



Andrea Camurça Barbosa Pontes
Socióloga

Desenvolvimento de pães sem glúten a partir de farinhas pouco exploradas

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Ciências
Gastronómicas

Orientadora: Prof. Doutora Anabela Raymundo, Professora
Auxiliar com Agregação, Instituto Superior de Agronomia da
Universidade de Lisboa.

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Maria Paulina Estorninho Neves da Mata,
Professora Auxiliar, FCT/UNL

Arguente(s): Prof. Doutor Nuno Bartolomeu Mendes Godinho de Alvarenga,
Professor adjunto (mobilidade), INIAV

Vogal: Prof. Doutora Anabela Cristina da Silva Naret Moreira
Raymundo, Professora Auxiliar com agregação, ISA/UL



Dezembro de 2018



Desenvolvimento de pães sem glúten a partir de farinhas pouco exploradas
Andrea Pontes

2018

Andrea Camurça Barbosa Pontes
Socióloga

**Desenvolvimento de pães sem glúten a
partir de farinhas pouco exploradas**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Ciências
Gastronómicas

Orientadora: Prof. Doutora Anabela Raymundo, Professora
Auxiliar com Agregação, Instituto Superior de Agronomia da
Universidade de Lisboa.

Dezembro de 2018

Desenvolvimento de pães sem glúten a partir de farinhas pouco exploradas.

Copyright © Andrea Camurça Barbosa Pontes, Faculdade de Ciências e Tecnologia,
Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

A fé em Deus que fez seguir sempre, seguir em frente e nunca desistir...

“Lá vai meu Pão-por-Deus

Nas asas da andorinha

Espero que você tenha saudades minha

Meu coração é um sininho

No bico de uma gaivota

Não tenho outro caminho

Tu és minha única rota”

(Rosane Volpatto)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, por me amparar nos momentos mais difíceis e me dar força interior para realização dessa etapa. A realização desse trabalho só foi possível devido ao apoio e ajuda de diversas pessoas que quero manifestar meus agradecimentos.

A minha orientadora Prof.^a Dra. Anabela Raymundo, pelo empenho paciência que orientou esse trabalho desde o início demonstrando sempre boa vontade em esclarecer todas as dúvidas, cooperando com carinho e amizade em todos os momentos.

As coordenadoras, Prof.^a Dra. Paulina Mata e Catarina Prista pela receptividade, apoio e atenção as minhas necessidades sem o qual a realização desse trabalho seria impossível.

Ao Prof. Dr. Paulo Henrique que colaborou com a estatística desse trabalho.

Aos meus colegas de sala, laboratório que abdicaram muito do seu tempo para me ajudar a solucionar os problemas que foram surgindo no decorrer dos trabalhos.

As minhas filhas Lia, Isabelle e Stephanie Pontes e genros Carlos Bruno Nogueira e Renan Lima, pelo amor, incentivo, apoio, por vibrarem à cada conquista.

A minhas irmãs, em especial a Ana Paula, Zélia, Maria José, em excepcional a Dora, porque foi quem mais incentivou, aconselhou, orientou tudo sobre o Mestrado, hoje devo a ela, por encorajar-me a enfrentar essa etapa com muita garra e determinação que fizeram me tornar uma nova pessoa.

A minha mãe pelo carinho e conselhos que me deu ao longo da vida, incentivando-me a nunca desistir dos meus objetivos.

As minhas amigas irmãs Maria Tereza Frota e Patrícia Marçal pelo apoio, tenho muito a agradecer, por que tiveram sempre do meu lado, protegendo-me nas minhas mais profundas necessidades com muito amor e carinho.

Aos meus amigos, aos que me acompanharam nesta jornada, aqueles que me acompanharam em todas as outras ao longo da vida, que emprestaram seu coração, ouvidos para os desabafos sem reclamar, que dedicaram algum do seu tempo e amizade para ajudar a solucionar obstáculos que apareceram no decorrer deste trabalho, agradeço do fundo do meu coração

RESUMO

O único tratamento para a doença celíaca (DC), uma patologia auto-imune que resulta numa inflamação da mucosa intestinal desencadeada pela ingestão de glúten, é a eliminação do mesmo na dieta. Por apresentar propriedades viscoelásticas que conferem as características de qualidade dos produtos de panificação, a remoção do glúten prejudica as características físicas e sensoriais dos produtos sem glúten. Além disso esses produtos podem apresentar um baixo teor de componentes nutricionais e fisiologicamente importantes. Desta forma o objetivo do presente estudo foi desenvolver pães sem glúten a partir de farinhas pouco exploradas, e avaliar suas influências nas características físicas dos pães. Para tanto, realizou-se o levantamento das farinhas sem glúten (SG) comercializadas em Portugal e avaliou-se a composição nutricional e o preço das mesmas. Foi preparada uma formulação controle de pão SG e formulações com incorporação de farinha de quinoa, alfarroba, castanha, grão de bico, bolota e tremço, substituindo em 50% ou 100% a farinha de arroz na da formulação controle. Avaliaram-se as características físicas dos pães SG por meio de análise de cor, atividade de água, humidade, textura e sensorial. Verificou-se que a disponibilidade e variedade das farinhas SG no mercado era limitada e que os preços eram significativamente elevados. Com relação à composição nutricional, verificou-se que em geral estas farinhas apresentam, quantidades elevadas de fibras e proteínas. A adição das farinhas alternativas influenciou os parâmetros de firmeza e coesividade e cor dos pães. Verificou-se que os pães com farinha de bolota, grão-de-bico e quinoa apresentaram maior firmeza que o pão controle. Quanto à coesividade todos os pães apresentaram valor inferior ao pão controle. A análise sensorial foi conduzida com 23 indivíduos celíacos ou não, e revelou boa aceitação. O pão produzido com farinha de grão-de-bico foi o que apresentou melhor desempenho. Verificou-se que o desejo por um pão sem glúten com características físicas e sensoriais adequadas e semelhantes às de um pão tradicional (com glúten) esteve relacionado com os aspectos observado na intenção de compra. A utilização de farinha de grão-de-bico, possibilitou a produção de pão sem glúten com padrões de qualidade adequados e boa aceitação sensorial, tratando-se de uma matéria prima com potencial de exploração comercial.

Palavras-Chave: Doença Celíaca, Glúten, Farinhas alternativas, Pão, Textura.

ABSTRACT

The only treatment for celiac disease (DC), an inflammation in the intestinal mucosa triggered by the ingestion of gluten, is the elimination of it in the diet. By having viscoelastic properties that confer the quality characteristics of bakery products, the removal of gluten impairs the physical and sensory characteristics of gluten-free products. In addition, these products may have a low content of physiologically important nutritional components. In this way the objective of the present study was to develop gluten-free breads from low-exploited flours, and to evaluate their influence on the physical characteristics of the breads. For that, a survey of gluten-free (GF) flours available in Portugal was carried out and the nutritional composition and price of the flours were evaluated. A control formulation and alternative formulations were prepared incorporating quinoa flour, carob, chestnuts, chickpeas, acorn and lupine, replacing the rice flour in the control formulation by 50% or 100%. The physical characteristics of GF breads were evaluated through color, water, moisture, texture and sensory analysis. It was found that the availability and variety of GF flours on the market was limited and that prices were significantly high. Regarding the nutritional composition, significant amounts of fibers and proteins were verified. The addition of the GF alternative flours influenced the parameters of firmness and cohesiveness and color of the breads. It was verified that the breads with acorn flour, chickpeas and quinoa presented greater firmness than the control bread. As for cohesiveness, all breads presented less value than control bread. Sensory analysis was conducted with 30 celiac individuals or not, and showed good acceptance. The bread produced with chickpea flour was the one that presented better performance. It was found that the desire for a gluten-free bread with physical and sensory characteristics adequate and similar to those of a traditional bread (with gluten) was related to the aspects observed in the purchase intention. The use of chickpea flour allowed the production of gluten-free bread with adequate quality standards and good sensorial acceptance. This flour has high potential to be explored in the GF market.

Keywords: Celiac Disease, Gluten, Alternative Flours, Bread.

SUMÁRIO

Agradecimentos.....	iii
Resumo	v
Abstract.....	vii
Lista de Figuras	xi
Lista de Tabelas	xiii
1 Introdução e Objetivos.....	1
2 Revisão da Literatura	4
2.1 Doença Celíaca	4
2.2 Glúten	5
2.3 Alternativas ao glúten em panificação.....	6
2.4 Hidrocolóides na panificação	7
2.5 Hidroxi-metil-propil-celulose e carboxi-metil-celulose: WELLENCE™ Gluten Free	8
2.6 Amido na panificação	9
2.5 Farinhas Alternativas.....	10
2.5.1 Alfarroba	11
2.5.2 Arroz	12
2.5.3 Bolota.....	14
2.5.4 Castanha	16
2.5.5 Grão-de-Bico	17
2.5.6 Quinoa	18
2.5.7 Tremoço.....	19
3 Materiais e Métodos	21
3.1. Matéria-prima, aditivos e ingredientes	21
3.2. Elaboração dos pães.....	21
3.3. Avaliação das características físicas do pão	23
3.3.1 Cor do miolo	23
3.3.2 Análise de Textura.....	23
3.3.3 Análise da atividade de água (aw) do miolo do pão	24
3.4. Avaliação sensorial.....	25
3.5. Análise estatística.....	26
4. Resultados.....	27
4.1 Análise da Cor do miolo	28
4.2 Análise de Textura.....	32
4.2.1 Farinha de Alfarroba.....	32
4.2.2 Farinha de Bolota	34
4.2.3 Farinha de Castanha	36
4.2.4 Farinha de Grão-de-bico	38
4.2.5 Farinha de Quinoa	39
4.2.6 Farinha de Tremoço	41

4.3 Análise da atividade de água (aw) do miolo do pão	43
4.4 Análise sensorial	43
5 Conclusões Gerais	47
6 Trabalhos futuros.....	48
7 Referências Bibliográficas	49
ANEXOS.....	59
ANEXO 1 – Ficha de Análise sensorial de pão sem glúten	60
ANEXO 2 – Aplicação da Análise sensorial na Loja Levíssima.....	63

