patalar	0,58 ^c ± 0,01	16
Tarrestre	0,21 ^a ± 0,01	16

Na mesma coluna os valores médios com diferentes letras são significativamente diferentes.

A análise de variância revela que existem diferenças altamente significativas ($p < 0,001$) entre os valores médios das três variedades de feijão tradicional para a capacidade de hidratação. O feijão Tarrestre apresenta o valor médio mais baixo (0,21) seguido pelo Moleiro (0,28) e ambos com menos de 50% da capacidade do feijão Patalar (0,58).

No estudo de Shimelis & Rakshit (2005) regiram-se valores de capacidade de hidratação mais baixos, entre 0,08 e 0,19 g/semente, Saha *et al.*, (2009) obtiveram valores médios de 0,31 a 0,59 g/semente, em Wani *et al.*, (2014) chegaram a valores médios de 0,12 a 0,42 g/semente e Parmar *et al.* (2014) observaram valores compreendidos de 0,10 a 0,70g/semente. Os valores determinados no presente trabalho estão enquadrados com os reportados nos estudos indicados.

Tal com verificado por Shafaei *et al.*, (2014) os resultados indicam que os valores da capacidade de hidratação têm diferenças significativas a par da variação encontrada nos parâmetros morfológicos avaliados. A capacidade de hidratação está igualmente dependente da composição química do tegumento e cotilédones (Bewley, 2006 citado por Wani *et al.*, 2014). Uma elevada capacidade de hidratação pode facilitar a operação de cozimento, ao ser necessário um menor tempo para atingir uma textura aceitável (Shimelis & Rakshit, 2005).

4.2 Feijão em conserva

No estudo do efeito da intensidade de tratamento térmico sobre as características morfológicas, químicas e organolépticas dos feijões, procurou-se evidenciar a interferência deste mantendo os parâmetros das restantes operações unitárias constantes.

4.2.1 Morfologia

A significância do efeito variedade e da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball), o valor das médias e desvios padrão nos parâmetros morfológicos analisados são apresentados nas seguintes tabelas e gráficos. Tal como para a caracterização morfológica do feijão no estado seco, foram determinados o comprimento, a largura, a espessura e o peso das sementes em conserva (Tabela 13 e Tabela 14).

Tabela 13 - Significância do efeito da variedade e valores das médias e dos desvios padrão do comprimento, largura, espessura e peso nas variedades de feijão em conserva

Variedade	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Peso (g)	<i>n</i>
ANOVA (F / p)	1072 ***	620,2 ***	188,3 ***	745,9 ***	
Moleiro	16,21 ^c ± 1,00	9,26 ^c ± 0,58	6,69 ^b ± 0,42	0,73 ^b ± 0,11	120
Patalar	23,12 ^e ± 2,03	12,28 ^e ± 0,90	7,79 ^c ± 0,73	1,58 ^d ± 0,29	120
Tarrestre	14,49 ^b ± 1,03	8,59 ^b ± 0,70	6,30 ^a ± 0,55	0,57 ^a ± 0,10	120
Branco	21,19 ^d ± 1,80	10,62 ^d ± 0,88	8,47 ^d ± 0,92	1,36 ^c ± 0,28	60
Frade	12,64 ^a ± 0,98	8,12 ^a ± 0,52	6,76 ^b ± 0,43	0,52 ^a ± 0,08	110

Na mesma coluna os valores médios com diferentes letras são significativamente diferentes.

A análise de variância revela que existem diferenças altamente significativas ($p < 0,001$) entre as variedades de feijão para os parâmetros morfológicos. O comprimento e o peso são os atributos que diferenciam mais as variedades.

Comparativamente com os dados em seco todos os feijões em conserva aumentaram as respetivas dimensões. A variedade que apresentou a menor variação média foi o Tarrestre e a maior foi o Patalar. O parâmetro no qual se registaram os maiores aumentos foi o comprimento, depois a largura e os menores valores médios foram registados na espessura. O Patalar apresentou no comprimento o aumento médio mais elevado com 5,81mm.

Relativamente ao peso o Tarrestre e o Moleiro aumentaram o seu peso inicial em aproximadamente 240% o seu peso e o Patalar aumentou aproximadamente 260%.

A variedade comercial de feijão Branco, apresenta valores médios de dimensões inferiores aos do Patalar, e significativamente diferentes, com exceção para a espessura. O feijão Frade com exceção do parâmetro da espessura apresenta as menores dimensões depois de submetido ao tratamento térmico. Desta forma conclui-se que com exceção do feijão Patalar, as restantes

variedades tradicionais tem dimensões médias enquadradas com as variedades utilizadas na indústria conserveira (Branco e Frade).

Tabela 14 - Significância do efeito da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball) e valores das médias e dos desvios padrão do comprimento, largura, espessura e peso nas variedades de feijão em conserva.

Tempo de Ball (min)	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Peso (g)	<i>n</i>
ANOVA (F / <i>p</i>)	1,490 ns	0,6626 ns	0,2515 ns	1,149 ns	
19.03	17,91 ± 3,77	10,00 ± 1,61	6,87 ± 0,61	0,95 ± 0,45	60
21.24	16,85 ± 4,32	9,59 ± 1,80	7,17 ± 1,01	0,91 ± 0,50	60
22.20	17,08 ± 4,32	9,62 ± 1,70	7,07 ± 0,97	0,90 ± 0,47	240
23.79	16,81 ± 4,10	9,61 ± 1,76	7,06 ± 0,97	0,88 ± 0,46	90
27.36	17,79 ± 4,35	9,93 ± 1,75	7,11 ± 0,97	0,95 ± 0,49	80

Na mesma coluna os valores médios com diferentes letras são significativamente diferentes.

A análise de variância em função da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball) revela que não existem diferenças significativas ($p > 0,05$) no intervalo de tempos considerado, para os parâmetros morfológicos avaliados (comprimento, largura, espessura e peso).

A **Figura 18**, apresenta a representação gráfica dos parâmetros morfológicos analisados em função da variedade e da intensidade do tratamento térmico. Graficamente para a variação em função da variedade fica evidenciado a proximidade de valores morfológicos entre a variedade tradicional Pataral e a variedade comercial Branco e a proximidade de valores médios do Moleiro, Tarrestre e Frade. Para a variação em função da intensidade do tratamento térmico os gráficos evidenciam que no intervalo de tempo estudado não se verifica uma tendência evidente do comportamento das dimensões das sementes com o aumento do tempo de tratamento.

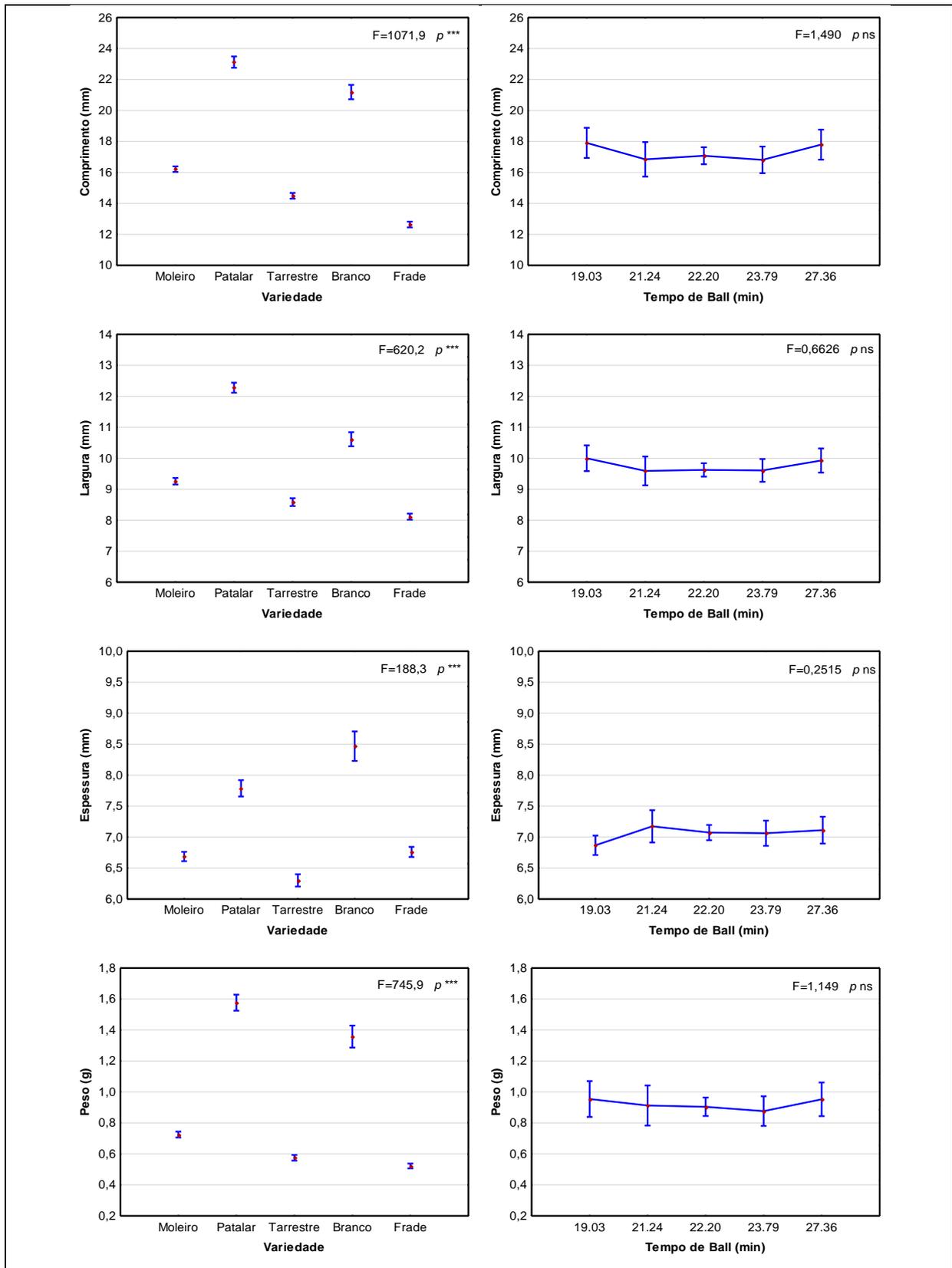


Figura 18 – Representação gráfica dos parâmetros morfológicos analisados em função da variedade e da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball)

As tabelas apresentam respectivamente a significância do efeito variedade (**Tabela 15**) e a significância do efeito da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball) (**Tabela 16**) nos valores

das médias e desvio padrão dos parâmetros de diâmetro equivalente, relação largura/comprimento e esfericidade, que caracterizam as sementes quanto à sua forma.

Tabela 15 - Significância do efeito da variedade e valores das médias e dos desvios padrão para os parâmetros diâmetro equivalente, relação largura/comprimento, esfericidade dos feijões em conserva.

Variedade	Diâmetro equivalente (mm)	Relação largura/comprimento	Esfericidade %	n
ANOVA (F / p)	825,1 ***	184,7 ***	414,0 ***	
Moleiro	10,01 ^c ± 0,51	0,57 ^c ± 0,03	61,80 ^c ± 2,42	120
Patalar	13,01 ^e ± 0,82	0,53 ^b ± 0,04	56,42 ^a ± 2,42	120
Tarrestre	9,21 ^b ± 0,59	0,59 ^d ± 0,04	63,63 ^d ± 2,79	120
Branco	12,38 ^d ± 0,95	0,50 ^a ± 0,04	58,54 ^b ± 3,04	60
Frade	8,85 ^a ± 0,53	0,64 ^e ± 0,04	70,14 ^e ± 2,76	110

Na mesma coluna os valores médios com diferentes letras são significativamente diferentes.

A análise de variância indica que existem diferenças altamente significativas ($p < 0,001$) entre as variedades para os parâmetros morfológicos relacionados do a forma dos feijões. O diâmetro equivalente à semelhança do que se observou nos feijões secos é parâmetro que mais diferencia as variedades. Relativamente a este parâmetro pode-se acrescentar que é o que apresenta as maiores diferenças entre valores médios verificados anteriormente nos feijões no estado seco. Isto reflete o aumento de volume das sementes depois de sujeitas à demolha e ao processamento térmico, principalmente na variedade Patalar com o maior aumento do diâmetro equivalente (3,61mm). O Patalar comparado com a variedade comercial do Branco fica mais alongado e achatado (relação largura/comprimento 0,53 e 0,50 e esfericidade de 56,42 e 58,54% respetivamente).

A análise de variância em função da intensidade térmica de tratamento (**Tabela 16**) revela que não existem diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tempos estudados para os parâmetros morfológicos de forma .

Tabela 16 - Significância do efeito da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball) e valores das médias e dos desvios padrão para os parâmetros diâmetro equivalente, relação largura/comprimento, esfericidade dos feijões em conserva.

Tempo de Ball (min)	Diâmetro equivalente (mm)	Relação largura/comprimento	Esfericidade %	n
ANOVA (F / p)	0,8176 ns	0,4011 ns	1,062 ns	
19.03	10,69 ± 1,57	0,57 ± 0,04	60,46 ± 4,03	60
21.24	10,48 ± 1,93	0,58 ± 0,06	63,31 ± 5,22	60
22.20	10,47 ± 1,81	0,58 ± 0,07	62,62 ± 5,87	240
23.79	10,42 ± 1,85	0,58 ± 0,05	63,02 ± 5,15	90
27.36	10,76 ± 1,85	0,57 ± 0,06	61,53 ± 5,22	80

Na mesma coluna os valores médios com diferentes letras são significativamente diferentes.

A **Figura 19**, apresenta a representação gráfica dos parâmetros morfológicos quanto à forma analisados em função da variedade e da intensidade do tratamento térmico. A variação em função da variedade evidencia a proximidade de valores médios entre a variedade Patalar e a variedade comercial Branco e a proximidade de valores médios do Moleiro, Tarrestre e Frade. Para a variação em função da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball) observa-se que no intervalo de tempo estudado não se verifica uma alteração evidente da forma das sementes.