Lista de Figuras

Figura 1 – Mucosa intestinal de um indivíduo saudável e de um indivíduo celíaco.	4
Figura 2 – Selo da Associação Portuguesa dos Celíacos.	5
Figura 3 – Formação do glúten.	6
Figura 4 – Comparações de volume de pão sem glúten assado com goma xantana (esquerda) e com WELLENCE™ (à direita).	9
Figura 5 – Semente, Vagem e Farinha de Alfarroba (<i>Ceratonia siliqua</i> L).	12
Figura 6 – Arroz e seu subproduto: farinha.	14
Figura 7 – Farinha de Bolota.	15
Figura 8 – Farinha de Castanha.	17
Figura 9 – Farinha de Grão de Bico.	18
Figura 10 – Farinha de Quinoa.	19
Figura 11 – Farinha de Tremoço.	20
Figura 12 – Espaço de cor CIE L*a*b*.	23
Figura 13 – Texturograma de teste de perfil de textura.	24
Figura 14 – Asproto da folha de prova e das amostras utilizadas para a análise sensorial.	25
Figura 15 – Análise dos Parâmetros L*a*b* dos miolos de pães desenvolvidos com farinha de Alfarroba.	28
Figura 16 – Análise dos Parâmetros L*a*b* dos miolos de pães desenvolvidos com farinha de Bolota.	28
Figura 17 – Análise dos Parâmetros L*a*b* dos miolos de pães desenvolvidos com farinha de Castanha.	29
Figura 18 – Análise dos Parâmetros L*a*b* dos miolos de pães desenvolvidos com farinha de Grão-de-Bico.	29
Figura 19 – Análise dos Parâmetros L*a*b* dos miolos de pães desenvolvidos com farinha de Quinoa.	30
Figura 20 – Análise dos Parâmetros L*a*b* dos miolos de pães desenvolvidos com farinha de Tremoço.	30
Figura 21 – Parâmetros de textura (firmeza e coesividade) do pão sem glúten com farinha de alfarroba, com substituição total da farinha de arroz (100%) e substituição parcial (50%).	33
Figura 22 – Aspecto dos pães com farinha de alfarroba. A – Controle; B - 50% de farinha de alfarroba; C - 100% de farinha de alfarroba.	33
Figura 23 – Parâmetros de textura (firmeza e coesividade) do pão sem glúten com farinha de bolota, com substituição total da farinha de arroz (100%) e substituição parcial (50%).	34
Figura 24 – Aspecto dos pães com farinha de bolota. A – Controle; B - 50% de farinha de bolota; C - 100% de farinha de farinha de bolota.	35
Figura 25 – Parâmetros de textura (firmeza e coesividade) do pão sem glúten com farinha de castanha, com substituição total da farinha de arroz (100%) e substituição parcial (50%).	36

Figura 26 – Fotos dos pães com farinha de castanha. A – Controle; B – 50% de farinha de castanha; C – 100% de farinha de castanha.	37
Figura 27 – Parâmetros de textura (firmeza e coesividade) do pão sem glúten com farinha de grão-de-bico, com substituição total da farinha de arroz (100%) e substituição parcial (50%).....	38
Figura 28 – Fotos dos pães com farinha de grão-de-bico. A – Controle; B – 50% de farinha de grão-de-bico; C – 100% de farinha de grão-de-bico.....	39
Figura 29 – Parâmetros de textura (firmeza e coesividade) do pão sem glúten com farinha de quinoa, com substituição total da farinha de arroz (100%) e substituição parcial (50%).	40
Figura 30 – Fotos dos pães com farinha de quinoa. A – Controle; B – 50% de farinha de quinoa; C – 100% de farinha de quinoa.....	40
Figura 31 – Parâmetros de textura (firmeza e coesividade) do pão sem glúten com farinha de Tremoço, com substituição total da farinha de arroz (100%) e substituição parcial (50%).	42
Figura 32 – Fotos dos pães com farinha de tremoço. A – Controle; B – 50% de farinha de tremoço; C – 100% de farinha de tremoço.	42
Figura 33 – Perfil de consumo dos provadores não celíacos.	44
Figura 34 – Perfil de consumo dos provadores celíacos.	44
Figura 35 – Perfil sensorial de Provadores Não Celíacos.....	45
Figura 36 – Perfil sensorial de Provadores Celíacos.	45

Lista de Tabelas

Tabela 1 – WELLENCE™ Gluten Free.....	9
Tabela 2 – Composição nutricional das farinhas em estudo (g/100gr).	11
Tabela 3 – Formulações de pães sem glúten.....	22
Tabela 4 – Farinhas utilizadas para a preparação de pães sem glúten.....	27
Tabela 5 – ANOVA para o Parâmetro L* dos pães adicionados de farinha de Tremoço.	31
Tabela 6 – ANOVA para o Parâmetro a* dos pães adicionados de farinha de Grão-de-bico.....	31
Tabela 7 – ANOVA para o Parâmetro a* dos pães adicionados de farinha de Quinoa.	32
Tabela 8 – ANOVA para os Parâmetros de firmeza dos pães adicionados de farinha de Bolota em comparação ao Controle.	35
Tabela 9 – ANOVA para os Parâmetros de coesividade dos pães adicionados de farinha de castanha em comparação ao Controle.	37
Tabela 10 – ANOVA para os Parâmetros de firmeza dos pães adicionados de farinha de grão-de-bico em comparação ao Controle.	38
Tabela 11 – Resultado da Análise de Cor do Miolo dos pães sem gluten.	43

1 Introdução e Objetivos

Nos últimos anos, diversos estudos apontam a Doença Celíaca (DC) como um problema de saúde mundial devido à sua prevalência, estima-se que entre 1 e 3% da população na Europa seja de indivíduos celíacos (APC, 2018). De difícil diagnóstico, a DC é uma inflamação na mucosa intestinal que se desenvolve em indivíduos geneticamente pré-dispostos, provocando lesões e atrofia das microvilosidades, prejudicando a absorção de importantes nutrientes (Capriles e Arêas, 2014). Ocasionalmente pela ingestão de glúten, termo utilizado para descrever frações proteicas encontradas nos cereais como o trigo, cevada, centeio e aveia (Pedro *et al.*, 2009), não tem cura e a exclusão total do glúten da dieta por toda a vida é a forma mais eficaz para tratar os portadores dessa patologia (Kotze, 2006).

O número de pessoas que por razões de saúde vivem com restrições alimentares é crescente, no entanto, ocorre uma dificuldade dos celíacos seguirem com a dieta, a monotonia alimentar decorrente da escassez de produtos sem glúten (Araújo *et al.*, 2010). Além disso, esses produtos podem apresentar um baixo teor de componentes nutricionais e fisiologicamente importantes como proteínas, minerais e fibras dietéticas, especialmente se as formulações forem a base de amido (Wronkowska *et al.*, 2008).

Assim, a ausência de glúten constitui um desafio tecnológico para a indústria de panificação, onde o pão é o principal alimento. A fabricação de pães sem glúten requer o uso de matérias-primas pré-selecionadas, limitando o número de ingredientes e suas combinações, reduzindo a variedade e tornando-os menos atrativos em termos de aparência e sabor quando comparados aos produtos tradicionais de panificação (Morais *et al.*, 2013). O glúten é o responsável pelas propriedades viscoelásticas da massa, necessárias para produzir pães de boa qualidade (Sciarini *et al.*, 2012). Para isso a utilização de proteínas, hidrocolóides, emulsionantes ou combinações desses itens são usados como substitutos do glúten para melhorar a capacidade de reter gás, o conteúdo dietético e as propriedades estruturantes (Gujral *et al.*, 2003).

A aplicação de algumas matérias-primas no processamento pode favorecer significativamente o valor nutricional dos pães sem glúten, entre os ingredientes utilizados em tais produtos, podem-se encontrar farinhas de cereais como milho e arroz (Matos e Rosell, 2013; Bourekoua *et al.*, 2016), de pseudocereais como amaranto e quinoa (Burešová *et al.*, 2017; Turkut *et al.*, 2016). Farinhas de outros vegetais como alfarroba, castanha, bolota (Korus *et al.*, 2015; Tsatsaragkou *et al.*, 2014). Além de farinhas de leguminosas como grão-de-bico e tremoço (Levent e Bilgiçli, 2011; Miñarro *et al.*, 2012).

A farinha de arroz (*Oryza sativa* L.) tem sido amplamente utilizada em substituição a farinha de trigo na fabricação de produtos sem glúten pois além de ser hipoalergênica, possui sabor suave, coloração branca e boa digestibilidade (Gujral e Rosell, 2004). Sua composição nutricional apresenta baixo teor de sódio, proteína, gordura e alta quantidade de hidratos de carbono facilmente digeríveis (Sciarini *et al.*, 2012; Júnior *et al.*, 2009). Como não possui glúten, não retém o dióxido de carbono que se forma durante a fermentação, originando produtos com baixo volume específico (Walter *et al.*, 2008). Para ultrapassar essa limitação recorre-se usualmente ao uso de aditivos que melhorem as suas propriedades tecnológicas, como gomas, emulsionantes ou proteínas (Júnior *et al.*, 2009).

Farinha de Afarroba (*Ceratonia siliqua*) contém quantidades elevadas de fibra dietética e micronutrientes (Tsatsaragkou *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2001), além de ser fonte de proteína, aumentando o valor nutricional dos produtos sem glúten. Seu potencial como ingrediente alimentar é alto e pode ser considerado um concorrente de baixo custo para outras proteínas, como da soja ou soro do leite (Bengoechea *et al.*, 2008).

A farinha de Bolota (*Quercus robur*) é uma fonte alternativa para pães sem glúten, aumentando a variedade de ingredientes usados para melhorar o valor sensorial e nutricional de tais produtos. Geralmente, as bolotas contêm altos níveis de lipídios, tornando-os uma atraente fonte concentrada de fitoquímicos, e proteínas com alto teor de aminoácidos essenciais (León-Camacho *et al.*, 2004; Özcan 2006). Além disso, a farinha de bolota representa uma rica fonte de fibras em produtos sem glúten, tradicionalmente usadas na região do Mediterrâneo (Korus *et al.*, 2015).

Farinha de Castanha (*Castanea sativa*), que em tempos passados já teve uma grande importância na alimentação da população Portuguesa, sendo utilizada como matéria-prima em vários produtos alimentícios devido a seus benefícios para a saúde, propriedades nutricionais e de sabor (Singh *et al.*, 2011; Yang *et al.*, 2015). Contém proteínas de alta qualidade com aminoácidos essenciais, fibra dietética, baixa quantidade de gordura e também vitamina E, vitamina B, potássio, fósforo e magnésio (Sacchetti *et al.*, 2004). A substituição da farinha de arroz por farinha de castanha é uma alternativa para aumentar os valores nutricionais de pães sem glúten e, potencialmente retardar o endurecimento nesses pães (Demirkesen *et al.*, 2014).

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) é uma leguminosa rica em proteínas, fibras alimentares, hidratos de carbono, folatos e oligoelementos minerais (Fe, Mo, Mn) (Aguilar *et al.*, 2015). Seu alto conteúdo de lisina torna-o um excelente intensificador da qualidade da proteína quando combinado com proteínas de grãos de cereais que são pobres em lisina, mas ricas em aminoácidos sulfurados (Iqbal *et al.*, 2006). O processamento do grão-de-bico pode ser uma forma para obter fibras, amido e concentrados proteicos ou isolados (Boye *et al.*, 2010). As propriedades funcionais da proteína do grão-de-bico afeta as propriedades reológicas da massa e fornecem boas características de cozimento (cor, volume específico, textura) em pães sem glúten (Miñarro *et al.*, 2012; Mohammed *et al.*, 2012).

A quinoa (*Chenopodium quinoa*) tem sido reconhecida como um grão muito nutritivo, devido à boa qualidade e quantidade de suas proteínas e ácidos graxos essenciais (Hager, 2013). O teor de aminoácidos essenciais encontrado é maior do que na farinha de trigo (Stikic *et al.*, 2012). Da composição da quinoa destaca-se: 14,12% de proteína, 6,07% de lipídio total, 64,16% de hidratos de carbono e 7% de fibra alimentar (USDA, 2014). Além de boa composição nutricional, a quinoa não contém glúten, o que favorece seu uso em produtos de panificação sem glúten.

O tremoço (*Lupinus albus* L.) é uma espécie da família Leguminosae. A Farinha de Tremoço pode ser uma excelente escolha para ser usado em diferentes alimentos, considerando suas propriedades nutricionais e funcionais (Erbaş *et al.*, 2005). Embora os hidratos de carbono sejam o principal componente das leguminosas, a farinha de tremoço contém comparativamente maior conteúdo proteico (cerca de 40% em peso) e fibra dietética (30% - solúvel e insolúvel) do que a farinha de trigo (Bloskma e Bushuk, 1998), e ainda possui um menor custo em relação a outras farinhas de leguminosas, como a soja (Jayasena e Quail, 2004).

Nesse sentido, a procura por alimentos benéficos para a saúde e que possam ser consumidos de forma segura por celiacos faz com que a indústria alimentar aumente o desenvolvimento, produção e variedade de produtos direcionados a este público e o uso de farinhas pouco exploradas comercialmente na fabricação de pães ampliaria a variedade de ingredientes usados para melhorar o valor sensorial e nutricional de tais produtos. Propõe-se, portanto, a valorização de farinhas pouco exploradas para obtenção de um produto de valor acrescentado, especialmente direcionados para doentes celíacos, e grupos da população com alguma intolerância aos glúten, que se possam ser lançados no mercado com custos mais baixos e características sensoriais mais aceitáveis.

O objetivo desse trabalho foi o desenvolvimento de pães sem glúten, a partir de farinhas como as farinhas de Afarroba, farinha de Bolota, farinha de Castanha, farinha de Grão de Bico, farinha de Quinoa e farinha de Tremoço, e avaliar suas influências nas características físicas e sensoriais dos pães resultantes.

2 Revisão da Literatura

2.1 Doença Celíaca

A doença celíaca (DC) é uma inflamação do intestino delgado, associada à intolerância permanente ao glúten, que provoca graves lesões na mucosa intestinal resultando em má absorção de nutrientes e conseqüentemente deficiências de vitaminas e minerais (Malalgoda e Simsek, 2017). A DC caracteriza-se por uma variedade de sintomas e danos que ocorrem em seus portadores, como manifestações cutâneas e/ou gastrintestinais e/ou respiratórias (asma, rinite), podendo evoluir, embora seja uma situação rara, a anafilaxia. Os sintomas mais comuns são diarreia, vômito e dor abdominal (Scherf *et al.*, 2016). Variando conforme a idade, a duração, extensão da doença e a presença de patologia extraintestinal (Fasano e Catassi, 2001; Sdepanian *et al.*, 1999).

Em condições fisiológicas normais, as enzimas gástricas do intestino delgado digerem a maioria das proteínas da dieta em pequenos peptídeos e aminoácidos, no caso da DC, os peptídeos tóxicos são ricos em prolina, e portanto, resistentes à digestão, como resultado fragmentos ricos em prolina e glutamina se acumulam no intestino delgado. As condições patológicas associadas à DC começam com a alteração da função de barreira da mucosa intestinal, permitindo que os peptídeos tóxicos da dieta atinjam o tecido linfático subepitelial (Wieser e Koehler, 2008). Na figura 1 observa-se a diferença entre um intestino saudável e o de um doente celíaco.

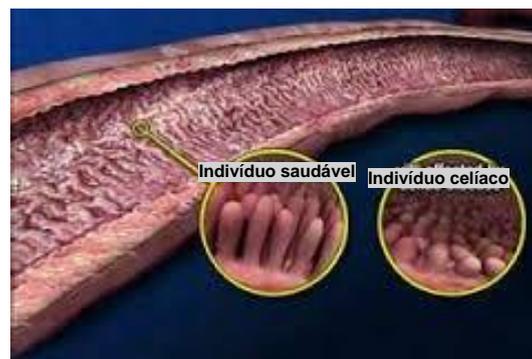


Figura 1 – Mucosa intestinal de um indivíduo saudável e de um indivíduo celíaco.

Fonte: <https://celiac.org/celiac-disease/understanding-celiac-disease-2/what-is-celiac-disease/>

As respostas imunológicas causadas após a ingestão de glúten, efeito tóxico, por pessoas suscetíveis estão relacionadas as proteínas formadoras de glúten e suas proteínas homólogas nos cereais: trigo (gliadina), centeio (secalina), cevada (hordeína) e aveia (avenina) (Shewry e Halford, 2002). Alto teor de aminoácidos de glutamina e prolina é uma característica comum nestas proteínas (Wieser e Koehler, 2008), como resultado, as proteínas formadoras de glúten não são digeridas completamente, a qual permanece intacta ao processo de digestão intestinal (Botelho, 2012).

Estas proteínas estão envolvidas na formação da rede de glúten durante a mistura da massa do pão. Estudos mostraram que a fração prolamina (prolina e glutamina), consistindo de gliadinas, é o componente mais tóxico das proteínas do trigo. A toxicidade das gluteninas é classificada como não-

tóxica, fracamente tóxica ou não tão tóxica quanto as gliadinas (Wieser e Koehler, 2008).

Os cereais, principalmente o trigo, devido a suas características próprias e também pela frequência com que é ingerido, tornou-se responsável por um número crescente de reações de intolerância. A ingestão de trigo foi reconhecida pela primeira vez como causa da Doença Celíaca por Willem Karel Dicke em 1950. O único tratamento disponível para os doentes celíacos é uma dieta restrita sem glúten, ou seja, a exclusão do consumo diário de produtos como massas, pães, bolos, bolachas, cervejas (Cesar *et al.*, 2006). Dessa forma, é necessário um cuidado relativo a contaminação de alimentos com proteínas de trigo, aveia, centeio e cevada, pois este fato pode ser suficiente para desencadear sintomas graves (Matsumoto e Miyazaki, 2004).

Afim de facilitar e transmitir maior confiança aos doentes celíacos em 2009 surgiu o regulamento (CE) nº 41/2009 relativo à composição e rotulagem dos géneros alimentícios adequados a pessoas com intolerância ao glúten, que afirma que todos os géneros alimentícios industrializados que tenham como objetivo responder às necessidades das pessoas com intolerância ao glúten deverão conter obrigatoriamente no rótulo, as inscrições “*teor muito baixo de glúten*” ou “*isento de glúten*”, conforme o caso. Para fins de rotulagem, um produto só pode conter a inscrição «isento de glúten» se o teor de glúten não for superior a 20 mg/kg ou 20ppm no alimento. Além disso, a colocação do selo da Associação Portuguesa dos Celíacos (Figura 2) nos produtos isentos de glúten contribuem para uma maior confiança por parte dos consumidores.



Figura 2 – Selo da Associação Portuguesa dos Celíacos.

Fonte: APC, 2018.

2.2 Glúten

O glúten é definido como um complexo proteico formado após adição de água e energia mecânica à farinha de trigo, nesse processo há a remoção do amido e outros componentes solúveis em água. Das proteínas totais do trigo, 15% correspondem a globulinas e albuminas (não formadoras de glúten) e 85% à gliadina e glutenina (formadoras de glúten) (Araújo *et al.*, 2010). A relação entre gliadina e glutenina é um dos fatores determinantes para a reologia da massa, portanto, uma relação ótima entre gliadina e glutenina resulta na formação de uma rede de polímeros, que confere propriedades viscoelásticas únicas à massa (Johansson *et al.*, 2004). O único cereal que apresenta gliadina e glutenina em quantidade adequada para formar o glúten é o trigo. No entanto, essas proteínas podem ainda estar presentes em outros cereais, como cevada (hordeína), centeio (secalina) e aveia (avenina) (Araújo *et al.*, 2010)

A gliadina que se apresenta em uma estrutura de cadeia simples, como ilustrado na Figura 3,

é solúvel e possui alta extensibilidade e baixa elasticidade, é portanto, responsável pela viscosidade da massa. A glutenina, por sua vez, é formada por várias cadeias ligadas entre si, é insolúvel e possui baixa extensibilidade e alta elasticidade, fornecendo a massa a propriedade de resistência à extensão. Juntas, essas proteínas desenvolvem um sistema de massa viscoelástica (Wieser e Koehler, 2008).

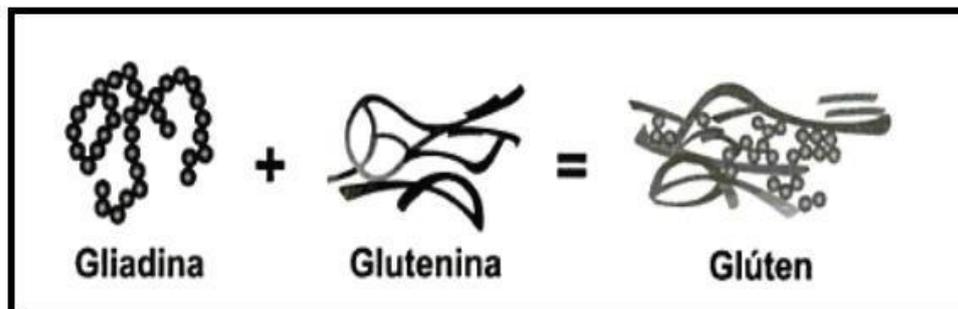


Figura 3 – Formação do glúten.

Fonte: Araújo *et al.*, 2010.

2.3 Alternativas ao glúten em panificação

As expectativas dos consumidores para pão sem glúten são muito influenciados pelos atributos dos pães tradicionais. O glúten desempenha um papel essencial na panificação, pois é o responsável pela formação de uma massa coesa, extensível e viscoelástica, capaz de reter o gás produzido durante a fermentação. Por esse motivo, o desenvolvimento de pão sem glúten tem sido um grande desafio para os investigadores (Singh e MacRitchie, 2001). Geralmente, os pães sem glúten são obtidos a partir de uma receita complexa, resultante da combinação de arroz e milho (Brites *et al.*, 2010), amido e farinha, além de proteínas, fibras, gorduras, hidrocolóides e enzimas específicas e apresentam características de massas pegajosas, pouco coesas e elásticas, o que resulta em pães com miolo compacto, reduzida porosidade, baixo volume e textura desintegrada (Sciarini *et al.*, 2010).

Este fato dificulta a obtenção de pão de alta qualidade sem a presença de glúten, e diferentes abordagens têm sido investigadas tendo em vista melhorar a qualidade do pão sem glúten. Alguns autores na tentativa de melhorar as características do pão, compararam o efeito de diferentes hidrocolóides nas formulações de pão sem glúten (Lazaridou *et al.*, 2007; Mezaize *et al.*, 2009). A utilização de hidrocolóides na panificação tem por objetivo melhorar as características viscoelásticas da massa através da criação de uma rede semelhante ao glúten capaz de reter CO₂ e conseqüentemente apresentar características texturais finais mais aceitáveis (Botelho, 2012). Alguns estudos investigaram a utilização de diferentes hidrocolóides tais como alginato de sódio, k-carragenato, goma xantana e hidroxipropilmetilcelulose, na busca por resultados reológicos finais mais aceitáveis (Botelho, 2012).