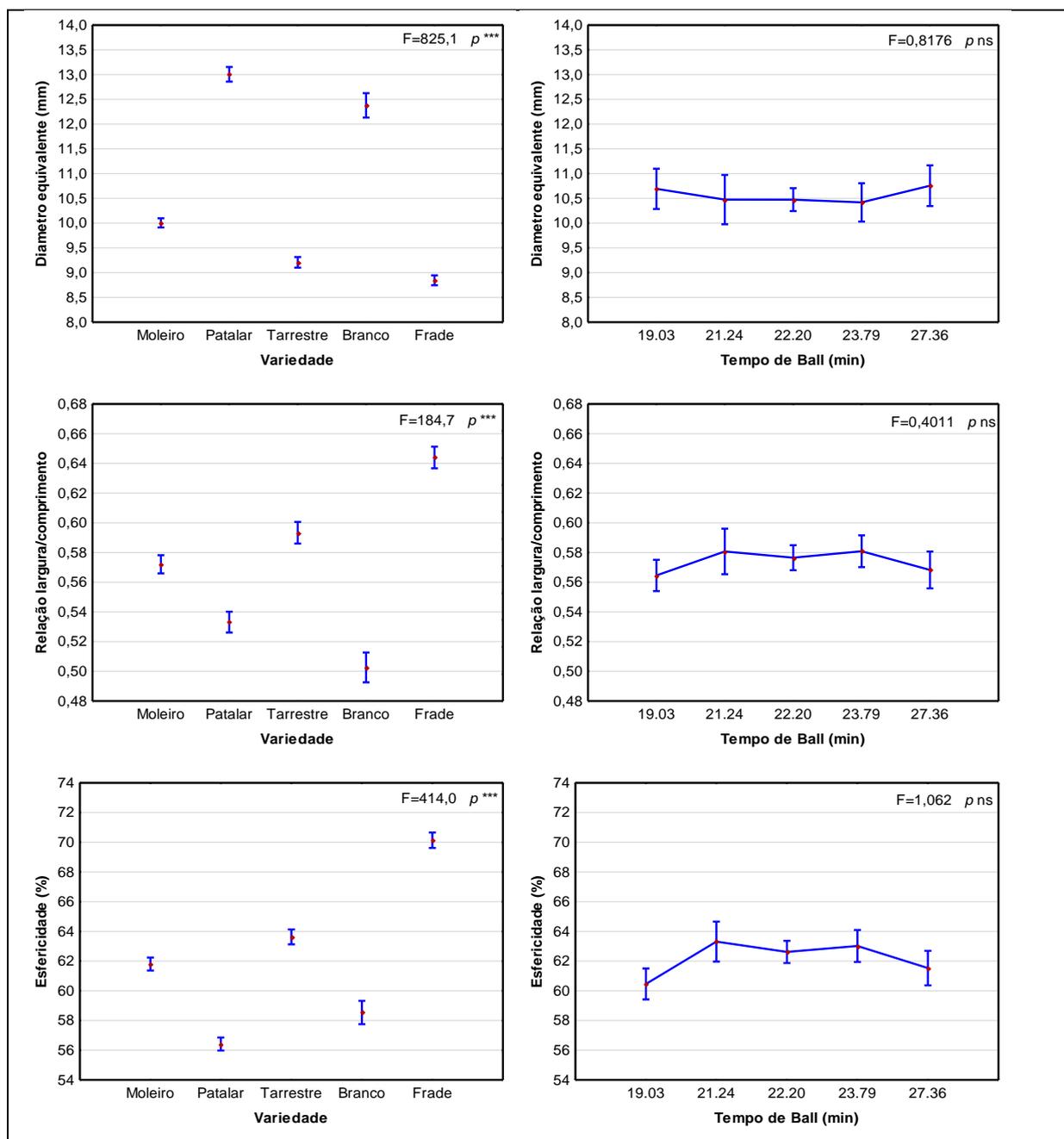


Figura 19 – Representação gráfica dos parâmetros morfológicos analisados em função da variedade e da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball)

As tabelas seguintes apresentam a significância do efeito variedade (**Tabela 17**) e do efeito da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball) (**Tabela 18**) e os respectivos valores das médias e desvio padrão dos parâmetros que caracterizam a conserva: o nº de feijões/100g, o peso de 100 feijões, o número de feijões inteiros/100g e número de feijões partidos/100g.

Tabela 17 - Significância do efeito da variedade e valores das médias e dos desvios padrão no nº de feijões/100g, no peso de 100 feijões, nº de feijões inteiros e nº de feijões partidos/100g de feijão em conserva.

Variedade	Nº de feijões/ 100 g	Peso de 100 feijões (g)	Nº de feijões inteiros/100 g	Nº de feijões partidos/100 g	<i>n</i>
ANOVA (F / <i>p</i>)	238,8 ***	- - -	475,9 ***	12,32 ***	
Moleiro	143 ^b ± 3,60	70,05	121 ^b ± 4,37	22 ^b ± 3,75	12
Patalar	67 ^a ± 6,23	150,00	58 ^a ± 6,05	8 ^a ± 2,64	12
Tarrestre	182 ^c ± 6,38	54,95	157 ^c ± 6,57	26 ^b ± 4,19	12
Branco	80 ^a ± 18,04	124,48	53 ^a ± 16,84	27 ^b ± 7,24	6
Frade	222 ^d ± 25,39	45,01	193 ^d ± 10,27	29 ^b ± 16,16	11

Na mesma coluna os valores médios com diferentes letras são significativamente diferentes.

A análise de variância revela que existem diferenças altamente significativas ($p < 0,001$) entre as variedades de feijão para os parâmetros: o nº de feijões/100g, o número de feijões inteiros/100g e número de feijões partidos/100g.

No número de feijões/100g, depois das operações unitárias do processo de conserva, observa-se que o seu valor passou para menos de metade dos valores médios observados em seco. O Patalar apresenta um valor médio de menos 20 feijões/100g que o Branco. O Moleiro e o Tarrestre têm valores médios compreendidos entre o Branco e o Frade.

O número de feijões inteiros e partidos/100g caracterizam os feijões quanto à sua integridade (tegumento e cotilédones) após o processamento térmico (Guzel & Sayar, 2012). A separação do tegumento aumenta a probabilidade dos cotilédones se partirem e qualquer uma destas alterações têm influência na apreciação sobre a qualidade das conservas. Paralelamente isto também promove a passagem de amido para a salmoura conferindo-lhe uma consistência mais gelificada e não desejada (Merwe *et al.*, 2006). O número de feijões partidos nas conservas apresenta uma percentagem que varia entre 13% para o Patalar, Tarrestre e Frade, 15% para o Moleiro e 33% para a variedade comercial Branco, ou seja, esta última variedade apresenta o tegumento/cotilédone mais suscetível ao tratamento térmico que as variedades tradicionais. No estudo de Guzel & Sayar (2012) das duas variedades de feijão estudadas a de cor escura teve 26% e a variedade branca apresentou um valor de 38% de feijões partidos na conserva. Estes autores citando Wu *et al.*, (2005) fundamentam que a composição mineral do tegumento influencia a resistência. Foi observado que tegumentos com maior concentração de cálcio, sódio e ferro mantêm mais a sua integridade perante o tratamento térmico.

A análise de variância em função da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball) (**Tabela 18**) revela que não existem diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tempos estudados, para os

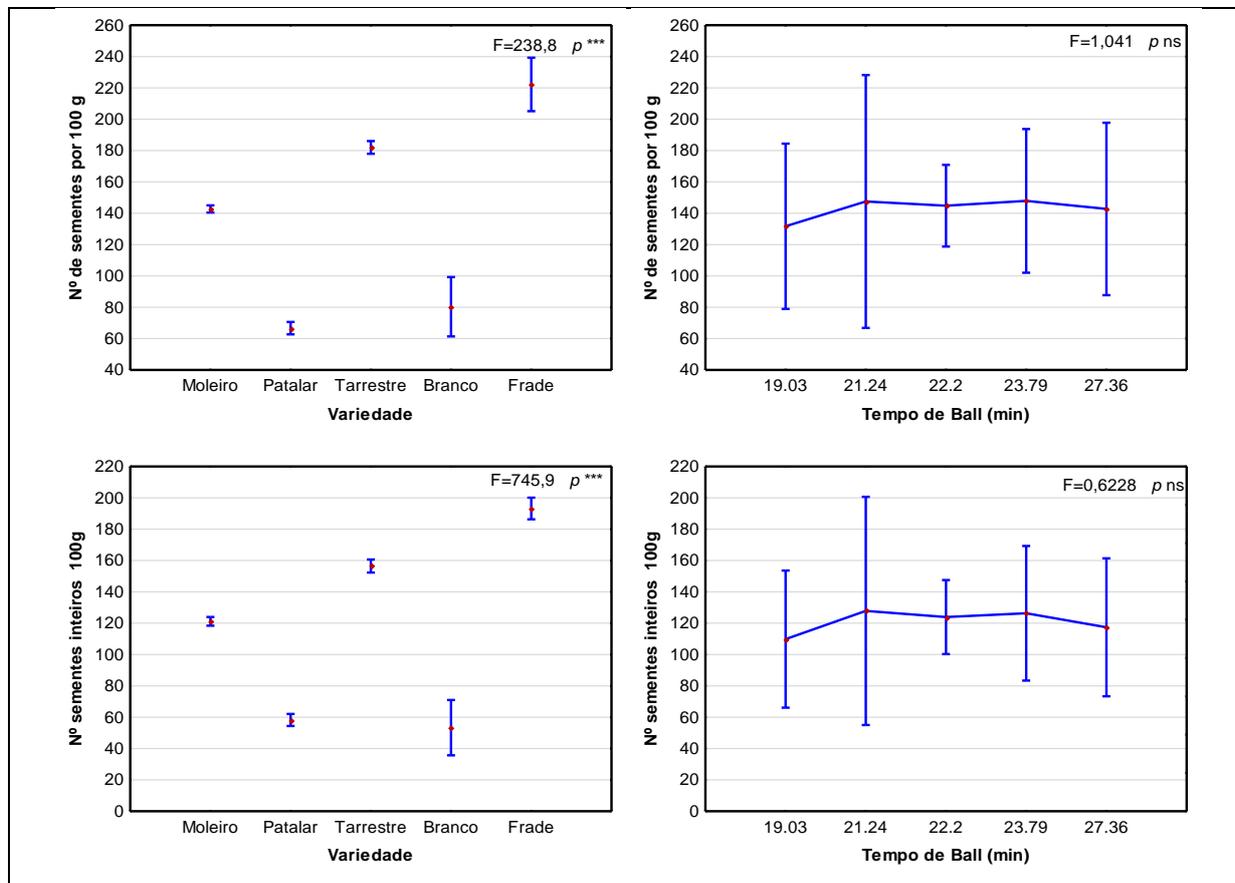
parâmetros de caracterização da conserva: o nº de feijões/100g, o número de feijões inteiros/100g e número de feijões partidos/100g.

Tabela 18 - Significância do efeito da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball) e valores das médias e dos desvios padrão no nº de feijões em 100g, no peso de 100 feijões e no nº de feijões inteiros e nº de feijões partidos em 100g de feijão em conserva.

Tempo de Ball (min)	Nº de feijões/ 100 g	Nº de feijões inteiros/100 g	Nº de feijões partidos/100 g	n
ANOVA (F / p)	1,041 ns	0,6228 ns	1,417 ns	
19.03	132 ± 50,27	110 ± 41,69	22 ± 8,91	6
21.24	148 ± 76,88	128 ± 69,37	20 ± 11,57	6
22.20	145 ± 61,73	124 ± 55,95	21 ± 10,64	24
23.79	148 ± 59,65	126 ± 55,87	22 ± 10,24	9
27.36	143 ± 65,81	117 ± 52,66	25 ± 15,52	8

Na mesma coluna os valores médios com diferentes letras são significativamente diferentes.

Na **Figura 20**, é apresentada a representação gráfica dos parâmetros analisados em função da variedade e em função da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball). Relativamente à caracterização das conservas evidenciam que no intervalo de tempo para o estudado não se verifica uma tendência evidente do comportamento dos feijões.



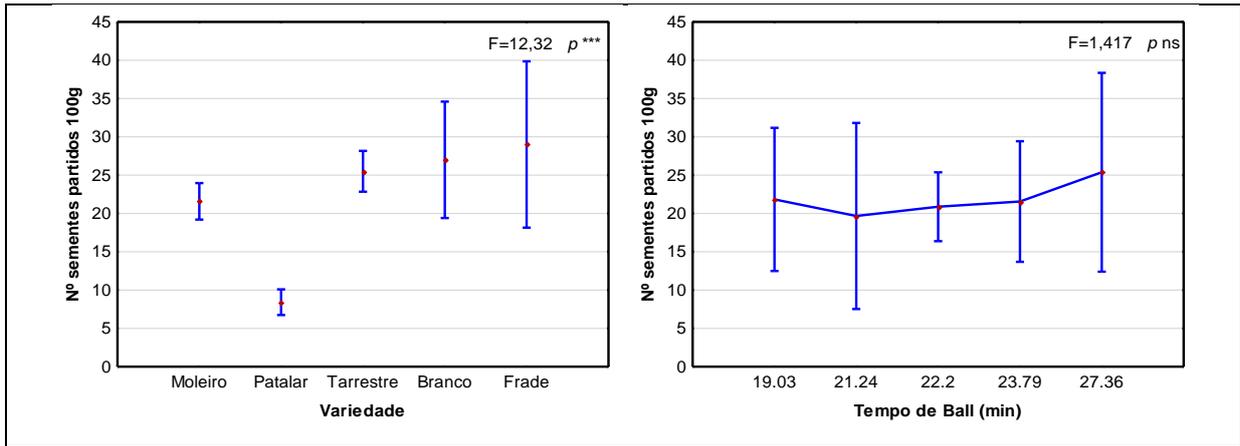


Figura 20 – Representação gráfica dos parâmetros de caracterização da conserva analisados em função da variedade e da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball)

4.2.2 Cor

A significância do efeito variedade e da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball), o valor das médias e desvios padrão nos parâmetros colorimétricos da cor Lab* na conserva são apresentados nas seguintes na **Tabela 19** e **Tabela 20**, respectivamente.

Tabela 19 - Significância do efeito da variedade e valores das médias e dos desvios padrão para os parâmetros de cor L* a* b* das variedades de feijão em conserva.

Variedade	L*	a*	b*	n
ANOVA (F / p)	2745 ***	17117 ***	363,2 ***	
Moleiro	44,72 ^b ± 2,35	11,06 ^d ± 0,93	13,51 ^c ± 1,61	720
Patalar	63,97 ^d ± 1,69	1,09 ^b ± 0,72	14,21 ^d ± 1,07	720
Tarrestre	40,29 ^a ± 4,41	11,94 ^e ± 1,41	10,90 ^a ± 3,13	720
Branco	70,15 ^e ± 10,89	0,40 ^a ± 0,85	11,38 ^b ± 1,72	390
Frade	49,70 ^c ± 8,63	6,57 ^c ± 1,35	11,00 ^a ± 2,48	654

Na mesma coluna os valores médios com diferentes letras são significativamente diferentes.

L*=Luminosidade (0=preto); 100=branco); a*(-=verde;+=vermelho); b* (-=azul;+=amarelo)

A análise de variância revela que existem diferenças altamente significativas ($p < 0,001$) entre as 5 variedades de feijão para os parâmetros L*, a*, b*. A escala de cromaticidade a* é o atributo que mais diferencia as variedades em conserva, tal como verificado para a cor das sementes secas.

Os valores das médias de L* apresentam diferenças altamente significativas com os valores a variarem de 40,29 a 70,15. Comparativamente com os valores de L* nas sementes secas, verifica-se que há um decréscimo nos valores deste parâmetro em todas as variedades tendo-se verificado o maior escurecimento no feijão Patalar ($\Delta L = -20,88$).

Em relação à cromaticidade a* comparativamente com o feijão seco, observa-se um aumento dos valores médios de a* de todas as variedades, exceto no Moleiro, ou seja, um aumento para valores médios que tendem mais para o vermelho. A maior subida de valor médio de a* foi no Frade ($\Delta a = +4,15$).

Nos valores de b* comparativamente com os valores obtidos do feijão seco, observa-se uma subida dos valores médios nas variedades Patalar ($\Delta b = +4,76$) e Branco ($\Delta b = +4,80$), ou seja para valores que tendem mais para os amarelos e uma descida nos valores médios das variedades Moleiro ($\Delta b = +4,76$), Tarrestre ($\Delta b = +4,76$) e Frade ($\Delta b = +4,76$), ou seja para valores que tendem mais para os azuis, ou amarelos menos evidentes.

A diferença total de cor (ΔE) de acordo com a escala de Yamauchi (1989, citado por Yousif, 2014) permite evidenciar que o feijão Branco ($\Delta E = 7,92$), Tarrestre ($\Delta E = 8,30$) e Moleiro ($\Delta E = 9,63$) sofreram alterações perceptíveis ao olho humano, com diferenças no mesmo grupo de cores. O feijão Frade ($\Delta E = 13,76$) e o Patalar ($\Delta E = 21,47$) sofreram alterações superiores, passando a pertencer a grupos de cores diferentes.

Num estudo de Silva *et al.* (2009), a três variedades de feijão comercial brasileiras, observou que a variedade de cor branca apresentou valores de L*, a*, b* em seco de 63,24, 1,29, 10,12 e em cozido de 50,37, 2,24, 12,92 respectivamente e a variedade cor castanha apresentou valores de L*, a*, b* em seco de 44,84, 7,21, 12,92 e em cozido de 34,63, 8,89, 11,45, respectivamente. Verificaram que o cozimento interfere na cor dos grãos de forma diferente entre as variedades analisadas, justificando essa ocorrência devido à diferença entre os pigmentos presentes em cada uma.

No estudo de Guzel & Sayar (2012), observaram que a variedade de cor castanha apresentou valores de L*, a*, b* em seco de 57,79, 9,32, 11,03 e em cozido de 40,57, 7,48, 6,73, respectivamente e a variedade de cor branca apresentou valores de L*, a*, b* em seco de 73,72, 1,14, 12,92 e em cozido de 57,55, 5,88, 15,73 respectivamente. Tal como no presente trabalho em relação aos valores médios de L* observa-se um decréscimo, indicando um escurecimento das sementes depois de cozidas. Em relação à semente de cor clara (Patalar e Branco) observa-se igualmente uma subida de a* e b* e em relação às sementes de cor mais escura (Tarrestre e Frade) observa-se igualmente uma subida de a* e uma descida de b* mas o feijão Moleiro apresenta um decréscimo destes dois parâmetros colorimétricos.

Os investigadores Guzel & Sayar (2012) atribuem o escurecimento dos feijões à presença de cobre e ferro no meio de cozedura e citando Bayaram *et al.* (2004) resumem os fatores que podem influenciar a cor dos alimentos durante o processamento. Os mais comuns são a degradação dos pigmentos, reações de escurecimento, oxidação do ácido ascórbico, acidificação e contaminação por metais pesados. O decréscimo da cromaticidade a* e b* pode ser explicado pela degradação dos pigmentos durante o cozimento. O escurecimento causado pela contaminação de metais pesados durante o processo pode resultar no aumento da a* e b* dos feijões mais claros.

A análise de variância em função da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball) (**Tabela 20**) revela que existem diferenças altamente significativas ($p < 0,001$) entre os tempos de tratamento térmico para os parâmetros colorimétricos Lab*.

Tabela 20 - Significância do efeito da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball) e valores das médias e dos desvios padrão para os parâmetros de cor L* a* b* das variedades de feijão em conserva.

Tempo de Ball (min)	L*	a*	b*	n
ANOVA (F / p)	48,42 ***	137,4 ***	43,54 ***	
19.03	51,27 ^a ± 11,15	6,51 ^b ± 5,31	12,10 ^b ± 2,21	460
21.24	50,98 ^a ± 10,11	5,57 ^a ± 4,35	11,20 ^a ± 2,39	352
22.20	52,48 ^b ± 12,42	7,17 ^d ± 4,72	12,67 ^c ± 2,65	1412
23.79	50,32 ^a ± 10,32	6,84 ^c ± 4,89	11,82 ^b ± 2,68	512
27.36	54,97 ^c ± 15,72	6,86 ^c ± 4,97	12,82 ^c ± 2,42	468

Na mesma coluna os valores médios com diferentes letras são significativamente diferentes.

Graficamente a caracterização dos parâmetros L^* , a^* , b^* dos feijões em conserva em função da variedade e o efeito do aumento do tempo de tratamento térmico podem ser observados na **Figura 21**. Pode-se observar a proximidade entre as características do feijão Patalar e Branco para os parâmetros L^* e a^* . Em função do aumento da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball) observa-se uma tendência para o aumento de L^* , a^* e b^* .

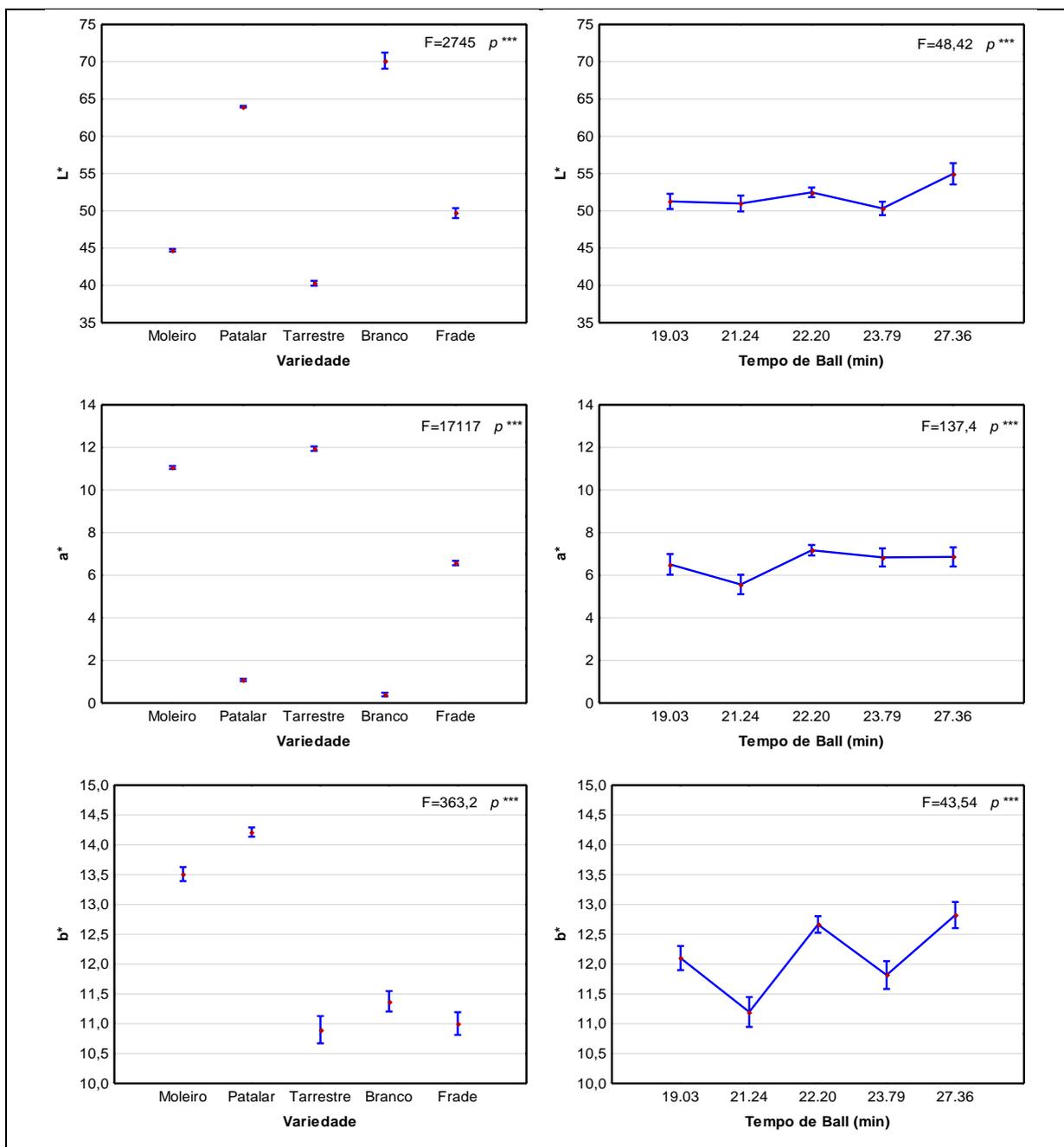


Figura 21 - Representação gráfica dos parâmetros da cor Lab* em função da variedade e da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball)

4.2.3 Textura

A textura é um atributo de qualidade utilizado na indústria alimentar para determinar a qualidade e aceitabilidade de um produto (Chen & Opara, 2013).

A significância do efeito variedade e da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball), o valor das médias e desvios padrão da dureza analisada são apresentados nas seguintes tabelas (**Tabela 21** e **Tabela 22**) e gráficos (**Figura 22**).

Tabela 21 - Significância do efeito da variedade e valores das médias e dos desvios padrão para a força máxima das variedades de feijão em conserva.

Variedade	Força Máxima (N)	n
ANOVA (F / p)	883,1 ***	
Moleiro	35,44 ^d ± 6,45	360
Patalar	37,33 ^e ± 7,35	360
Tarrestre	26,40 ^c ± 6,24	358
Branco	15,25 ^a ± 5,23	227
Frade	19,08 ^b ± 4,71	394

Na mesma coluna os valores médios com diferentes letras são significativamente diferentes.

Tabela 22 - Significância do efeito da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball) e valores das médias e dos desvios padrão para a força máxima das variedades de feijão em conserva.

Tempo de Ball (min)	Força Máxima (N)	n
ANOVA (F / p)	39,26 ***	
19.03	30,36 ^d ± 13,39	269
21.24	26,59 ^b ± 9,05	180
22.20	27,03 ^b ± 8,67	728
23.79	28,55 ^c ± 12,05	273
27.36	24,89 ^a ± 9,34	249

Na mesma coluna os valores médios com diferentes letras são significativamente diferentes.

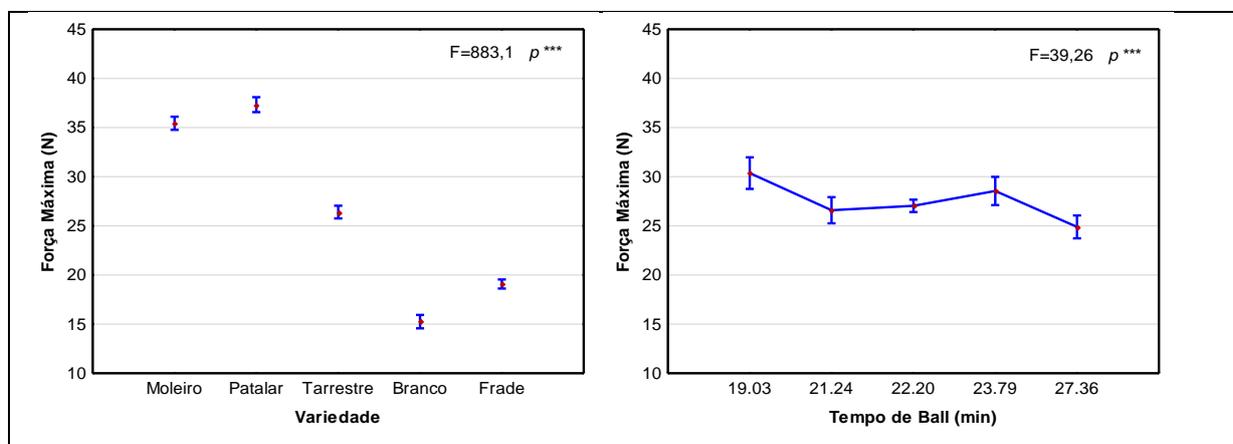


Figura 22 – Representação gráfica da Força máxima em função da variedade e da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball)

A análise instrumental da textura é uma ferramenta rápida e prática que passou a ser usada para determinar a qualidade de cozedura dos feijões (Siqueira *et al.*, 2013). A dureza dos feijões analisados é definida pela força máxima requerida para a deformação de 75% da semente. A força máxima apresenta diferenças altamente significativas ($p < 0,001$) entre as variedades de feijão. Os valores de força máxima estão compreendidos entre 15,25 e 37,33N. O feijão Branco é o que requer menor força (15,25N) e o Patalar é o que requer a maior (37,33N). Quando sujeitas aos mesmos tratamentos revelaram valores de dureza significativamente distintos. As variedades tradicionais são

as que apresentam os três valores de força máxima maiores e as variedades comerciais os menores valores.