Outro fator negativo relacionado a alguns produtos isentos de glúten é o fato de serem produzidos a partir de matérias prima não enriquecidas / fortificadas. Assim, ocorre uma inadequação na dieta de indivíduos com doença celíaca, especialmente no que diz respeito à ingestão de fibras e micronutrientes (Thompson, 2000). Este fato decorre da utilização, em alguns casos, de farinhas refinadas ou amidos para promover a consistência dos alimentos, o que resulta em prejuízos quanto

ao consumo de fibras e outros nutrientes essenciais para a manutenção da saúde (Gallagher *et al.*, 2004).

O desenvolvimento de produtos de panificação isentos de glúten envolve a utilização de ingredientes e aditivos com o intuito de aproximar-se das características viscoelásticas das massas de pão tradicional, obtendo assim maior qualidade. Para superar esse desafio, as formulações de pão sem glúten incorporam uma gama de farinhas de cereais (arroz), pseudocereais (quinoa) ou farinhas de leguminosas (grão de bico, alfarroba, bolota, tremçoço); amidos de milho, e ingredientes como proteínas, hidrocolóides, emulsificantes e encurtadores que melhoram suas propriedades sensoriais, prazo de validade, mas também levam a um aumento do preço final (Miñarro *et al.*, 2012), afim de fazer a substituição total da farinha de trigo por aquelas conhecidas como “gluten free” (Canella-Rawls, 2003).

Diversas indústrias desenvolveram produtos com base em amido para que os produtos denominados “sem glúten” possam suprir a necessidade daqueles indivíduos que sofrem de alergias dietéticas devido ao glúten (Cauvain e Young, 2015).

Atendendo ao facto de o pão ser um elemento de elevado consumo, tendo por isso associado um mercado de elevado interesse económico, nos últimos anos têm sido desenvolvidos diversos trabalhos de investigação relacionados o desenvolvimento de produtos sem glúten concentram-se principalmente na elaboração de pães (Gujral *et al.*, 2003; Kiskini *et al.*, 2007; Schober *et al.*, 2007; Song e Shin, 2007; Marco e Rosell, 2008; Alvarez-Jubete *et al.*, 2010a; Clerici *et al.*, 2009; Mezaize *et al.*, 2009; Onyango *et al.*, 2009; Zandonadi *et al.*, 2009; Alvarez-Jubete *et al.*, 2010b; Brites *et al.*, 2010; de la Barca *et al.*, 2010; Demirkesen *et al.*, 2010; Onyango *et al.*, 2010; Schoenlechner *et al.*, 2010; Sciarini *et al.*, 2010; Torbica *et al.*, 2010; Vallons *et al.*, 2010; Wronkowska *et al.*, 2010; Peressini *et al.*, 2011; Riemsdijk *et al.*, 2011; Sakač *et al.*, 2011; Cappa *et al.*, 2013; Hager e Arendt, 2013; Hera *et al.*, 2013; Mahmoud *et al.*, 2013; Mariotti *et al.*, 2013; Martínez *et al.*, 2013; Storck *et al.*, 2013; Wronkowska *et al.*, 2013; Ziobro *et al.*, 2013; Pongjaruvat *et al.*, 2014). Em todos os casos, as matérias-primas utilizadas com maior frequência são farinhas de arroz e de milho.

2.4 Hidrocolóides na panificação

Os hidrocolóides são polissacáridos obtidos de fontes naturais ou sintéticos, que possuem cadeias longas capazes de formar dispersões e/ou géis quando em contato com a água. Este fato se dá devido ao grande número de grupos hidroxilo presentes, o que torna estes compostos hidrofílicos (Sahae e Bhattacha, 2010). Suas características químicas, físicas permitem modificar as propriedades sensoriais dos alimentos, influenciando diretamente, e com efeitos significativos, o sabor e a sensação na boca (Phillips e Williams, 2009).

Estes aditivos foram encontrados pela primeira vez em exsudatos de árvores ou arbustos, extratos de plantas ou algas, farinhas de sementes ou grãos e muitos outros produtos naturais (Dickinson, 2003). Atualmente algumas pesquisas tem sido desenvolvidas com o intuito de melhorar a qualidade final dos produtos sem glúten através do desenvolvimento de novas técnicas e da adição de hidrocolóides (Botelho, 2012; Houben *et al.*, 2012).

A influência do hidrocolóide sobre a reologia da massa de pão está diretamente relacionada

com seu comportamento químico-físico (massa, estrutura molecular, comprimento da cadeia, concentração e modificações químicas), escolha das farinhas e outros ingredientes da receita, como também dos processos de preparo (Phillips e Williams, 2009). Os hidrocolóides, na preparação de produtos de panificação, são utilizados para criar uma rede semelhante à rede formada pelo glúten. Quando adicionados à massa de pão são capazes de aumentar a retenção de CO₂ e conseqüentemente melhorar as características texturais do produto final. Esta melhora está relacionada a algumas propriedades dos hidrocolóides tais como viscoelasticidade, retardo da retrogradação do amido e melhora da retenção de humidade devido a sua capacidade hidrofílica (Botelho, 2012).

Os hidrocolóides são usados também no desenvolvimento de alimentos saudáveis, pois fornecem fibras alimentares de baixo teor calórico (Viebke *et al.*, 2014; Chawla e Patil, 2010).

2.5 Hidroxi-metil-propil-celulose e carboxi-metil-celulose: WELLENCE™ Gluten Free

O WELLENCE™ Gluten Free é constituído a base celulose e não contém glúten. Trata-se de um produto comercial - DOW®, correspondendo a uma mistura de hidroxi-metil-propil-celulose (HPMC) e carboxi-metil-celulose (CMC). Possui a capacidade de absorção de água e estrutura similar ao glúten, minimizando os efeitos no sabor, estrutura e humidade. WELLENCE™ Gluten Free permite um manusear adequado da massa, evita a superexpansão e o colapso do pão durante o cozimento, controla a estrutura e o volume do miolo e permite a permanência da umidade (Dow Pharma e Food Solutions, 2018).

O estabilizador sem glúten WELLENCE™ é utilizado em formulações de produtos alimentícios sem glúten, oferecendo uma gama de soluções, reposição de glúten, bem como substituem a capacidade de proteção da bolha, a capacidade estrutural do glúten sem comprometer a textura, estrutura e frescor / vida de prateleira. WELLENCE™ Gluten Free garante que bolos e pães atinjam a forma e o volume desejados, formando uma textura glutinosa durante a mistura, que arrasta o ar para a massa, diminuindo as perdas de umidade e reduzindo a secagem do produto durante o prazo de validade.

A velocidade da mistura na preparação das massas de pão é um fator determinante das características finais dos pães. Velocidades de processamento elevadas aumentam a quantidade das células de ar, enquanto que velocidades lentas permitem uma incorporação adequada de ar.

Durante o cozimento, o WELLENCE™ forma um gel reversível (termofixável), formado durante o processo de cozimento entre 70 e 75 °C e criando a estrutura necessária para manter o volume que é construído durante o processo de cozimento. No final do cozimento e após o resfriamento da estrutura de gel de amido formado, impede o colapso do pão (Dow Pharma e Food Solutions, 2018). As principais características deste ingrediente estão resumidas na Tabela 1.

O WELLENCE™ Gluten Free é testado pela Dow Pharma Food Solutions (Figura 4) para garantir que não haja glúten abaixo dos limites regulatórios aplicáveis.

Tabela 1 – WELLENCE™ Gluten Free.

Propriedades	Benefícios
Fornecimento de dióxido de carbono para as células, liberado pelo fermento.	Aumento do volume e estrutura de migalhas uniformes.
Forma um gel durante o cozimento que imita capacidade de glúten para construir rede estrutural.	Ajuda a reter o volume durante cozimento e evita o colapso durante cozimento e refrigeração.
Ligar a água durante a preparação da massa e assamento.	Facilitar a humidade do produto cozido contribuindo para a vida de prateleira e qualidade.

Fonte: Dow Pharma e Food Solutions (2018).

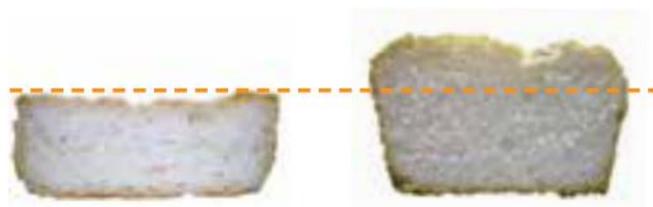


Figura 4 – Comparações de volume de pão sem glúten assado com goma xantana (esquerda) e com WELLENCE™ (à direita).

Fonte: Dow Pharma e Food Solutions (2018).

2.6 Amido na panificação

Para a substituição à farinha de trigo, o uso de amido é recomendado para promover características funcionais. O amido é um polissacarídeo constituído de duas formas poliméricas de glicose: amilose, que é essencialmente linear, e a amilopectina, uma molécula altamente ramificada (Fitzgerald *et al.*, 2009). As proporções em que essas estruturas aparecem influenciam na viscosidade e no poder de geleificação do amido. A amilose é a fração do amido que se apresenta mais viscosa, é solúvel em água e facilita a formação de géis em função da sua estrutura em forma helicoidal. A amilopectina se apresenta menos solúvel e tem um papel limitado na formação de géis (Damodaran *et al.*, 2010). A amilopectina tem um papel essencialmente estrutural, sendo responsável pela formação estrutural do grânulo. Quanto à amilose, encontra-se localizada entre as cadeias da amilopectina e aleatoriamente entremeada entre as regiões amorfas e cristalinas (Tester *et al.*, 2004).

O amido apresenta grande importância industrial e nutricional. Encontra-se amplamente distribuído em diversas espécies vegetais, como carboidrato de reserva, sendo abundante em cereais, raízes e tubérculos. É a fonte mais importante de carboidratos na alimentação humana, representando 80-90% de todos os polissacarídeos da dieta e o principal responsável pelas propriedades tecnológicas que caracterizam grande parte dos produtos processados (Walter *et al.*, 2008).

Nos produtos de panificação é muito importante compreender o comportamento do amido. Quando a massa é primeiramente misturada, os grânulos de amido absorvem água, uma vez no forno os grânulos de amido gelatinizam e a estrutura viscoelástica formada torna-se numa estrutura

esponjosa pela ruptura e dispersão dos grânulos do amido. Após a cozedura, quando o gel de amido é arrefecido, ocorre um realinhamento das moléculas de glicose, especialmente da amilose, observando-se o aumento de rigidez do produto. A este fenómeno chama-se retrogradação do amido, que resulta num aumento da consistência final, no caso da panificação é também responsável pelo endurecimento de todos os produtos à base de amido. A compreensão da retrogradação do amido é bastante relevante devido ao seu impacto sobre a textura de produtos de panificação, onde a perda de frescura no armazenamento, especialmente do sabor, é acompanhado por um inevitável endurecimento do miolo e uma perda de umidade (Damodaran *et al.*, 2010; Araujo *et al.*, 2009).

Os amidos mais usados na panificação sem glúten são amido de milho e fécula de batata. No entanto, esses amidos possuem potencial mínimo de construção de estrutura e, portanto, são frequentemente utilizados junto com proteínas e hidrocolóides (Capriles e Arêas, 2014).

2.5 Farinhas Alternativas

Há um crescente interesse por produtos sem glúten, envolvendo principalmente a incorporação de amidos, proteínas de diferentes fontes vegetais, animais e hidrocolóides em uma base de farinha livre de glúten, com o objetivo de imitar as propriedades do glúten (Lazaridou *et al.*, 2007; Nunes *et al.*, 2009).

As leguminosas são importantes fontes de proteínas alimentares. Elas contêm quantidades elevadas de lisina, leucina, ácido aspártico, ácido glutâmico e arginina, e fornecem perfis de aminoácidos essenciais bem equilibrados quando consumidos com cereais e outros alimentos ricos em triptofano e aminoácidos contendo enxofre. Os benefícios associados às leguminosas, juntamente com o aumento de pacientes celíacos, leva ao seu estudo como uma alternativa às farinhas comuns para a preparação de produtos sem glúten (Miñarro *et al.*, 2012). O enriquecimento com farinhas de leguminosas é um meio eficaz para melhorar a qualidade nutricional dos alimentos à base de cereais: sabe-se bem que a composição de aminoácidos das leguminosas é complementar à de cereais (Boye *et al.*, 2010), e eles também são ricos em compostos bioativos, tais como fibras e fitoquímicos (Asif *et al.*, 2013).

As propriedades funcionais das proteínas de leguminosas, como farinha de grão de bico (*Cicer arietinum* L.), farinha de sementes de alfarroba (*Ceratonia siliqua* L.), farinha de bolota (*Quercus robur*), farinha de tremçoço (*Lupinus albus*), assim como farinha de arroz (*Oryza sativa* L.), farinha de castanha (*Castanea sativa*) e farinha de quinoa (*Chenopodium quinoa*), têm sido utilizadas na elaboração e desenvolvimento de produtos panificados sem glúten (Hera *et al.*, 2013; Martinez *et al.*, 2014; Tsatsaragkou *et al.*, 2012, Tsatsaragkou *et al.*, 2014; Demirkesen *et al.*, 2014; Sciarini *et al.*, 2010; Sciarini *et al.*, 2012).

A tabela 2 apresenta a composição nutricional das farinhas estudadas no presente trabalho.

Tabela 2 – Composição nutricional das farinhas em estudo (g/100gr).

	Alfarroba	Arroz	Bolota	Castanha	Grão de Bico	Quinoa	Tremoço
Valor energético (kcal)	300	347	387	324	332	353	369
Proteína (g)	4,2	6,7	6,2	5,1	19,0	14,0	41,0
Hidratos de Carbono (g)	49,0	78,1	40,8	70,0	54,5	57,0	38,0
Lípidos (g)	0,6	0,4	23,9	2,0	5,0	6,0	7,0
Fibra Alimentar (g)	39,8	2,1	<i>n.d.</i>	11,3	13,5	7,0	2,0
Humidade (g)	3,2	13,9	27,9	9,9	8,0	13,3	12,0

Fonte: Rótulos das farinhas existentes no mercado.

2.5.1 Alfarroba

A alfarroba é o fruto da alfarrobeira (*Ceratonia siliqua* L.), uma árvore perene pertencente à família Leguminosae, que cresce espontaneamente e é cultivada em toda a região do Mediterrâneo, sendo considerada um importante componente da vegetação por razões econômicas e ambientais (Batlle e Tous, 1997). Farinha de alfarroba podem ser obtida a partir das duas partes principais: a polpa e as sementes. Vagens e sementes são usadas como matéria-prima nas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética (Batlle e Tous, 1997; Wang *et al.*, 2001).

A alfarroba também pode ser usado como fonte de proteína, aumentando o valor nutricional geral dos produtos sem glúten, incluindo sua quantidade de fibras. A farinha de semente de alfarroba contém menos fibras solúveis (cerca de 40%), mais fibras insolúveis (25%) e mais proteínas (10%) do que a mesma farinha refinada. Essas proteínas, denominadas caroubins, apresentam propriedades viscoelásticas semelhantes às do glúten (Smith *et al.*, 2010). O teor de proteína da farinha de alfarroba obtida a partir de sementes é maior do que o observado para outros grãos como feijão-fava (*Vicia faba* L.), ervilha (*Pisum sativum* L.) e soja (*Glycine max* Merr). As sementes de alfarroba são ricas em polifenóis, fibras e apresentam ação antioxidante. A vagem sem sementes pode ser moída em farinha (Yousif e Alghzawi, 2000) e usada como substituto de chocolate ou cacau (Durazzo *et al.*, 2014). A farinha de germe é usada para suplementos dietéticos para humanos (Dakia *et al.*, 2007), ou como um ingrediente em alimentos derivados de cereais para pessoas celíacas (Smith, 2010).

Farinha de alfarroba contém quantidades elevadas de fibra dietética, micronutrientes, principalmente caroubin, a proteína encontrada na alfarroba, fortalece a massa produzida (Tsatsaragkou *et al.*, 2012). Seu potencial como ingrediente alimentar é alto e pode ser considerado um concorrente de baixo custo para outras proteínas alimentares, como proteínas lácteas ou de soja (Bengoechea *et al.*, 2008). Além disso, os produtos sem glúten são significativamente mais caros do que os padrões, o pão sem glúten pode ter um custo 360% maior do que um pão padrão (Singh *et al.*,

2011). Assim, os concorrentes de ingredientes de baixo custo criam novas oportunidades de exploração, nesta direção, é uma abordagem interessante misturar a farinha de alfarroba com outros tipos de farinhas, como a farinha de arroz, considerando que o uso de farinha de alfarroba em produtos sem glúten é até agora limitado (Tsatsaragkou *et al.*, 2012).

Tsatsaragkou e colaboradores (2014), desenvolveram pão sem glúten contendo farinha de alfarroba e amido resistente (RS). A adição da farinha de alfarroba aumentou o teor de água necessário para o processo de fabricação de pão, mas não afetou significativamente nenhum dos parâmetros estruturais e texturais medidos. O aumento da quantidade de água diminuiu a firmeza do miolo e contribuiu para o desenvolvimento de uma estrutura celular aberta e fragmentada. O uso de farinha de alfarroba e RS constitui uma abordagem promissora na produção de formulações ricas em fibras, com características de alta qualidade, a fim de suprir a deficiência populacional da ingestão de fibra alimentar.



Figura 5 – Semente, Vagem e Farinha de Alfarroba (*Ceratonia siliqua* L).

Fonte: <http://www.greenstore4u.com/alfarroba/>

A incorporação de farinha de alfarroba em pão ou outros produtos de panificação induz uma alteração acentuada da cor, ficando mais escuros, especialmente para níveis de incorporação elevados. Para além disso, tendo em conta o elevado teores de açúcares livres presentes na farinha, os produtos resultantes apresentam um sabor adocicado. Deste modo, a otimização dos teores máximos de farinha a incorporar tem de ser otimizada tendo em conta o impacto na estrutura do pão, mas também na cor e sabor.

2.5.2 Arroz

O arroz é o segundo cereal de maior produção e consumo no mundo, sendo a base da alimentação de dois terços da população mundial (FAO, 2018). Em Portugal, assume elevada importância na alimentação, uma vez que o consumo *per capita* ronda os 16 kg, muito acima da média europeia de 6kg (BAP, 2017). O arroz constitui uma fonte importante de energia, devido à alta concentração de amido, fornecendo também proteínas, fibras, minerais e lipídios (Walter *et al.*, 2008). O amido é o componente principal do arroz, responsável pelas propriedades, funcionalidade do grão, tais como o sabor suave, o fato de ser hipoalergénico e apresentar uma boa digestibilidade (Naves, 2007; Wani *et al.*, 2012). Rico

em aminoácidos tiamina (B1), riboflavina (B2) e niacina (Naves, 2007). Os minerais mais comuns no arroz são o fósforo, potássio e magnésio (Walter *et al.*, 2008).

Preferencialmente consumido em forma de grão, no processamento de arroz produzem-se cerca de 60% de grãos inteiros, 10% de grãos partidos (trincas), 20% casca e 10% de farelo, dependendo da qualidade dos grãos de arroz e equipamentos utilizados. Segundo o Decreto-Lei nº 62/2000 de 19 de Abril, os grãos partidos (trincas) são separados dos grãos inteiros de acordo com a qualidade, as trincas separadas por tamanho, dependendo da sua utilização final, loteamento de arroz, farinhas, bebidas fermentadas, entre outros produtos (Pallarés *et al.*, 2007). A farinha é produzida a partir da moagem da trinca de arroz e apresenta praticamente todos os constituintes nutricionais contidos na matéria-prima que lhe deu origem, à exceção do teor de humidade (Clerici *et al.*, 2009).

Farinha de arroz tem sido amplamente utilizada para o desenvolvimento de produtos sem glúten por ser um substituto seguro do trigo para celíacos, apresentar sabor suave, cor branca, conteúdo de carboidratos facilmente digeríveis, baixos níveis de prolamina e sódio, e propriedades hipoalergênicas (Renzetti e Rosell, 2016). Além disso é um ingrediente relativamente barato, que resulta da valorização de um subproduto - trinca (Hager, 2013). A farinha de arroz é uma das farinhas de cereais mais adequadas para preparação de produtos sem glúten (Sciarini *et al.*, 2010). Dessa maneira, nos últimos anos têm sido desenvolvidos numerosos produtos em que o arroz é adicionado como um ingrediente, tais como, os produtos de panificação.

Hera e co-autores (2013) analisaram a influência das propriedades da farinha - tipo de arroz, o tamanho das partículas, teor de água da massa utilizada na fabricação de pão sem glúten na qualidade de pães. As farinhas obtidas a partir de arroz de grão curto produziram pães com maiores volumes específicos e menor firmeza nos pães com 80 g de água por 100 g de farinha. Nos pães com 110 g de água por 100 g de farinha, o tipo de arroz utilizado teve maior efeito sobre a textura do que sobre o volume específico dos pães.

No entanto, apesar de suas vantagens, as proteínas do arroz têm propriedades funcionais deficientes, quando a farinha de arroz é utilizada como o único ingrediente para a produção de pães, torna-se necessário recorrer a novas técnicas de processamento a fim de estruturar o produto final, uma vez que a ausência do glúten apresenta um obstáculo, o dióxido de carbono produzido pela levedura não é aprisionado, assim, os pães sem glúten não têm a textura dos produtos feitos com farinha de trigo, resultando em uma textura mais seca (Martí *et al.*, 2011; Cabrera *et al.*, 2012; Barbiroli *et al.*, 2013).

Muitas formulações de pão sem glúten, à base de arroz, contêm hidrocolóides. A adição de fibras alimentares com propriedades de formação de estruturas podem ser altamente relevantes na preparação de produtos à base de cereais sem glúten, onde é estritamente necessário usar agentes estruturais para reconstruir a rede de proteínas (Sciarini, *et al.*, 2010).