O comportamento da força máxima em função da intensidade de tratamento térmico (tempo de Ball) mostra diferenças significativas entre todos os tratamentos exceto entre o 21,24 e o 22,20 minutos. Verifica-se tendencialmente uma descida dos valores de Força máxima (N) (**Figura 22**) com o aumento da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball). A maior descida foi verificada no Patalar (10,25 N). A diminuição da dureza está relacionada com a gelatinização do amido e desnaturação das proteínas características de cada variedade de feijão, e dependente do binómio tempo/temperatura aplicado (Sánchez-Arteaga *et al.*, 2014). Shimelis & Rakshit, (2005) concluíram que nos feijões cozidos a dureza varia inversamente com a capacidade de hidratação e decresce à medida que aumenta o tempo de cozimento. No presente trabalho a capacidade de hidratação variou na mesma razão que capacidade de hidratação para as variedades tradicionais estudadas.

Num estudo de Revilla (2007) concluiu-se que a análise à textura foi importante para discriminar diferenças entre variedades de aparência semelhante mas que se revelaram distintas quanto à textura. Num estudo de Saha *et al.* (2009) a dureza dos feijões cozidos variou de 45,60 a 63,94 N, no de Wani *et al.* (2014) variou de 94,43 e 110,61N. Num estudo de Hamid *et al.*, (2009) a 2 variedades de feijão-frade os valores de dureza variaram de 27,85N a 30,69N e em Mavromatis *et al.*, (2012) num estudo a 5 variedades de feijão os valores médios de dureza em feijão cozido variam de 24,81 a 41,25N. Os resultados do presente trabalhos mostram estar em concordância com os estudos anteriores.

4.2.4 Composição em macroconstituintes

A significância do efeito variedade, o valor das médias e desvios padrões dos macroconstituintes são apresentados na **Tabela 23** e **Figura 23**.

Tabela 23 - Significância do efeito da variedade e valores das médias e dos desvios padrão dos teores de macroconstituintes nas variedades de feijão em conserva.

Variedade	Humidade (%)	Cinza total (%)	Fibra bruta (%)	Proteína bruta (%)	Gordura bruta (%)	Hidratos de carbono (%)	n
ANOVA (F/p)	154,1 ***	29,71 ***	1,812 ns	492,6 ***	0,9837 ns	1,320 ns	
Moleiro	70,27 ^a ± 0,48	1,30 ^a ± 0,11	5,01 ± 2,18	8,42 ^e ± 0,22	0,43 ± 0,68	14,57 ± 2,57	21
Patalar	72,76 ^c ± 0,96	1,36 ^b ± 0,08	6,17 ± 2,33	6,03 ^b ± 0,30	0,15 ± 0,36	13,53 ± 2,27	21
Tarrestre	71,04 ^b ± 0,55	1,31 ^a ± 0,08	5,07 ± 2,25	7,47 ^d ± 0,29	0,33 ± 0,58	14,78 ± 2,37	21
Branco	74,11 ^d ± 0,06	1,61 ^c ± 0,05	2,16 ± 1,87	5,60 ^a ± 0,07	0,00 ± 0,00	16,52 ± 1,85	3
Frade	71,61 ^b ± 0,11	1,35 ^{ab} ± 0,04	4,22 ± 0,58	6,88 ^c ± 0,15	0,00 ± 0,00	15,94 ± 0,41	3

Na mesma coluna os valores médios com diferentes letras são significativamente diferentes.

A análise de variância revela que existem diferenças altamente significativas ($p < 0,001$) entre as 5 variedades de feijão relativamente aos teores de humidade, cinza e proteína bruta. A variação na fibra bruta, gordura bruta e hidratos de carbono não foi significativa. O teor de proteína é o atributo que mais diferencia as variedades.

O feijão cozido de qualquer uma das variedades é maioritariamente constituído por água, sendo este constituinte que mais contribui para diferenciar as variedades estudadas. A média dos valores obtidos estão entre 70,27% para o Moleiro e 74,11% para o Branco, com as três variedades tradicionais a obterem diferenças significativas entre si.

O teor de cinza total regista valores significativamente diferentes entre as três variedades tradicionais sendo que estas apresentam os três valores médios mais baixos comparativamente com as variedades comerciais. Em matéria seca o valor de cinza total é de 4,37% no Moleiro, 4,52% no Tarrestre e 4,99% no Patalar, 4,76% no Frade e 6,22% no Branco. Estes valores estão em concordância com a literatura consultada: 3,36 a 4,17% (Pires *et al.*, 2005); 2,97 a 4,87% (Mesquita *et al.*, 2007); 3,44 a 4,10% (Ramirez-Cardenas *et al.*, 2008); 3,55% para a variedade de cor escura e 3,45% para a variedade branca (Guzel & Sayar, 2012); 3,96% a 4,01% (Silva *et al.*, 2013); 4,20 a 7,20% (Sánchez-Arteaga *et al.*, 2014). Silva *et al.* (2013) considera que o processamento de leguminosas praticamente não altera o seu teor em cinzas.

No teor de fibra bruta não se registam diferenças significativas. É nas três variedades tradicionais que se encontram os valores mais elevados de fibra com o Patalar a registar o valor mais alto 6,17%. Em matéria seca o intervalo de valores de fibra total está compreendido entre 8,34% (no Branco) e 22,65% (no Patalar). Estes valores estão em concordância com a literatura consultada: 7,56 a 20,91% (Mesquita *et al.*, 2007); 23,40 a 28,69% (Ramirez-Cardenas *et al.*, 2008); 21,52 a 25,08% (Silva *et al.*, 2009); 30,23 a 32,16% (Silva *et al.*, 2013). Neste último estudo verificou-se um ligeiro aumento no teor de fibras após o cozimento, que se considera ser devido à formação de amido

resistente devido à retrogradação de amilose e à formação de produtos oriundos de reações de *Maillard* junto com produtos da complexação de proteínas e outros compostos como ligninas, cutinas, polissacarídeos e taninos, no entanto, as alterações que o cozimento promove nas fibras ainda é incerta.

Relativamente aos hidratos de carbono não se registam diferenças significativas. É nas três variedades tradicionais que se encontram os valores mais baixos sendo o Patalar que regista o menor valor (13,53%). Em matéria seca os hidratos de carbono constituem a maior fração na composição do feijão. Em matéria seca o intervalo de valores de hidratos de carbono está compreendido entre 49,01% (no Moleiro) e 63,81% (no Branco). Estes valores estão de acordo com os reportados por outros autores para variedades de feijão comum: 68,92 a 76,75% (Pires *et al.*, 2005); 69,62 a 71,66% (Ramirez-Cardenas *et al.*, 2008); 68,32% para a variedade de cor escura e 69,62% para a variedade branca (Guzel & Sayar, 2012); 37,41 a 38,10% (Silva *et al.*, 2013); 61,3 a 66,0% (Sánchez-Arteaga *et al.*, 2014).

O conteúdo em gordura bruta é geralmente baixo no feijão em comparação com outros macroconstituintes (Sgarbieri, 1989 citado por Ramirez-Cardenas *et al.*, 2008). No teor de gordura não se registam diferenças significativas. É nas três variedades tradicionais que se encontram os valores mais elevados, com o Moleiro a registar o valor mais alto 0,43%. Em matéria seca o intervalo de valores de gordura total está compreendido entre 1,14% (no Tarrestre) e 0,55% (no Patalar). Estes valores estão em concordância com a literatura consultada: 0,98 a 1,43% (Pires *et al.*, 2005); 0,53 a 2,55% (Mesquita *et al.*, 2007); 1,66 a 2,26% (Ramirez-Cardenas *et al.*, 2008); 1,44% para a variedade de cor escura e 1,30% para a variedade branca (Guzel & Sayar, 2012); 1,84 a 2,33% (Silva *et al.*, 2013); 0,9 a 1,8% (Sánchez-Arteaga *et al.*, 2014).

O feijão é considerado importante fonte de proteínas, sendo essencial na dieta humana (Silva *et al.*, 2013). Relativamente ao teor de proteína bruta observam-se diferenças significativas entre variedades. É de salientar que duas das variedades tradicionais apresentam os valores mais elevados, o Tarrestre com 7,47% e o Moleiro com 8,42%. Em matéria seca o intervalo de valores de proteína total está compreendido entre 21,63% no Branco e 28,32% no Moleiro. Estes valores estão de acordo com os reportados por outros autores para variedades de feijão comum: 18,17 a 25,93% (Pires *et al.*, 2005); 22,34 a 36,28% (Mesquita *et al.*, 2007); 22,59 a 24,67% (Ramirez-Cardenas *et al.*, 2008); 26,68% para a variedade de cor escura e 25,63% para a variedade branca (Guzel & Sayar, 2012); 23,42 a 26,56% (Silva *et al.*, 2013); 20,4 a 22,6% (Sánchez-Arteaga *et al.*, 2014).

Os valores médios da composição em macroconstituintes estão em concordância com os valores do perfil nutricional dos feijões dos estudos anteriores, com destaque para as variedades Moleiro e Tarrestre onde se observa um teor de proteína superior às variedades comerciais Branco e Frade de mais 2,82% e 1,87% respetivamente relativamente ao Branco (que tem o valor mais baixo).

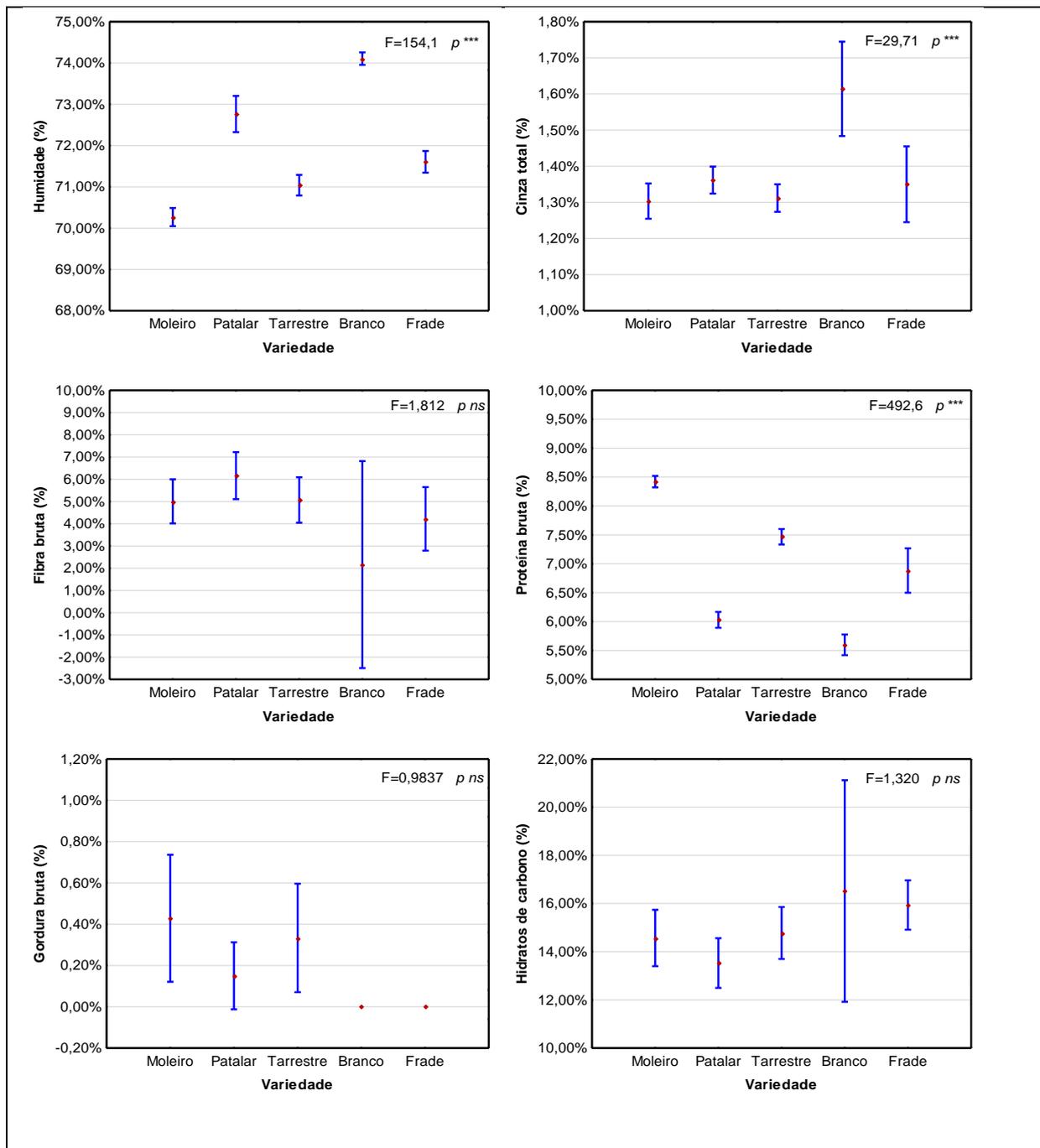


Figura 23 - Representação gráfica dos macroconstituintes analisados em função da variedade

Ramirez-Cardenas *et al.* (2008) consideram que efeitos observados na composição química variaram com as variedades de feijão e com os processamentos aplicados, e por isso não devem ser feitas generalizações para todos os tipos de feijão e áreas geográficas. Como reportado por Rivera *et al.* (2013) a composição química dos feijões é influenciada pelo seu genótipo, composição do solo e tempo de produção da cultura.

4.2.5 Avaliação sensorial

A significância do efeito variedade e intensidade de tratamento térmico, o valor das médias e desvios padrão dos atributos avaliados na análise sensorial constam das seguintes tabelas e gráficos. Com o objetivo de avaliar preferências relativamente às variedades tradicionais e a influência das diferentes intensidades de tratamento térmico (tempos de Ball) sobre as características sensoriais foram realizadas análises sensoriais cujos resultados se apresentam seguidamente (**Tabela 24**, **Tabela 25 e Figura 24**).

Tabela 24 - Significância do efeito da variedade e valores das médias e dos desvios padrão dos parâmetros de avaliação sensorial nas variedades de feijão em conserva.