A incorporação de proteínas em pães isentos de glúten apresenta outra alternativa interessante, visto que a sua utilização além de melhorar significativamente a textura destes produtos contribui para o enriquecimento nutricional, uma vez que os alimentos para celíacos normalmente são pobres nestes constituintes, as proteínas do arroz têm propriedades funcionais relativamente fracas, que podem ser aumentadas em combinação com outras proteínas. As proteínas de origem vegetal são amplamente utilizadas, encontradas no mercado na forma de farinha, concentrado ou isolado proteico.

Neste contexto, vários estudos tem sido realizados (Miñarro *et al.*, 2012; Friberg *et al.*, 2005; Sozer, 2009; Marti *et al.*, 2013) onde já foi verificada uma melhoria na textura da massa, com a incorporação de proteínas.



Figura 6 – Arroz e seu subproduto: farinha.

Fonte: <http://glutenfree.pt/ingredientes/farinhas-flocos-e-fermentos/farina-de-arroz-integral>

2.5.3 Bolota

A bolota é o fruto produzido pelas árvores da família das Fagáceas (género *Quercus*), que inclui cerca de 450 espécies a nível mundial que crescem em regiões temperadas e subtropicais do hemisfério norte. Portugal tem uma grande área dessas árvores, que são utilizadas com diversos fins, mas os seus frutos são pouco valorizados. Atualmente, uma pequena percentagem é usada em alimentação animal, mas já foram amplamente utilizadas como alimento (INE, 2013), por essa razão, espera-se melhorar o conhecimento do sistema alimentar atual, aumentando o consumo de alimentos silvestres, muitas vezes subvalorizados, de maneira que estas novas alternativas consigam dar resposta à tendencial escassez de alimentos (Spiertz, 2010). Nesse sentido os alimentos provenientes das florestas, incluindo as bolotas, contribuem para melhorar a disponibilidade alimentar, a população tem acesso a alimentos seguros, nutritivos que satisfaçam uma dieta essencial, promovendo uma vida ativa, saudável, de maneira sustentável, a custos reduzidos (Grunert *et al.*, 2014; Vinceti *et al.*, 2013; WSFS, 2009), especialmente para o público de celíacos. Assim, as bolotas passam ser valorizadas devido a sua composição nutricional e riqueza em compostos bioativos para além de economicamente rentável (Jamnadass *et al.*, 2011; Powell *et al.*, 2011).

Devido à alta variabilidade do género, as bolotas *Quercus* diferem na composição química, dependendo da espécie. Pode-se dizer que 31-55% de sua massa é composta por amido, 2,75-8,44% de proteína (com composição vantajosa de aminoácidos e alto conteúdo de aminoácidos essenciais, especialmente para adultos), 0,7-9% de gordura (embora em algumas espécies possa exceder 31%). O óleo presente em bolotas tem um sabor comparável ao do azeite e contém altos níveis de ácidos gordos insaturados (mesmo acima de 80%), principalmente ácidos oléico e linoleico, 10,2-65% e 17,6-49,1%, respectivamente (Charef *et al.*, 2008; Özcan, 2006). As bolotas também são uma boa fonte de minerais e compostos biologicamente ativos com um status antioxidante (Özcan, 2006; Rakić *et al.*, 2006).

O consumo de bolotas, especialmente como farinha, remonta ao século XIV, tradicionalmente são usadas na região do Mediterrâneo em receitas de pão e bolos (Korus *et al.*, 2015) respondendo a objetivos de inovação e valorização de produtos nacionais.

Correia *et al.*, (2013) consideraram as bolotas uma fonte promissora para a indústria alimentar devido à sua consistência associada a um elevado teor de amilose, com características fortes e elásticas, capazes de melhorar as texturas em pães. Além disso o uso da farinha de bolota na produção de pães sem glúten pode aumentar significativamente os seus valores nutricionais, adicionando aminoácidos essenciais, vitaminas e fibra dietética (Korus *et al.*, 2015; Kasarda, 2013), considerando que os produtos sem glúten são caracterizados como de baixo valor nutricional.

Korus *et al.*, (2015) estudaram o efeito da substituição de uma formulação sem glúten, à base de amido com farinha de bolota, considerando níveis de substituição entre 20% e 60%. A farinha de bolota utilizada neste estudo continha quase 18,1% de fibras alimentares, a maioria insolúvel (14,5%). A incorporação da farinha de bolota afeta as propriedades reológicas da massa. O aumento das quantidades de substituição de farinha de bolota conduz a uma maior elasticidade. Os autores atribuíram esses efeitos ao aumento da capacidade de absorção de água da farinha de bolota, em relação à massa controle, assim o volume das moléculas hidratadas, interagindo sob o estresse aplicado na massa contendo bolota foi maior. Outra possível explicação poderia ser a presença de moléculas formadoras de estrutura não relacionadas com o amido, em farinha de bolota, interagindo com os polissacarídeos adicionados na formulação, melhorando as propriedades estruturais da massa. O volume de pão sem glúten aumentou, apenas para a adição de 20% de substituição de amido pela farinha de bolota em comparação com o pão de controle. O aumento consecutivo do nível de substituição originou a diminuição do volume do pão. Uma possível explicação poderia ser a formação de massa muito forte e rígida a partir da incorporação de grandes quantidades de farinha de bolota, devido ao aumento da capacidade de ligação à água que restringe a impermeabilização do pão. A dureza do miolo e a taxa de endurecimento dos pães foram significativamente afetadas pelo nível de substituição da bolota. A menor percentagem de adição de bolota levou a um miolo firme comparável ao pão controle, embora essa amostra exibisse a menor taxa de endurecimento durante o armazenamento.



Figura 7 – Farinha de Bolota.

Fonte: <https://www.woodlandtrust.org.uk/blog/2016/10/edible-acorns/>

A farinha de bolota e os seus subprodutos também podem vir a ser substitutos de vários produtos, geralmente mais caros, especialmente na forma de óleo e farinha. A parte comestível (miolo) e os seus resíduos (casca) também podem ser considerados como de grande valor para outros fins, incluindo formulações sem glúten, conforme referido anteriormente.

2.5.4 Castanha

A Castanha (*Castanea sativa* Mill.) é uma espécie que pertence à família Fagaceae (Género *Castanea*), fruto sazonal muito consumido em Portugal (Carocho *et al.*, 2012). O fruto do castanheiro, a castanha, desde sempre teve grande importância a nível nacional, sendo a base da alimentação antes do aparecimento e expansão da cultura da batata e do cereal (Borges *et al.*, 2007). Hoje em dia, para além da sua importância na alimentação humana, tem também grande impacto económico frente a diminuição da rentabilidade de outras culturas e a fraca exigência em respeito a produção (Silva *et al.*, 2011). A indústria de processamento de castanha utiliza principalmente o fruto (castanha) para o fim alimentar, sendo os outros produtos vegetais (folhas, cascas e ouriços) considerados subprodutos. No processamento da castanha, por exemplo na forma congelada, são originadas quantidades apreciáveis de subprodutos (castanha partida e de baixo calibre) que pode ser transformada em farinha. Essa farinha tem uma composição nutricional muito interessante e pode estar na base do desenvolvimento de produtos de valor acrescentado.

A castanha é um fruto isento de glúten e por esse motivo, nos últimos anos, a farinha de castanha recebeu cada vez mais atenção devido aos seus benefícios para a melhoria do pão sem glúten. Esta farinha é considerada uma importante fonte de energia, devido ao elevado teor em amido, hidratos de carbono, sais minerais, contém ainda aminoácidos essenciais (4-7%), fibra dietética (4-10%), baixa quantidade de gordura (2-4%) também vitamina E, potássio, fósforo e magnésio (Sacchetti *et al.*, 2004). Possui ácidos gordos polinsaturados, como o ácido oleico, linoleico e palmítico, associados à prevenção de doenças cardiovasculares (Livingstone *et al.*, 2013). A vitamina E, presente na castanha na forma de α -tocoferol, atua como antioxidante prevenindo o desenvolvimento de doenças neurodegenerativas (Barreira *et al.*, 2010). Obtida através da moagem de castanha pilada, a farinha apresenta-se fina, clara e com pontos acastanhados, tendo como inconveniente a capacidade de absorver água facilmente, dificultando assim a sua conservação (Silva *et al.*, 2011).

Paciulli *et al.*, (2016) estudaram os efeitos da adição de farinha de castanha a duas misturas comerciais sem glúten para a produção de pães tecnologicamente e nutricionalmente melhorados. Os autores descobriram que a adição de farinha de castanha influenciou negativamente as características dos pães logo após a cozedura e durante o armazenamento, mas permitiu melhorar a capacidade antioxidante total e o teor de fibra.

Aguilar *et al.*, (2015) estudaram massa de farinha de castanha fermentada espontaneamente, avaliaram seu efeito em pães sem glúten à base de amido de milho e farinha de castanha durante sete dias de armazenamento. A massa de farinha de castanha melhorou o volume específico do pão, provocou redução da dureza do miolo no dia 0 e 7, e reduziu o pH. No entanto, a massa de farinha de castanha não teve efeito sobre o crescimento de bolores e leveduras durante 7 dias de armazenamento

de pães e não influenciou as características sensoriais percebidas pelos consumidores.

Atualmente, já é possível encontrar no mercado pão sem glúten derivado da farinha da castanha, estando variados produtos semelhantes em fase de desenvolvimento (Demirkesen *et al.*, 2010).



Figura 8 – Farinha de Castanha.

Fonte: <http://justcooking.in/dictionary/chestnut-flour>

2.5.5 Grão-de-Bico

O Grão-de-bico é uma leguminosa do género (*Cicer arietinum* L.) de largo consumo em Portugal e em outros países mediterrânicos, com um tamanho de cerca de 1cm e cor amarelada (Produtos Tradicionais Portugueses, 2001). Rico em proteína, fibra alimentar, carboidratos, folato e minerais (Fe Mn) (Meng *et al.*, 2010). As propriedades funcionais da proteína do grão-de-bico proporcionam boas características de cozimento em pães sem glúten elaborados com farinha de grão-de-bico (Miñarro *et al.*, 2012, Mohammed *et al.*, 2012).

O Grão-de-bico é uma das mais importantes leguminosas presentes da dieta mediterrânea, superada apenas pelo feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), sendo produzido principalmente na Turquia, Índia, Austrália e Paquistão (FAOSTAT, 2013). Grão-de-bico pode ser consumido como grãos ou farinha. Durante o processamento, alguns grãos-de-bico são divididos ao meio e separados das sementes inteiras como subprodutos (Coşkuner e Karababa, 2004). Após a moagem, estas partes quebradas poderiam ser introduzidas em diferentes formulações de alimentos (por exemplo, produtos de panificação, sobremesas, sopas, etc.) como um ingrediente barato, sustentável e nutritivo.

Poucos estudos relacionados com a avaliação de massas contendo farinha de grão de bico sozinha ou misturada com outros ingredientes foram publicados (Aguilar *et al.*, 2015; Burešová *et al.*, 2017. Ouazib e colaboradores (2016) observaram que em geral, o processamento de grão de bico, tostagem e cozimento, levou a farinhas que poderiam ser usadas para a obtenção de pães sem glúten com as características nutricionais das leguminosas e características sensoriais aceitáveis.