Variedade	Aparência	Sabor	Dureza da pele	Dureza dos cotilédones	Apreciação global	n
ANOVA (F / p)	15,61 ***	5,050 ***	5,090 ***	6,027 ***	11,89 ***	
Moleiro	2,93 ^b ± 0,62	2,75 ^{bc} ± 0,67	2,85 ^b ± 0,68	2,71 ^b ± 0,73	2,66 ^b ± 0,71	101
Patalar	2,99 ^b ± 0,78	2,91 ^{bc} ± 0,79	2,93 ^b ± 0,76	2,74 ^b ± 0,74	2,78 ^{bc} ± 0,72	101
Tarrestre	3,05 ^b ± 0,64	3,06 ^c ± 0,7	2,96 ^b ± 0,79	2,93 ^b ± 0,79	2,95 ^c ± 0,74	101
Branco	1,85 ^a ± 0,66	2,41 ^a ± 0,93	2,30 ^a ± 0,87	2,11 ^a ± 1,12	1,85 ^a ± 0,66	27
Frade	2,78 ^b ± 0,82	2,80 ^{abc} ± 0,79	2,71 ^{ab} ± 0,66	2,73 ^b ± 0,65	2,73 ^{bc} ± 0,75	45

Na mesma coluna os valores médios com diferentes letras são significativamente diferentes.

A análise de variância revela que existem diferenças altamente significativas ($p < 0,001$) entre as 5 variedades de feijão. A aparência é o atributo que mais diferencia as variedades. A cor e o tamanho são os primeiros atributos avaliados pelos consumidores, tendo um papel importante na sua aceitabilidade (Barros & Prudêncio, 2016). O Tarrestre é feijão com mais pontuação em todos os atributos analisados pelo painel de provadores. A variedade tradicional Patalar comparativamente com a variedade comercial Branco apresenta melhor pontuação para todos os parâmetros.

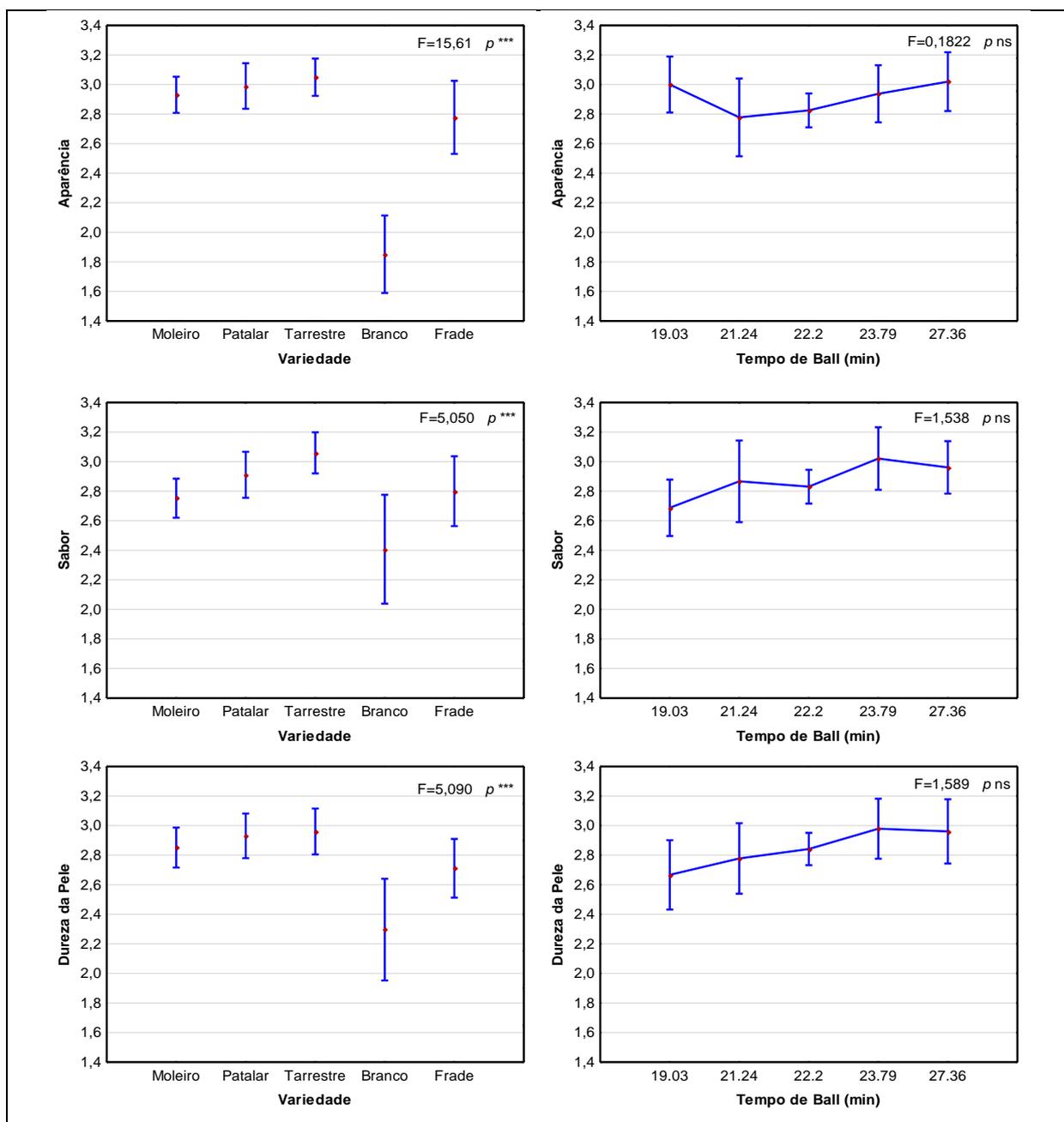
Tabela 25 - Significância do efeito da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball) e valores das médias e dos desvios padrão dos parâmetros de avaliação sensorial nas variedades de feijão em conserva.

Tempo de Ball (min)	Aparência	Sabor	Dureza da pele	Dureza dos cotilédones	Apreciação global	n
ANOVA (F / p)	0,1822 ns	1,538 ns	1,589 ns	1,901 ns	0,9877 ns	
19.03	3,00 ± 0,65	2,69 ± 0,66	2,67 ± 0,81	2,52 ± 0,77	2,67 ± 0,69	48
21.24	2,78 ± 0,88	2,87 ± 0,92	2,78 ± 0,79	2,62 ± 0,91	2,67 ± 0,83	45
22.20	2,83 ± 0,79	2,83 ± 0,78	2,84 ± 0,75	2,75 ± 0,80	2,66 ± 0,80	183
23.79	2,94 ± 0,67	3,02 ± 0,73	2,98 ± 0,70	2,85 ± 0,71	2,90 ± 0,66	48
27.36	3,02 ± 0,71	2,96 ± 0,63	2,96 ± 0,77	2,88 ± 0,74	2,88 ± 0,71	51

Na mesma coluna os valores médios com diferentes letras são significativamente diferentes.

Os diferentes tempos de Ball não influenciaram significativamente ($p>0,05$) a apreciação do painel sensorial para os parâmetros avaliados. Apesar de existirem diferenças significativas na textura detetadas instrumentalmente para todos tempos exceto 21,24 e 22,20 elas não são perceptíveis pelo painel sensorial. Na **Figura 24**, os gráficos relativos aos parâmetros sensoriais em apreciação em função da variedade evidenciam as pontuações mais elevadas concentradas nas variedades tradicionais e relativamente à influência da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball), evidencia a tendência de uma preferência por feijões sujeitos a um maior tempo de tratamento (23,79 e 27,36 min).

A aparência visual dos feijões no estado seco ou cozidos é determinante na aceitação dos consumidores (Guzel & Sayar, 2012).



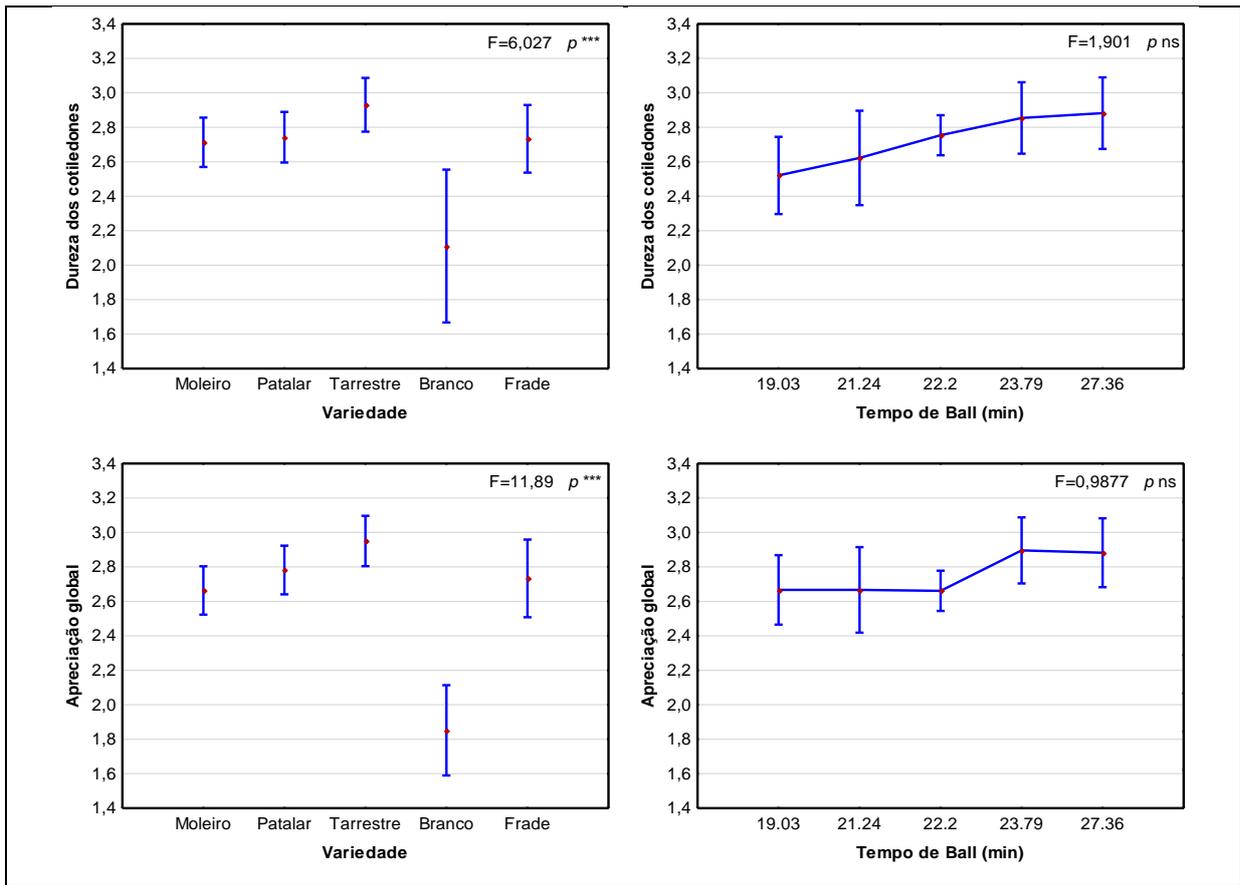


Figura 24 - Representação gráfica dos atributos sensoriais analisados em função da variedade e da intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball)

5. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTO

Para que uma variedade de feijão seco seja comercialmente bem-sucedida deve primeiramente corresponder aos padrões de qualidade exigidos na indústria conserveira. Foi neste contexto que se desenvolveu o presente trabalho o qual permitiu obter informação relevante sobre as características físicas, químicas e sensoriais de três variedades de feijão tradicionais portuguesas: Moleiro, Patalar e Tarrestre.

A caracterização morfológica revela diferenças significativas ($p < 0,05$) nos valores médios relativos aos atributos morfológicos e da cor das três variedades de feijão seco.

As curvas de absorção de água das variedades tradicionais são semelhantes às das variedades comerciais, apresentada uma taxa de absorção mais elevada no início, passando posteriormente para uma fase de absorção progressivamente mais lenta à medida que os feijões atingirem a capacidade máxima de absorção. Para a variedade Patalar a capacidade máxima absorção de água foi atingida às 10-12 horas, e para a Moleiro e Tarrestre prevê-se pelo modelo de Peleg que seja alcançada com 16 horas de demolha à temperatura ambiente.

Os ensaios de esterilização realizados com diferentes intensidades de tratamento térmico, revelaram que as conservas das variedades tradicionais apresentaram baixa incidência de feijões partidos comparativamente com as variedades comerciais.

A cor enquanto parâmetro de caracterização e indicador de qualidade evolui de forma diferente dependendo da variedade e do parâmetro em causa. O valor de L^* tende a baixar do feijão seco para o feijão em conserva. O valor de cromaticidade a^* tende a aumentar e o valor de b^* tende a aumentar nas variedades claras (Patalar e Branco) e a diminuir nas variedades coloridas (Moleiro, Tarrestre e Frade).

Na textura verifica-se uma tendência para diminuição da força máxima com o aumento da intensidade de tratamento de esterilização (tempo de Ball).

A avaliação efetuada pelo painel de provadores, revela que as variedades tradicionais em conserva possuem boa aparência, elevada intensidade de sabor, uma dureza equivalente às variedades comerciais e uma elevada apreciação global, com destaque para a variedade Tarrestre que apresenta a melhor apreciação em todos os parâmetros avaliados. Da avaliação sensorial pode-se ainda concluir que em função do tempo de tratamento para os parâmetros de análise relativos à dureza da pele e dos cotilédones a pontuação máxima é obtida nos tempos de 23,79 e 27,36 minutos, que na avaliação instrumental da textura correspondem a valores de Força máxima compreendidos entre 24,89 e 28,55 N.

Relativamente à composição em macroconstituintes os valores observados nas variedades tradicionais estão enquadrados com a composição nutricional das variedades comerciais sendo que nas variedades Moleiro e Tarrestre se observa um teor de proteína superior à variedade comercial Branco de mais 2,82% e 1,87%.

Da avaliação da aptidão tecnológica das três variedades de feijão tradicionais portuguesas pode-se concluir que possuem características morfológicas, físicas, tecnológicas, sensoriais e nutricionais, que viabilizam futuros estudos de *scale up* para produção industrial de conservas.

Uma componente de importância relevante é a sensibilização dos agricultores para a produção destas leguminosas numa escala que permita a produção industrial de conservas. Dessa forma caminhar-se-ia no sentido de introduzir variedades tradicionais no circuito industrial, sob a forma produtos de elevada qualidade sensorial, valorizando o património germoplasma português.

6. BIBLIOGRAFIA

- Abu-Ghannam, N. (1998). Modelling textural changes during the hydration process of red beans. *Journal of Food Engineering*, 38(3), 341-352
- Adams, J. B.; Kilcast, D. (2004). Raw materials quality and the texture of processed vegetables In: *Texture In Food: Volume 2: Solid Foods*. Ed by Kilcast, D. (Ed.). *Texture in food: Solid foods*. Elsevier. 342-363.
- Adams, M. R.; Moss, M. O. (2016). The microbiology of food preservation. *Third edition. The Royal Society of Chemistry*.
- Affrifah, N. S. (2004). *Improving the textural properties and storage stability of cowpeas: process development and evaluation*. Diss. University of Georgia.
- Agro-Industries and Post-Harvest Management Service (Agsi) /Food And Agriculture Organization (FAO), 2004. Chapter IV. Phaseolus beans: Post-harvest operations; <http://www.fao.org/in-action/inpho/crop-compendium/legumes/en/>. (Acedido em Outubro de 2015).
- Aked, J.; & Jongen, W. (2002). Maintaining the postharvest quality of fruits and vegetables In: *Fruit And Vegetable Processing: Improving Quality*. Ed by Jongen, W. CRC Press, New York, 119-149.
- Almeida, A.S. (2012) - *Validação do Processo de Esterilização de Refeições Prontas a Comer Enlatadas*. Leiria. IPL: Dissertação de tese de mestrado
- Annor, G. A.; Ma Z.; Boye, J. I. (2014). Crops–Legumes. In: *Food Processing: Principles and Applications*, Second Edition, 305-337.
- Azarpazhooh, E.; Boye, J. I.; Siddiq, M.; Uebersax, M. A. (2013). Composition of processed dry beans and pulses. In: *Dry beans and pulses: production, processing and nutrition*. Ed by Siddiq, M., Uebersax, M. A. (Eds.). Wiley-Blackwell. 103-128.
- Berrios, J. D. J., Swanson, B. G., & Cheong, W. A. (1999). Physico-chemical characterization of stored black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Research International*, 32(10), 669-676.
- Berteli, M. N.; Berto, M. I.; de Almeida Vitali, A. (2013). Aplicabilidade do método de Ball para o cálculo da letalidade de processos de esterilização em autoclaves a vapor desaeradas por água/Applicability of the Ball method in the calculation of lethality in sterilization processes using water vented steam retorts. *Brazilian Journal of Food Technology*, 16(3), 243.
- Bhuyan, M.(2006) *Measurement and control in food processing*. CRC Press,.

- Bourne, M. (2002). *Food texture and viscosity: concept and measurement*. Academic Press.
- Boz, Z.,; Erdoğan, F. (2015). Thermal Processing:: Canning and Aseptic Processing. In Y. H. Hui, & E. Ö. Evranuz (Eds.), *Handbook of Vegetable Preservation and Processing*, Second Edition. CRC Press. (pp. 157-174).
- Calvo, M. S.; Rey, J. A. (1999). Sensory analysis of beans (*Phaseolus vulgaris*). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 3(4), 201-204.
- Campos, E. S.; Alves, J. M. A.; Uchôa, S. C. P.; Albuquerque, J. D. A. A.; Santos, C. S. V. (2010). Características morfológicas e físicas de grãos secos e hidratados de cinco cultivares de feijão-caupi. *Revista Agroambiente On-line*, 4(1), 34-41.
- Culver, C. A.; Wrolstad, R. E. (2008). Color quality of fresh and processed foods (Vol. 983). *Amer Chemical Society*.
- De Ron, A.M.; Papa R.; Bitocchi E.; González A.M; Debouck D.G.; Brick M.A.; Fourie D.; Marsolais F.; Beaver J.; Geffroy V.; McClean P.; Santalla M.; Lozano R.; Yuste-Lisbona F.J. e Casquero P.A. (2015) Common bean *In: Grain Legumes Handbook of Plant Breeding*. Ed by De Ron, A.M. Springer Science+Business Media New York
- Del Castillo, R.R.; Costell, E.; Plans, M.; Simó, J.; Casañas, F. (2012). A standardized method of preparing common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) for sensory analysis. *Journal of Sensory Studies*, 27(3), 188-195.
- Delgado, A.M.; Almeida, M.D.V.; Parisi, S. (2016). *Chemistry of mediterranean diet*. Springer
- Du, S. K.; Jiang, H.; Ai, Y.; & Jane, J. L. (2014). Physicochemical properties and digestibility of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) starches. *Carbohydrate polymers*, 108, 200-205.
- El Nahry, F.; Darwish, N. M.; Tharwat, S. (1977). Effect of preparation and cooking on the nutritive value of local kidney bean. *Qualitas Plantarum*, 27(2), 141-150.
- FAO (2016). *Food Outlook: Biannual Report On Global Food Markets*. FAO
- Featherstone, S. (2015). *A Complete Course in Canning and Related Processes: Volume 3 Processing Procedures for Canned Food Products*. Woodhead Publishing.
- Fellows, P. J. (2009). *Food processing technology: principles and practice*. Elsevier.
- Friso, D. (2015). A Mathematical solution for food thermal process design. *Applied Mathematical Sciences*, 9(6), 255-270.

- Gowen, A.; Abu-Ghannam, N.; Frias, J.; Oliveira, J. (2007). Modelling the water absorption process in chickpeas (*Cicer arietinum* L.)—the effect of blanching pre-treatment on water intake and texture kinetics. *Journal of Food Engineering*, 78(3), 810-819.
- Hefnawy, T. H. (2011). Effect of processing methods on nutritional composition and anti-nutritional factors in lentils (*Lens culinaris*). *Annals of Agricultural Sciences*, 56(2), 57-61.
- Huma, N.; Anjum, M.; Sehar, S.; Issa Khan, M.; Hussain, S. (2008). Effect of soaking and cooking on nutritional quality and safety of legumes. *Nutrition & Food Science*, 38(6), 570-577.
- Joshi, P.; Brimelow, C. (2002). Colour measurement of food by colour reflectance. In: *Colour In Food – Improving Quality..* Ed by Douglas B.; MacDougall. Woodhead Publishing Limited and CRC Press, LLC..
- Kaur, S.; Singh, N.; Sodhi, N. S.; Rana, J. C. (2009). Diversity in properties of seed and flour of kidney bean germplasm. *Food Chemistry*, 117(2), 282-289.
- Kelly, J. D.; Cichy, K. A. (2012). Dry bean breeding and production technologies. In: *Dry beans and pulses: production, processing and nutrition.* Ed by Siddiq, M., Uebersax, M. A. (Eds.). Wiley-Blackwell. 23-54.
- Kidmose, U.; Edelenbos, M.; Nørbæk, R.; Christensen, L. P.; MacDougall, D. B. (2002). Colour stability in vegetables. In: *Colour In Food – Improving Quality..* Ed by Douglas B.; MacDougall. Woodhead Publishing Limited and CRC Press, LLC.179-232.
- Kumar, P.; Sandeep, K. P. (2014). Thermal Principles and Kinetics. In: *Food Processing: Principles and Applications.* Second Edition. 17-31.
- Kwak, M.; Gepts, P. (2009). Structure of genetic diversity in the two major gene pools of common bean (*Phaseolus vulgaris* L., Fabaceae). *Theoretical and Applied Genetics*, 118(5), 979-992.
- Lammertyn, J.; Verlinden, B. E.; Nicolaï, B. M. (2002). Applying advanced instrumental methods: mealiness in fruit. In: *Fruit And Vegetable Processing: Improving Quality*, 170-187.
- Lange, A.; Labuschagne. (2001) M. Multivariate assessment of canning quality, chemical characteristics and yield of small white canning beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in South Africa. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Oxford, v. 81, n. 1, p. 30-35..
- Lawless, H. T.; Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: principles and practices.* Springer Science & Business Media.

- Lea, A., & Henry, B. (2003). Colorants (Colourants)| Properties and Determination of Natural Pigments. In: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition.* (Second Edition).Ed by Trugo, L.C, Finglas, P.M. Academic Press 1550-1556.
- Leggett, G. J. (2008). Color measurement techniques for food products. In: *Color quality of fresh and processed foods.* Ed by Culver, C. A., & Wrolstad, R. E.ACS symposium series (Vol. 983, pp. 7-16). Oxford University Press.
- Lima, A.F.G.; Pires, D.V. (2007) - Catálogo de Variedades de Feijão Cultivadas em
- Lima, M.G. (2016). Textos de apoio: Análise Sensorial. Tecnologia Alimentar/Nutrição Humana e Qualidade Alimentar. Santarém. ESAS
- Lioi, L.; Piergiovanni, A.R., (2013). European common bean. In: *Genetic and Genomic Resources of Grain Legume Improvement.* Ed by Singh, M., Upadhyaya, H.D.; Bisht, I.S., NSW, London, UK: Elsevier Publishers, Oxford, p. 322.
- Lu, R. F.; Abbott, J. A.; Kilcast, D. (2004). Force/deformation techniques for measuring texture. In: *Texture In Food: Volume 2: Solid Foods.* Ed by Kilcast, D. (Ed.). *Texture in food: Solid foods.* Elsevier.109-145.
- Lu, R.; Kilcast, D. (2013). Principles of solid food texture analysis. In: *Instrumental assessment of food sensory quality: a practical guide.* Ed by Kilcast, D. Elsevier 103-128
- Lu, W.; Chang, K. C. (1996) Correlations between chemical composition and canning quality attributes of navy bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cereal Chemistry, Manhattan*, v. 73, n. 6, p. 785-787.
- MacDougall, D. B. (2002a). *Introduction.* In: *Colour In Food – Improving Quality.* Ed by Douglas B.; MacDougall. Woodhead Publishing Limited and CRC Press, LLC..
- MacDougall, D. B. (2002b). Colour measurement of food: principles and practice. In: *Colour In Food – Improving Quality.* Ed by Douglas B.; MacDougall. Woodhead Publishing Limited and CRC Press, LLC..
- Matella, N. J.; Mishra, D. K.; Dolan, K. D.; Siddiq, M.; Uebersax, M. A. (2013). Hydration, blanching and thermal processing of dry beans In: *Dry beans and pulses: production, processing and nutrition.* Ed by Siddiq, M.;Uebersax, M. A. (Eds.). Wiley-Blackwell.129-154.
- Mavromatis, A. G.; Arvanitoyannis, I. S.; Chatzitheodorou, V.; Kaltsa, A.; Patsiaoura, I.; Nakas, C. T. (2012) . A comparative study among landraces of *Phaseolus vulgaris* L. and *P. coccineus* L. based on molecular, physicochemical and sensory analysis for authenticity purposes. *Scientia horticulturae*, 144, 10-18. 65

- McClellan, P.E.; Myres, J.M.; Hammond, J.J. (1993). Coefficient of parentage and cluster analysis of north American dry bean cultivars. *Crop Science*, Madison, v.33, n.1, p.190-193, 1993.
- Mishra, D. K.; Sinha, N. K.; Hui, Y. H. (2010). Principles of vegetable canning. In: *Handbook of Vegetables and Vegetable Processing*. Ed by Hui, Y. H.; Evranuz, E. Ö.; Siddiq, M.; Ahmed, J. Wiley-Blackwell. 243, 259.
- Mkanda, A. V.; Minnaar, A.; De Kock, H. L. (2007). Relating consumer preferences to sensory and physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(15), 2868-2879.
- Murray, J. M.; Baxter, I. A. (2003). Food Acceptability and Sensory Evaluation. In: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*.(Second Edition).Ed by Trugo, L.C, Finglas, P.M. Academic Press
- Olivo, F.; Olivo, M.; Bertan, I.; Peske, S. P. (2011). Espessura do tegumento e qualidade física e fisiológica de sementes de feijão. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 6(1), 89-98.
- Paredes-Lopez, O.; Cárabez-Trejo, A.; Palma-Tirado, L.; Reyes-Moreno, C. (1990). Influence of hardening procedure and soaking solution on cooking quality of common beans. *Plant Foods for Human Nutrition*, 41(2), 155-164.
- Parmar, N.; Virdi, A. S.; Singh, N.; Kaur, A.; Bajaj, R.; Rana, J. C.; Nautiyal, C. S. (2014). Evaluation of physicochemical, textural, mineral and protein characteristics of kidney bean grown at Himalayan region. *Food Research International*, 66, 45-57.
- Park, S. H., Lamsal, B. P., Balasubramaniam V. M. (2014). Principles of food processing. In: *Food Processing: Principles and Applications*, Second Edition: 1-15.
- Pinheiro, C.; Baeta, J. P.; Pereira, A. M.; Domingues, H.; & Ricardo, C. P. (2010) - Diversity of seed mineral composition of *Phaseolus vulgaris* L. germplasm. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(4), 319-325.
- Ramaswamy, H. S.; Chen, C. R. (2002). Maximising the quality of thermally processed fruits and vegetables. In: *Fruit and vegetable processing: improving quality*. Ed by Jongen, W. CRC Press, New York, 188-214.
- Ramesh, M. N. (2003). Sterilization of foods. In: *Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition*. (Second Edition). Ed by Trugo, L.C, Finglas, P.M. Academic Press
- Reddy, N. R.; Pierson, M. D.; Sathe, S. K.; Salunkhe, D. K. (1984). Chemical, nutritional and physiological aspects of dry bean carbohydrates—a review. *Food Chemistry*, 13(1), 25-68.

- Revilla, I.; Vivar-Quintana, A. M. (2008). Effect of canning process on texture of Faba beans (*Vicia Faba*). *Food chemistry*, 106(1), 310-314.
- Reyes-Moreno, C.; Paredes-López, O.; Gonzalez, E. (1993). Hard-to-cook phenomenon in common beans—A review. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 33(3), 227-286.
- Ribeiro, J.J. (1988) – *Otimização do tratamento térmico de esterilização para conservas de feijão ao natural em função da estabilidade e textura*. Lisboa. LNETI
- Rivera, A.; Roselló, S.; Casañas, F. (2015). Seed curvature as a useful marker to transfer morphologic, agronomic, chemical and sensory traits from Ganxet common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Scientia Horticulturae*, 197, 476-482.
- Rodiño, A. P., Santalla, M., Montero, I., Casquero, P. A., & De Ron, A. M. (2001). Diversity of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm from Portugal. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 48(4), 409-417.
- Rosenthal, A. J. (1999). *Food texture: measurement and perception*. Gaithersburg, MD (USA) Aspen Publishers
- Saha, S.; Singh, G.; Mahajan, V.; Gupta, H. S. (2009). Variability of nutritional and cooking quality in bean (*Phaseolus vulgaris* L) as a function of genotype. *Plant foods for human nutrition*, 64(2), 174-180
- Sathe, S.K.; Deshpande, S.S. (2003) Beans. In: *Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition*. Second Edition). Ed by Trugo, L.C, Finglas, P.M. Academic Press
- Sathe, S.K. (2016) Beans: Overview In: *Encyclopedia of Food Grains*. Ed by Wrigley, C. W., Corke, H., Seetharaman, K., & Faubion, J. (2015). . Academic Press.
- Scarano, D.; Rubio, F.; Ruiz, J. J.; Rao, R.; & Corrado, G. (2014). Morphological and genetic diversity among and within common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces from the Campania region (Southern Italy). *Scientia Horticulturae*, 180, 72-78.
- Schmehling, A. C. (2008). Communicating food color effectively with physical color standards. In: *Color quality of fresh and processed foods*. Ed by Culver, C. A., & Wrolstad, R. E. ACS symposium series (Vol. 983, pp. 2-6). Oxford University Press.
- Seco, L.P.P. (2000). *Levantamento de temperaturas de esterilização em conservas*. Relatório do Trabalho de Fim de Curso de Engenharia Agro-Alimentar. Opção Tecnologia da Carne. Escola Superior Agrária de Santarém.