Figura 9 – Farinha de Grão de Bico.

Fonte: <https://www.cookinglight.com/cooking-101/essential-ingredients/what-is-chickpea-flour>

2.5.6 Quinoa

A quinoa (*Chenopodium quinoa*) é uma cultura endêmica da região andina (Stikic *et al.*, 2012; Nascimento *et al.*, 2014; Iglesias-Puig *et al.*, 2015). Tem sido reconhecido como um grão muito nutritivo, devido à boa qualidade e quantidade de suas proteínas e ácidos graxos essenciais (Hager, 2013). O teor de aminoácidos essenciais também foi encontrado para ser maior do que a farinha de trigo (Stikic *et al.*, 2012); especialmente, a lisina (um aminoácido limitante para cereais) foi encontrada duas vezes mais alta que a farinha de trigo. De acordo com a base de dados de nutrientes do USDA (2014), a quinoa consiste em 14,1% de proteína, 6,07% de lipídio total (gordura), 64,2% de carboidrato e 7% de fibra alimentar. Estudos clínicos sobre o consumo de quinoa indicaram que a desnutrição infantil e o risco de doenças cardiovasculares (redução de triglicérides, LDL e colesterol) podem ser reduzidos e ajudar a modular parâmetros metabólicos (sintomas pós-menopausais) em mulheres com excesso de peso (Graf *et al.*, 2015). Além de boa composição nutricional, a quinoa não contém glúten, o que trouxe uma nova perspectiva para os produtos de panificação sem glúten.

Como a farinha de quinoa tem um alto teor de ferro não hemínico, sua incorporação nos produtos sem glúten é nutricionalmente benéfica. A farinha de quinoa é rica em açúcares (glicose e frutose relacionados com baixo índice glicêmico), fibra alimentar, ácidos gordos omega-3 e compostos polifenólicos, principalmente ácidos fenólicos e flavonóides (Pellegrini *et al.*, 2018). Trata-se de uma farinha que já apresenta uma utilização regular como ingrediente funcional (em termos de atividade antioxidante e controle de doenças) em produtos de panificação, especialmente direcionados para mercados de produtos dietéticos.



Figura 10 – Farinha de Quinoa.

Fonte: <https://sattvicfoods.in/product/gluten-free-quinoa-flour/>

2.5.7 Tremoço

O Tremoço (*Lupinus albus*) é uma leguminosa rica em proteína, fibra dietética, mas com menos energia que a farinha de trigo refinada (Kohajdová *et al.*, 2011). As sementes de tremoço também contêm carotenóides, fenólicos e possuem boa capacidade antioxidante (Wang *et al.*, 2008). A farinha é de cor amarelo pálido com um ligeiro sabor de feijão e a sua adição ao pão de trigo refinado reduz o índice glicêmico do pão (Kohajdová *et al.*, 2011). A adição de farinha de tremoço ao pão de farinha de trigo pode resultar em baixo volume de pão, textura do miolo, devido à ruptura da matriz do glúten pelas proteínas não elásticas do tremoço e alta absorção de água da fibra dietética (Turnbull *et al.*, 2005). As diferenças na composição aproximada da farinha de tremoço podem, com base nos resultados de outras farinhas de leguminosas, influenciar a distribuição do tamanho de partícula da farinha. Quaisquer diferenças no tamanho das partículas das farinhas podem, por sua vez, afetar o volume do pão, já que a diminuição do tamanho de partícula de substitutos de farinha de trigo refinado (farelo ou trigo integral) aumentou (Moder *et al.*, 1984) ou diminuiu (de Kock *et al.*, 1999) volume de pão. A variedade pode afetar os atributos chave da qualidade do pão do volume específico do miolo, estrutura celular e textura instrumental, uma vez que tem sido relatado que diferenças sutis na composição das farinhas de leguminosas podem afetar a reologia da massa e a qualidade do pão (Angioloni e Collar, 2012)

Existe um crescente interesse internacional no uso de farinha de tremoço em produtos de panificação, devido em parte ao seu estado não geneticamente modificado e baixo fitoestrógeno (Hall e Johnson, 2004; Jayasena e Quail, 2004). Estudos mostram que a substituição do trigo pela farinha de tremoço pode melhorar significativamente os teores de proteína e fibra alimentar do pão de trigo (Belski *et al.*, 2011; Hall e Johnson, 2004). Verificou-se que o perfil de aminoácidos do tremoço complementa o do trigo, uma vez que é mais elevado em lisina, mas menor em aminoácidos contendo enxofre (por exemplo, metionina). Portanto, a adição de farinha de tremoço em pão tem o potencial, não apenas de aumentar o teor de proteína, mas também de melhorar a qualidade da proteína do produto final (Duodu e Minnaar, 2011). No entanto, há uma falta de informação sobre a digestibilidade da proteína.

Alimentos contendo farinha de tremoço demonstraram potencial através de ensaios clínicos

para diminuir os fatores de risco para obesidade (Lee *et al.*, 2006), doença cardiovascular (Belski *et al.*, 2011) e problemas gastrointestinais (Hall e Johnson, 2004). O tremço também contém a proteína γ -conglutina, relatada como possuindo propriedades de redução da glicose sanguínea em estudos pós-prandiais em animais (Lovati *et al.*, 2012) e humanos (Bertoglio *et al.*, 2011).



Figura 11 – Farinha de Tremço.

Fonte: <http://www.lupinfood.eu/en/recepten>

3 Materiais e Métodos

3.1. Matéria-prima, aditivos e ingredientes

Numa primeira fase realizou-se um estudo de mercado com o intuito de recolher informações relativas às farinhas isentas de glúten que se encontram disponíveis no mercado português e o custo das mesmas, cujas características foram utilizadas como termo de comparação para os produtos a desenvolver.

Utilizou-se amido de milho cedido pela empresa Espiga, Wellence™ - HPMC + CMC cedido pela empresa Dow Pharma Food Solutions e a Farinha de Bolota cedido pela empresa Terrius. Os restantes dos ingredientes – farinha de arroz (espiga), farinha de alfarroba (próvida), farinha de castanha (próvida), farinha de grão-de-bico (próvida), farinha de quinoa (próvida), farinha de tremoço (próvida), levedura (fermento biológico sem glúten), sal, açúcar e óleo foram adquiridos no comércio local.

3.2. Elaboração dos pães

Foi preparada uma formulação Controle (amido de milho, farinha de arroz, óleo, açúcar, fermento, Wellence glúten free, sal e água) e formulações alternativas, com incorporação de farinha de quinoa, alfarroba, castanha, grão de bico, bolota e tremoço, substituindo em 50% ou 100% a farinha de arroz na da formulação Controle (Tabela 3).

Para a preparação das massas, os ingredientes foram misturados num processador (Bimby, Vorwerk, Germany), durante 8 minutos à temperatura ambiente. Posteriormente a massa obtida foi colocada numa forma retangular (com dimensões de 22,0 x 7,5 x 6,0 cm³), previamente untada com óleo de girassol e farinha de arroz. Procedeu-se à fermentação durante 45 minutos, em estufa com temperatura controlada a 40 °C. Após fermentação, a massa foi cozida num forno elétrico ventilado (Johnson A60), a 160 °C durante 45 minutos. De seguida, efetuou-se o arrefecimento dos pães numa grelha apropriada, num período de 2 horas, até à temperatura ambiente (cerca de 25 °C), para posterior corte e análise.

Tabela 3 – Formulações de pães sem glúten.

Ingredientes (g)	Formulações												
	Controle	FA50	FA100	FB50	FB100	FC50	FC100	FG50	FG100	FQ50	FQ100	FT50	FT100
Água	247,5	247,5	247,5	247,5	247,5	247,5	247,5	247,5	247,5	247,5	247,5	247,5	247,5
Amido de Milho	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225
Farinha de arroz	75	37,5	-	37,5	-	37,5	-	37,5	-	37,5	-	37,5	-
Óleo	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Açúcar	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Fermento	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Wellence™	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Sal	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
Farinha de Alfarroba	-	37,5	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Farinha de Bolota	-	-	-	37,5	75	-	-	-	-	-	-	-	-
Farinha de castanha	-	-	-	-	-	37,5	75	-	-	-	-	-	-
Farinha de grão-de-bico	-	-	-	-	-	-	-	37,5	75	-	-	-	-
Farinha de quinoa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37,5	75	-	-
Farinha de tremoso	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37,5	75

FA50 – 50% Farinha de Alfarroba; FA100 – 100% Farinha de Alfarroba; FB50 – 50% Farinha de Bolota; FB100 – 100% Farinha de Bolota; FC50 – 50% Farinha de Castanha; FC100 – 100% Farinha de Castanha; FG50 – 50% Farinha de Grão-de-bico; FG100 – 100% Farinha de Grão-de-bico; FQ50 – 50% Farinha de Quinoa; FQ100 – 100% Farinha de Quinoa; FT50 – 50% Farinha de Tremoso; FT100 – 100% Farinha de Tremoso.

3.3. Avaliação das características físicas do pão

3.3.1 Cor do miolo

As análises de cor foram determinadas no miolo dos pães, com recurso a um colorímetro marca Minolta®, modelo CR400, seguindo o sistema de cor no espaço $L^* a^* b^*$ ou CIELab, definido pela CIE (Comissão Internacional de Iluminação) em 1976, avaliando os valores L^* (luminosidade), a^* e b^* (coordenadas de cromaticidade).

Neste sistema a luminosidade é caracterizada pelo parâmetro L^* , com valores variando entre 0 (preto) a 100% (branco). Enquanto os valores expressos no eixo a^* representam as cores de verde ao vermelho, sendo que quanto mais o valor for negativo ($-a^*$), mais próximo de verde e quanto mais positivo ($+a^*$) for o valor, mais próximo do vermelho, já os valores expressos no eixo b^* representam as cores que variam de azul ao amarelo, sendo que quanto mais o valor for negativo ($-b^*$), mais próximo de azul e quanto mais positivo ($+b^*$) for o valor, mais próximo do amarelo.

A cor do miolo foi medida em quatro pontos equidistantes para o centro de cada fatia, das quais se representa a respetiva média e desvio padrão.

O espaço de cores segundo a CIE $L^*a^*b^*$ encontra-se representado na figura 12.