- Shafaei, S. M.; Masoumi A. A.; Roshan; H. (2016). Analysis of water absorption of bean and chickpea during soaking using Peleg model. *Journal of the Saudi society of agricultural sciences* 15.2: 135-144.
- Shimelis, E. A.; Rakshit, S. K. (2005). Proximate composition and physico-chemical properties of improved dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in Ethiopia. *LWT-Food Science and Technology*, 38(4), 331-338.
- Shimelis, E. A.; Rakshit, S. K. (2005). Proximate composition and physico-chemical properties of improved dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in Ethiopia. *LWT-Food Science and Technology*, 38(4), 331-338.
- Siddiq, M., & Uebersax, M. A. (2013). Dry beans and pulses production and consumption-an overview. In: *Dry beans and pulses: production, processing and nutrition*. Ed by Siddiq, M., & Uebersax, M. A. (Eds.). Wiley-Blackwell.3-22.
- Siddiq, M.; Butt, M. S.; Sultan, M. T. (2011). Dry beans: production, processing, and nutrition. In: *Handbook of vegetables and vegetable processing*. Ed by Hui, Y. H.; Evranuz, E. Ö.; Siddiq, M.; Ahmed, J. Wiley-Blackwell.545-564.
- Siddiq, M.; Ravi, R.; Harte, J.B.; Dolan, K.D (2010). Physical and functional characteristics of selected dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours *LWT - Food Science and Technology* 43, 232–237
- Silva, A. G.; Rocha, L. C.; Canniatti-Brazaca, S. G. (2010). Caracterização físico-química, digestibilidade protéica e atividade antioxidante de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) Physico-chemical characterization, protein digestibility and antioxidant activity of comun bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 20(4), 591-598.
- Silva, M. O., Brigide, P., Canniatti-Brazaca, S. G. (2013). Caracterização da composição centesimal e mineral de diferentes cultivares de feijão comum crus e cozidos. *Alimentos e Nutrição*, 24(3), 339-346.
- Stoilova, T.; Pereira, G.; de Sousa, M. (2013). Morphological characterization of a small common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) collection under different environments. *Journal of Central European Agriculture*, 14(3), 0-0.
- Swanson, B. G.; Hughes, J. S.; Rasmussen, H. P. (1985). Seed microstructure: review of water imbibition in legumes. *Food Structure*, 4(1), 14.
- Taiwo, K. A.; Akanbi, C. T.; Ajibola, O.O. (1998). Regression relationships for the soaking and cooking properties of two cowpea varieties. *Journal of food engineering*, 37(3), 331-
- Tucker, G. S., & Featherstone, S. (2011). *Essentials of thermal processing*. Wiley-Blackwell..113

- Uebersax, M. A. (2006, September). Dry edible beans: indigenous staple and healthy cuisine. In *Published by the Forum on Public Policy*.
- Uebersax, M. A.; & Siddiq, M. (2013). Market classes and physical and physiological characteristics of dry beans. In: *Dry beans and pulses: production, processing and nutrition*. Ed by Siddiq, M.; Uebersax, M. A. (Eds.). Wiley-Blackwell. 55-74
- Vaclavik, V.A.; Christian E.W. (2014). *Essentials of food science*. Fourth Edition. Springer. New York.
- Van Der Merwe, D.; Osthoff, G.; Pretorius, A. J. (2006a). Evaluation and standardisation of small-scale canning methods for small white beans (*Phaseolus vulgaris* L.) canned in tomato sauce. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(7), 1115-1124.
- Wang, H.; Ratnayake, W. S. (2014). Physicochemical and thermal properties of *Phaseolus vulgaris* L. var. Great Northern bean starch. *Journal of food science*, 79(3), C295-C300.
- Wani, I. A.; Sogi, D. S.; Wani, A. A.; & Gill, B. S. (2014). Physical and cooking characteristics of some Indian kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*
- White, B. L.; Howard, L. R.; Siddiq, M.; Uebersax, M. A. (2013). Canned whole dry beans and bean products. In: *Dry beans and pulses: production, processing and nutrition*. Ed by Siddiq, M.; Uebersax, M. A. (Eds.). Wiley-Blackwell. 155-183.
- Xin, R.; Boye, J. I.; Siddiq, M.; Uebersax, M. A. (2013). Processing of dry bean flours and fractions. In: *Dry beans and pulses: production, processing and nutrition*. Ed by Siddiq, M., Uebersax, M. A. (Eds.). Wiley-Blackwell. 205-234.
- Yousif, A. M. (2014). Soybean grain storage adversely affects grain testa color, texture and cooking quality. *Journal of food quality* 37.1: 18-28.

7. ANEXOS

Anexo 1 - FICHA DE PROVA APRESENTADA NA ANÁLISE SENSORIAL

PAINEL DE ANÁLISE SENSORIAL
FICHA DE PROVA DE FEIJÃO



Provedor: _____ Data ____/____/____

Amostras: A B C D E F

Grau de cozedura

Pele / tegumento | _____ | _____ | _____ | _____ |
Inaceitável Aceitável Bom Excelente

Cotilédones / interior | _____ | _____ | _____ | _____ |
Inaceitável Aceitável Bom Excelente

Sabor | _____ | _____ | _____ | _____ |
Mau Aceitável Bom Excelente

Aparência visual | _____ | _____ | _____ | _____ |
Má Aceitável Boa Excelente

Apreciação Global | _____ | _____ | _____ | _____ |
Má Aceitável Boa Excelente

Anexo 2 - RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA

Resultados da estatística descritiva da caracterização morfológica das de feijão tradicionais seco

Variedade	Parâmetro	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Moleiro	Comprimento (mm)	646	11,93	0,77	9,50	14,50
	Largura (mm)	646	6,81	0,41	5,46	9,62
	Espessura (mm)	646	4,89	0,44	3,10	6,58
	Peso (g)	646	0,30	0,05	0,15	0,51
Patalar	Comprimento (mm)	394	17,31	1,66	11,79	22,29
	Largura (mm)	394	9,51	0,60	8,03	11,22
	Espessura (mm)	394	5,07	0,48	3,88	6,75
	Peso (g)	394	0,60	0,12	0,26	1,01
Tarrestre	Comprimento (mm)	830	10,75	0,92	4,48	14,66
	Largura (mm)	830	6,43	0,49	5,09	8,21
	Espessura (mm)	830	4,54	0,63	2,43	7,42
	Peso (g)	830	0,23	0,05	0,06	0,39

Resultados da estatística descritiva do número de sementes/100 g das variedades de feijão seco

Variedade	Parâmetro	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Moleiro	Nº de sementes (un)	19	340,84	4,34	329,00	346,00
Patalar	Nº de sementes (un)	22	174,50	3,49	167,00	180,00
Tarrestre	Nº de sementes (un)	36	458,00	8,22	445,00	475,00

Resultados da estatística descritiva da determinação da cor Lab* nas variedades de feijão seco

Variedade	Parâmetro	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Moleiro	L*	60	51,31	2,65	42,05	56,82
	a*	60	11,13	1,55	8,12	14,65
	b*	60	20,53	1,94	13,78	23,83
Patalar	L*	62	84,85	2,20	79,02	89,50
	a*	62	-0,40	0,31	-1,12	0,20
	b*	62	9,46	1,25	6,82	12,39
Tarrestre	L*	68	46,82	7,20	34,96	61,47
	a*	68	10,78	2,26	6,75	16,02
	b*	68	15,89	3,04	8,80	26,24
Branco	L*	62	76,42	2,05	69,34	81,16
	a*	62	-0,21	0,17	-0,69	0,22
	b*	62	6,58	1,10	4,92	10,30
Frade	L*	62	62,04	3,15	53,02	67,71
	a*	62	2,42	0,34	1,51	3,34
	b*	62	15,45	1,51	11,66	18,74

Resultados da estatística descritiva da determinação da densidade nas variedades de feijão seco

Variedade	Parâmetro	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Moleiro	Densidade (g/cm ³)	48	1,29	0,02	1,23	1,34
Patalar	Densidade (g/cm ³)	48	1,22	0,02	1,17	1,30
Tarrestre	Densidade (g/cm ³)	48	1,28	0,02	1,22	1,35
Branco	Densidade (g/cm ³)	30	1,32	0,03	1,25	1,36
Frade	Densidade (g/cm ³)	45	1,13	0,02	1,09	1,19

Resultados da estatística descritiva do número de feijões/100 g em conserva

Variedade	Parâmetro	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Moleiro	Nº de feijões em 100 g	12	142,75	3,60	136	147
Patalar	Nº de feijões em 100 g	12	66,67	6,23	55	81
Tarrestre	Nº de feijões em 100 g	12	182,00	6,38	172	190
Branco	Nº de feijões em 100 g	6	80,33	18,04	56	96
Frade	Nº de feijões em 100 g	11	222,18	25,39	193	262

Resultados da estatística descritiva do número de feijões inteiros/100 g em conserva

Variedade	Parâmetro	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Moleiro	Nº feijões inteiros em 100g	12	121,17	4,37	113	127
Patalar	Nº feijões inteiros em 100g	12	58,25	6,05	49	71
Tarrestre	Nº feijões inteiros em 100g	12	156,50	6,57	145	167
Branco	Nº feijões inteiros em 100g	6	53,33	16,84	27	67
Frade	Nº feijões. inteiros em 100g	11	193,18	10,27	175	207

Resultados da estatística descritiva do número de feijões partidos/100 g em conserva

Variedade	Parâmetro	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Moleiro	Nº feijões partidos em 100g	12	21,58	3,75	16	29
Patalar	Nº feijões partidos em 100g	12	8,42	2,64	3	12
Tarrestre	Nº feijões partidos em 100g	12	25,50	4,19	19	32
Branco	Nº feijões partidos em 100g	6	27,00	7,24	18	38
Frade	Nº feijões partidos em 100g	11	29,00	16,16	10	57

Resultados da estatística descritiva dos parâmetros morfológicos dos feijões na conserva em função da variedade e intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball)

Variedade	Tempo de Ball (min)	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Peso (g)	n
Moleiro	19,0	16,19 ± 1,06	9,14 ± 0,46	6,58 ± 0,29	0,72 ± 0,08	20
	21,2	15,82 ± 0,93	9,14 ± 0,77	6,75 ± 0,47	0,66 ± 0,10	10
	22,2	16,28 ± 1,02	9,34 ± 0,63	6,73 ± 0,46	0,74 ± 0,12	50
	23,8	16,22 ± 1,05	9,30 ± 0,53	6,72 ± 0,33	0,73 ± 0,10	20
	27,4	16,25 ± 0,89	9,19 ± 0,54	6,62 ± 0,49	0,72 ± 0,11	20
Patalar	19,0	22,83 ± 1,71	12,11 ± 0,65	7,51 ± 0,45	1,54 ± 0,26	20
	21,2	23,91 ± 1,03	12,89 ± 0,51	8,20 ± 0,54	1,77 ± 0,17	10
	22,2	23,15 ± 1,91	12,25 ± 1,01	7,88 ± 0,89	1,58 ± 0,27	50
	23,8	22,53 ± 2,21	12,07 ± 0,96	7,70 ± 0,53	1,49 ± 0,33	20
	27,4	23,53 ± 2,67	12,42 ± 0,83	7,70 ± 0,70	1,60 ± 0,33	20
Tarrestre	19,0	14,71 ± 0,81	8,75 ± 0,54	6,51 ± 0,46	0,61 ± 0,09	20
	21,2	14,33 ± 0,98	8,60 ± 0,80	6,18 ± 0,53	0,55 ± 0,11	10
	22,2	14,62 ± 1,15	8,61 ± 0,81	6,25 ± 0,64	0,58 ± 0,10	50
	23,8	14,12 ± 0,84	8,38 ± 0,56	6,26 ± 0,58	0,54 ± 0,10	20
	27,4	14,40 ± 1,04	8,56 ± 0,65	6,33 ± 0,32	0,58 ± 0,09	20
Branco	21,2	21,02 ± 1,04	10,54 ± 0,31	8,50 ± 0,69	1,38 ± 0,13	10
	22,2	21,45 ± 2,09	10,44 ± 0,84	8,28 ± 0,88	1,37 ± 0,27	30
	23,8	20,67 ± 1,49	11,03 ± 1,23	8,83 ± 1,04	1,34 ± 0,34	10
	27,4	21,06 ± 1,81	10,79 ± 0,93	8,64 ± 1,09	1,30 ± 0,35	10
Frade	21,2	12,99 ± 0,99	8,19 ± 0,61	6,71 ± 0,49	0,56 ± 0,10	20
	22,2	12,54 ± 0,96	8,11 ± 0,52	6,77 ± 0,43	0,51 ± 0,08	60
	23,8	12,44 ± 0,82	7,96 ± 0,51	6,69 ± 0,41	0,51 ± 0,05	20
	27,4	12,92 ± 1,25	8,30 ± 0,36	6,95 ± 0,32	0,53 ± 0,08	10

Resultados da determinação da cor Lab* dos feijões na conserva em função da variedade e intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball)

Variedade	Tempo de Ball (min)	L*	a*	b*	N
Moleiro	19,0	45,34 ± 2,22	10,66 ± 0,77	13,10 ± 1,35	120
	21,2	45,70 ± 1,88	9,89 ± 0,62	12,48 ± 1,41	60
	22,2	44,82 ± 2,07	11,44 ± 0,82	13,95 ± 1,36	300
	23,8	44,39 ± 2,71	11,15 ± 0,78	14,21 ± 1,43	120
	27,4	43,66 ± 2,56	10,99 ± 0,96	12,63 ± 1,91	120
Patalar	19,0	65,30 ± 1,33	0,37 ± 0,41	13,66 ± 0,86	120
	21,2	64,11 ± 0,95	0,95 ± 0,37	14,28 ± 0,64	60
	22,2	63,24 ± 1,87	1,57 ± 0,70	14,60 ± 0,99	300
	23,8	64,68 ± 1,15	0,81 ± 0,36	13,54 ± 1,06	120
	27,4	63,67 ± 1,11	0,92 ± 0,55	14,46 ± 1,11	120
Tarrestre	19,0	40,77 ± 4,11	11,99 ± 1,31	10,73 ± 2,66	120
	21,2	39,80 ± 4,38	11,27 ± 1,63	10,54 ± 2,86	60
	22,2	40,60 ± 4,79	12,20 ± 1,55	11,35 ± 3,53	300
	23,8	40,17 ± 3,98	11,91 ± 1,22	10,41 ± 2,96	120
	27,4	39,38 ± 4,01	11,62 ± 1,01	10,61 ± 2,64	120
Branco	19,0	64,90 ± 1,41	-0,21 ± 0,47	10,95 ± 1,41	50
	21,2	64,17 ± 1,23	-0,29 ± 0,42	10,76 ± 0,89	60
	22,2	70,75 ± 12,09	0,74 ± 0,94	11,69 ± 1,44	172
	23,8	62,48 ± 2,34	0,29 ± 0,47	9,22 ± 0,99	50
	27,4	85,67 ± 1,84	0,70 ± 0,65	13,32 ± 1,29	58
Frade	19,0	43,35 ± 3,61	4,83 ± 0,89	10,40 ± 1,71	50
	21,2	45,70 ± 3,42	5,80 ± 0,60	9,45 ± 1,59	112
	22,2	50,98 ± 9,50	7,17 ± 1,36	11,48 ± 2,54	340
	23,8	46,39 ± 2,96	6,09 ± 0,67	9,91 ± 1,48	102
	27,4	63,03 ± 4,33	6,94 ± 1,15	14,11 ± 2,10	50

Resultados da diferença de total de cor entre o feijão seco e o feijão na conserva em função da variedade e intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball)

Variedade	Tempo de Ball (min)	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE
Moleiro	19,0	-5,96	-0,47	-7,43	9,54
	21,2	-5,61	-1,24	-8,05	9,89
	22,2	-6,48	0,31	-6,58	9,24
	23,8	-6,92	0,02	-6,32	9,37
	27,4	-7,64	-0,14	-7,90	10,99
Patalar	19,0	-19,55	0,77	4,21	20,01
	21,2	-20,74	1,35	4,82	21,34
	22,2	-21,61	1,97	5,14	22,30
	23,8	-20,17	1,21	4,08	20,61
	27,4	-21,18	1,32	5,00	21,81
Tarrestre	19,0	-6,05	1,21	-5,16	8,04
	21,2	-7,02	0,49	-5,35	8,84
	22,2	-6,22	1,41	-4,54	7,82
	23,8	-6,64	1,13	-5,48	8,68
	27,4	-7,44	0,83	-5,29	9,16
Branco	19,0	-11,52	0,01	4,37	12,33
	21,2	-12,25	-0,07	4,18	12,95
	22,2	-5,67	0,96	5,11	7,70
	23,8	-13,94	0,50	2,64	14,20
	27,4	9,24	0,91	6,74	11,48
Frade	19,0	-18,68	2,41	-5,05	19,51
	21,2	-16,34	3,38	-6,00	17,73
	22,2	-11,06	4,75	-3,98	12,68
	23,8	-15,64	3,67	-5,55	17,00
	27,4	1,00	4,51	-1,34	4,81

Resultados da estatística descritiva da textura dos feijões (força máxima) na conserva em função da variedade e intensidade do tratamento térmico (tempo de Ball)

Variedade	Tempo de Ball (min)	Força máxima (N)	<i>n</i>
Moleiro	19,0	40,92 ± 6,41	60
	21,2	36,16 ± 6,38	30
	22,2	33,91 ± 5,66	150
	23,8	36,75 ± 5,99	60
	27,4	32,09 ± 5,03	60
Patalar	19,0	42,98 ± 7,08	60
	21,2	38,11 ± 5,42	30
	22,2	35,05 ± 6,23	150
	23,8	41,57 ± 7,41	60
	27,4	32,73 ± 5,07	60
Tarrestre	19,0	30,47 ± 6,88	59
	21,2	25,32 ± 5,03	30
	22,2	25,73 ± 5,99	149
	23,8	28,00 ± 5,48	60
	27,4	23,01 ± 4,87	60
Branco	19,0	13,04 ± 4,00	31
	21,2	20,31 ± 2,94	30
	22,2	17,12 ± 4,94	97
	23,8	11,76 ± 3,50	30
	27,4	11,17 ± 3,49	39
Frade	19,0	15,78 ± 4,82	59
	21,2	19,82 ± 3,96	60
	22,2	21,12 ± 4,40	182
	23,8	16,85 ± 3,36	63
	27,4	16,45 ± 3,09	30

Resultados da estatística descritiva da composição proximal do feijão Moleiro em conserva em função do tempo de Ball

Parâmetro	N	Tempo de Ball (min)	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Humidade (%)	3	19,03	70,06%	0,05%	70,02%	70,11%
	3	21,24	71,29%	0,02%	71,28%	71,32%
	9	22,2	70,16%	0,32%	69,84%	70,58%
	3	23,79	69,92%	0,07%	69,85%	69,99%
	3	27,36	70,12%	0,10%	70,02%	70,22%
Cinza total (%)	3	19,03	1,27%	0,01%	1,26%	1,27%
	3	21,24	1,47%	0,01%	1,46%	1,48%
	9	22,2	1,25%	0,05%	1,16%	1,30%
	3	23,79	1,44%	0,01%	1,43%	1,46%
	3	27,36	1,20%	0,06%	1,13%	1,24%
Fibra bruta (%)	3	19,03	3,65%	0,25%	3,39%	3,87%
	3	21,24	6,52%	0,78%	6,05%	7,43%
	9	22,2	4,97%	2,73%	0,00%	8,18%
	3	23,79	6,88%	0,11%	6,76%	6,94%
	3	27,36	3,10%	0,32%	2,74%	3,35%
Proteína bruta (%)	3	19,03	8,44%	0,10%	8,35%	8,55%
	3	21,24	8,00%	0,06%	7,96%	8,06%
	9	22,2	8,50%	0,17%	8,30%	8,70%
	3	23,79	8,47%	0,14%	8,32%	8,57%
	3	27,36	8,52%	0,10%	8,42%	8,62%
Glúcidos disp (%)	3	19,03	15,92%	0,42%	15,47%	16,31%
	3	21,24	12,05%	0,20%	11,83%	12,22%
	9	22,2	14,89%	3,20%	10,80%	20,26%
	3	23,79	12,95%	0,78%	12,05%	13,45%
	3	27,36	16,39%	1,60%	14,58%	17,59%
Gordura bruta (%)	3	19,03	0,67%	0,58%	0,00%	1,00%
	3	21,24	0,67%	0,58%	0,00%	1,00%
	9	22,2	0,22%	0,67%	0,00%	2,00%
	3	23,79	0,33%	0,58%	0,00%	1,00%
	3	27,36	0,67%	1,15%	0,00%	2,00%

Resultados da estatística descritiva da composição proximal do feijão Pataral em conserva em função do tempo de Ball

Parâmetro	N	Tempo de Ball (min)	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Humidade (%)	3	19,03	72,78%	0,06%	72,72%	72,83%
	3	21,24	74,10%	0,05%	74,05%	74,16%
	9	22,2	72,29%	0,77%	71,28%	73,07%
	3	23,79	71,78%	0,04%	71,74%	71,81%
	3	27,36	73,82%	0,33%	73,54%	74,19%
Cinza total (%)	3	19,03	1,27%	0,01%	1,26%	1,29%
	3	21,24	1,50%	0,02%	1,48%	1,52%
	9	22,2	1,34%	0,03%	1,31%	1,40%
	3	23,79	1,45%	0,03%	1,43%	1,49%
	3	27,36	1,29%	0,04%	1,25%	1,32%
Fibra bruta (%)	3	19,03	7,23%	0,20%	7,04%	7,44%
	3	21,24	4,81%	4,17%	0,00%	7,42%
	9	22,2	6,26%	2,74%	0,00%	8,93%
	3	23,79	6,79%	0,56%	6,15%	7,18%
	3	27,36	5,54%	0,75%	4,86%	6,35%
Proteína bruta (%)	3	19,03	5,79%	0,07%	5,71%	5,84%
	3	21,24	5,61%	0,09%	5,54%	5,71%
	9	22,2	6,16%	0,27%	5,90%	6,58%
	3	23,79	6,34%	0,06%	6,28%	6,38%
	3	27,36	5,98%	0,16%	5,80%	6,09%
Gordura bruta (%)	3	19,03	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	3	21,24	0,67%	0,58%	0,00%	1,00%
	9	22,2	0,11%	0,33%	0,00%	1,00%
	3	23,79	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	3	27,36	0,05%	0,09%	0,00%	0,15%
Glúcidos disp (%)	3	19,03	12,93%	0,14%	12,85%	13,10%
	3	21,24	13,31%	3,94%	10,69%	17,84%
	9	22,2	13,83%	2,92%	11,35%	20,62%
	3	23,79	13,64%	0,56%	13,21%	14,28%
	3	27,36	13,33%	0,49%	12,77%	13,70%

Resultados da estatística descritiva da composição proximal do feijão Tarrestre em conserva em função do tempo de Ball

Parâmetro	N	Tempo de Ball (min)	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Humidade (%)	3	19,03	70,80%	0,04%	70,75%	70,83%
	3	21,24	72,15%	0,04%	72,11%	72,19%
	9	22,2	70,85%	0,25%	70,53%	71,17%
	3	23,79	70,46%	0,06%	70,39%	70,50%
	3	27,36	71,34%	0,07%	71,27%	71,42%
Cinza total (%)	3	19,03	1,29%	0,01%	1,28%	1,31%
	3	21,24	1,41%	0,01%	1,41%	1,42%
	9	22,2	1,24%	0,02%	1,22%	1,27%
	3	23,79	1,45%	0,01%	1,44%	1,46%
	3	27,36	1,31%	0,01%	1,29%	1,32%
Fibra bruta (%)	3	19,03	3,65%	0,42%	3,20%	4,02%
	3	21,24	7,76%	0,82%	7,05%	8,66%
	9	22,2	4,80%	2,60%	0,00%	7,48%
	3	23,79	6,44%	0,50%	5,92%	6,92%
	3	27,36	3,22%	0,31%	2,98%	3,56%
Proteína bruta (%)	3	19,03	7,55%	0,37%	7,15%	7,88%
	3	21,24	7,06%	0,04%	7,04%	7,10%
	9	22,2	7,53%	0,27%	7,26%	8,17%
	3	23,79	7,51%	0,03%	7,49%	7,54%
	3	27,36	7,58%	0,38%	7,29%	8,00%
Gordura bruta (%)	3	19,03	0,33%	0,58%	0,00%	1,00%
	3	21,24	0,33%	0,58%	0,00%	1,00%
	9	22,2	0,22%	0,67%	0,00%	2,00%
	3	23,79	0,33%	0,58%	0,00%	1,00%
	3	27,36	0,67%	0,58%	0,00%	1,00%
Glúcidos disp (%)	3	19,03	16,38%	0,39%	16,01%	16,79%
	3	21,24	11,29%	1,42%	9,69%	12,40%
	9	22,2	15,36%	2,61%	11,99%	20,14%
	3	23,79	13,80%	0,19%	13,66%	14,02%
	3	27,36	15,89%	0,06%	15,84%	15,96%

Resultados da estatística descritiva da composição proximal do feijão Branco em conserva comercial

Parâmetro	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Humidade (%)	3	74,11%	0,06%	74,04%	74,15%
Cinza total (%)	3	1,61%	0,05%	1,58%	1,67%
Fibra bruta (%)	3	2,16%	1,87%	0,00%	3,30%
Proteína bruta (%)	3	5,60%	0,07%	5,52%	5,65%
Gordura bruta (%)	3	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Glúcidos disp (%)	3	16,52%	1,85%	15,45%	18,66%

Resultados da estatística descritiva da composição proximal do feijão Frade em conserva comercial

Parâmetro	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Humidade (%)	3	71,61%	0,11%	71,49%	71,68%
Cinza total (%)	3	1,35%	0,04%	1,30%	1,39%
Fibra bruta (%)	3	4,22%	0,58%	3,74%	4,86%
Proteína bruta (%)	3	6,88%	0,15%	6,74%	7,05%
Gordura bruta (%)	3	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Glúcidos disp (%)	3	15,94%	0,41%	15,53%	16,36%

Resultados da estatística descritiva da avaliação sensorial

Variedade	Parâmetro	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Moleiro	Dureza da pele	101	2,85	0,68	1	4
	Dureza dos cotilédones	101	2,71	0,73	1	4
	Sabor	101	2,75	0,67	1	4
	Aparência	101	2,93	0,62	2	4
	Apreciação global	101	2,66	0,71	1	4
Patalar	Dureza da pele	101	2,93	0,76	1	4
	Dureza dos cotilédones	101	2,74	0,74	1	4
	Sabor	101	2,91	0,79	1	4
	Aparência	101	2,99	0,78	1	4
	Apreciação global	101	2,78	0,72	1	4
Tarrestre	Dureza da pele	101	2,96	0,79	1	4
	Dureza dos cotilédones	101	2,93	0,79	1	4
	Sabor	101	3,06	0,70	1	4
	Aparência	101	3,05	0,64	2	4
	Apreciação global	101	2,95	0,74	1	4
Branco	Dureza da pele	27	2,30	0,87	1	4
	Dureza dos cotilédones	27	2,11	1,12	1	4
	Sabor	27	2,41	0,93	1	4
	Aparência	27	1,85	0,66	1	3
	Apreciação global	27	1,85	0,66	1	3
Frade	Dureza da pele	45	2,71	0,66	1	4
	Dureza dos cotilédones	45	2,73	0,65	2	4
	Sabor	45	2,80	0,79	1	4
	Aparência	45	2,78	0,82	1	4
	Apreciação global	45	2,73	0,75	1	4