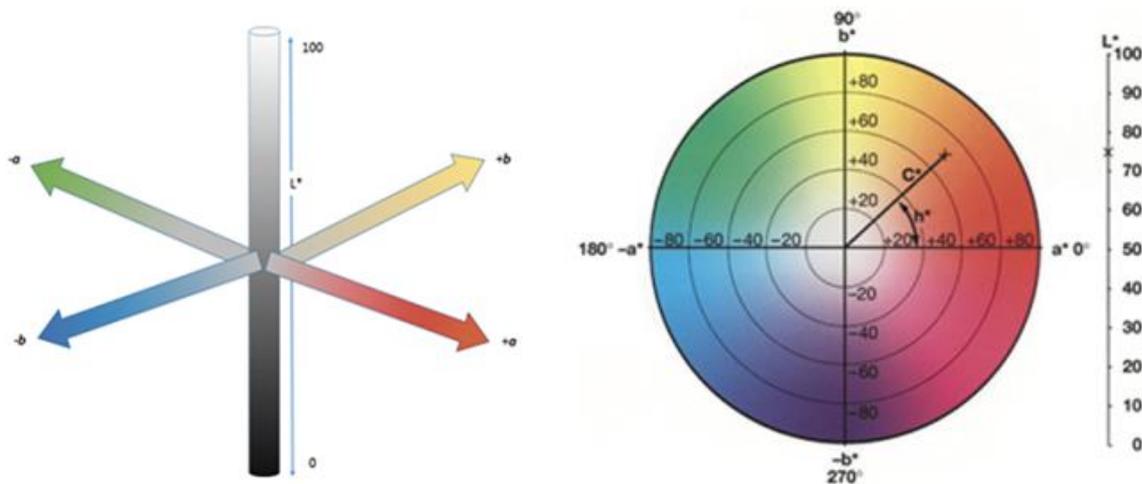


Figura 12 – Espaço de cor CIE $L^*a^*b^*$.

Fonte: <https://www.konicaminolta.com/br-pt/index.html>

3.3.2 Análise de Textura

A análise da textura da massa e do pão foi realizada em triplicado, com recurso a um texturómetro TA.XT2i.plus (Stable Micro Systems, UK) equipado com uma célula de carga de 5kg. Os testes de análise de perfil de textura (TPA) em modo de penetração (sonda com diâmetro inferiores à amostra) permitiram obter resultados que se relacionam com os atributos sensoriais das massas e do pão. O teste foi realizado com um intervalo de 5 segundos entre os dois, mimetizando o efeito de duas dentadas com cerca de 5 segundos de intervalo, para recuperação do material, a uma taxa de

deformação constante. Nos testes efetuados ao pão, foi utilizada uma probe P/25. Realizaram-se pelo menos 4 penetrações, com uma velocidade de 1 mm.s⁻¹, em cada fatia de pão, cortada com 2 cm de altura. Foram obtidos texturogramas de força versus tempo, a partir dos quais se determinaram os seguintes parâmetros: firmeza (N) e coesividade (adimensional) dos pães.

O texturômetro é um equipamento composto por um dinamômetro que fornece ao material em análise energia mecânica a taxa constante. Este equipamento, através de uma sonda, contacta com a amostra e deforma o alimento através de um processo de compressão, penetração ou tração. Pode realizar-se um teste com dois ciclos (duas dentadas), de modo a mimetizar as duas primeiras dentadas. Esse teste designa-se geralmente por teste de duas dentadas ou análise de perfil da textura (texture profile Analysis-TPA). Os valores da força obtidos durante o deslocamento da sonda em contacto com a amostra, são registados, obtendo-se um gráfico de força versus distância (texturograma), que permite avaliar a textura dos alimentos por compressão ou penetração. O texturograma também pode ser representado em termos de força versus tempo (Figura 13).

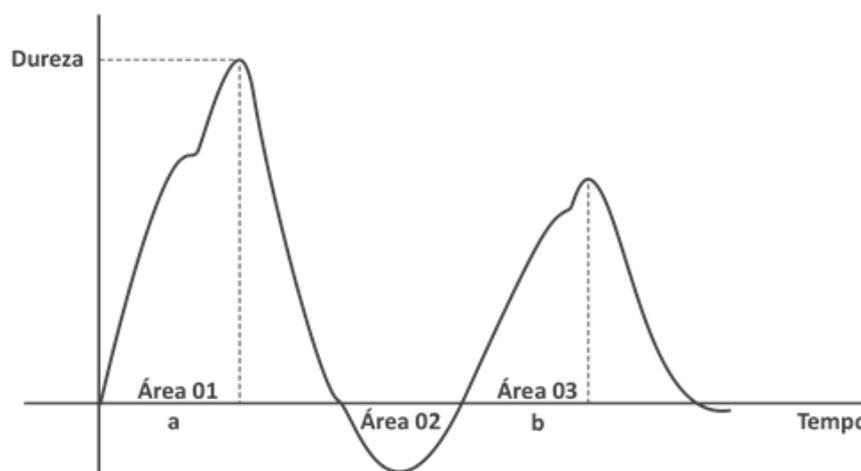


Figura 13 – Texturograma de teste de perfil de textura.

Fonte: Adaptado de Rao e Quintero, 2005.

A firmeza e a coesividade são os dois parâmetros que melhor discriminam as características dos pães. A firmeza é uma propriedade física de materiais utilizada na avaliação instrumental da textura dos alimentos associada a alimentos menos firmes, como pães (Sousa, 2001). No texturograma é a força máxima que corresponde à altura do primeiro pico e a coesividade é o cociente entre a área do 1º ciclo e do 2º ciclo que pode ser medida como a taxa a que um determinado material se desintegra sob ação mecânica, corresponde à razão entre o trabalho realizado no segundo ciclo e o realizado durante o primeiro. Dependente das forças exercidas pelas ligações internas do alimento (Kilcast, 2013).

3.3.3 Análise da atividade de água (aw) do miolo do pão

A atividade da água (aw) é definida como a água livre no alimento, ou seja, a água que não estabelece ligações com outros constituintes do alimento. A atividade da água é um parâmetro

importante relacionado com a conservação dos alimentos no que diz respeito ao desenvolvimento microbiano.

As medições da atividade da água do miolo do pão foram efetuadas após o arrefecimento das amostras de pão, através do equipamento HygroPalm aw (Rotronic, UK), sendo realizadas à temperatura constante (20 °C). Foram efetuadas medições em triplicado para cada formulação e apresentados os resultados médios com o respetivo desvio padrão.

3.4. Avaliação sensorial

Os testes de aceitação sensorial foram realizados na loja Levíssima, no comércio local de Fortaleza-CE. Foram angariados um total de 23 provadores, 12 celíacos e 11 não celíacos, não treinados, recrutados de forma aleatória, de acordo com o delineamento inteiramente casualizado. Cada provador recebeu 3 amostras codificadas com três letras, as amostras de pães CTR (pão Controle), PQI (pão 50% farinha de quinoa) e PGB (pão 50% farinha de grão-de-bico).

As amostras foram cortadas em pedaços de aproximadamente 4 cm², servidas em bandejas de isopor codificadas com números aleatórios de três dígitos acompanhados com água mineral, visando limpar o palato entre as amostras. Para avaliação dos pães quanto à aceitação sensorial foram selecionados os atributos de cor do miolo, aroma, aspeto, sabor, consistência, apreciação global e intenção de compra. Foi utilizado um questionário (Anexo I) com uma escala de classificação hedónica, fazendo corresponder os valores 1 a 5 para os extremos “muito desagradável” e “muito agradável” respetivamente, para todos os atributos, exceto para a intenção de compra que utilizou uma escala de 5 pontos variando para os extremos “compraria de certeza” (5) e “não compraria de certeza” (1). Os resultados foram analisados por perfil sensorial (ISO 13299:2003), representação gráfica (em coordenadas polares) relativamente aos 6 atributos de dois produtos.

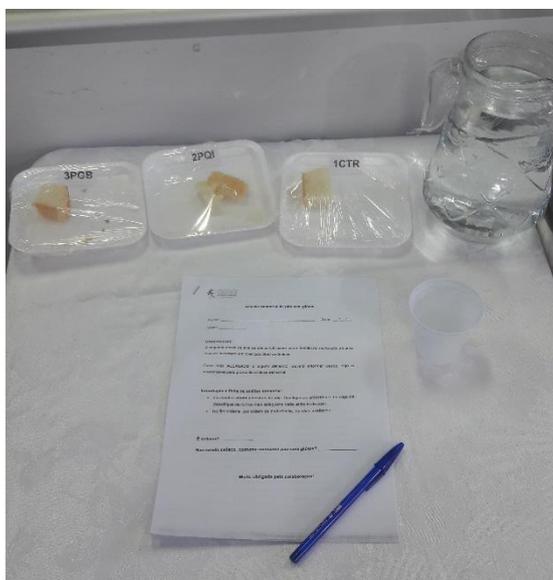


Figura 14 – Asproto da folha de prova e das amostras utilizadas para a análise sensorial.

Fonte: Arquivo pessoal.

3.5. Análise estatística

A análise estatística dos resultados foi realizada pelo programa estatístico Statistic 12.0 e, aplicação do Microsoft office Excel.

A análise de variância (ANOVA) foi conduzida nos dados para verificar se existiam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$), e foi conduzido o teste de Tukey ao nível de 5% para identificar diferenças entre as amostras.

4. Resultados

Na preparação dos diferentes produtos desenvolvidos neste trabalho foi usada uma variedade de ingredientes, conforme especificado quando da descrição de cada um deles. Os materiais foram escolhidos segundo o valor de mercado, acessibilidade e segurança quanto ao consumo, ou seja, isenção absoluta de gliadina (isento de glúten). Na Tabela 4 estão indicadas as farinhas e as marcas comerciais utilizadas, bem como o respetivo preço/kg.

Tabela 4 – Farinhas utilizadas para a preparação de pães sem glúten.

Descrição	Quantidade (g)	Marca comercial	Preço/kg
Farinha de Arroz	1000	ESPIGA	1,50 €
Farinha de Quinoa	500	PRÓVIDA	8,70 €
Farinha de Castanha	250	PRÓVIDA	22,04 €
Farinha de Grão-de-Bico	250	PRÓVIDA	11,32 €
Farinha de Bolota	200	TERRIUS	22,25 €
Farinha de Alfarroba	250	PRÓVIDA	6,60 €
Farinha de Tremoço	250	PRÓVIDA	8,28 €
Amido de milho	500	ESPIGA	3,54 €

A farinha de arroz comparada a outras farinhas possui o menor preço/kg, no entanto em termos nutricionais comparado a outras farinhas sem glúten apresenta uma composição com baixo teor de sódio, proteína, gordura e alta quantidade de hidratos de carbono facilmente digeríveis (Tabela 2). Para uma dieta sem glúten é necessário ultrapassar essa limitação recorrendo-se ao uso de farinhas, que mesmo apresentando um preço mais elevado, permitam melhorar as propriedades nutricionais e tecnológicas do pão sem glúten.

As farinhas de Castanha e Bolota são as farinhas mais caras, apesar de serem produtos tradicionais no mercado Português. A Castanha é um frutos sazonal de grande importância na alimentação de Portugal, com grande impacto económico. No seu processamento utiliza-se principalmente o fruto (castanha) e os subprodutos gerados (castanha partida e de baixo calibre) podem ser transformadas em farinha, agregando valor ao produto. Por esse motivo poderia ser um produto mais acessível aos consumidores, principalmente os celíacos.

A Bolota apesar de ser facilmente encontrada em Portugal tem uma pequena percentagem usada como alimento, por essa razão, muitas vezes é subvalorizada. Como uma nova alternativa para a escassez de alimentos e por ser produzida de maneira sustentável e a custos reduzidos, deveria ser de menor valor, especialmente para o público de celíacos. No entanto, nos últimos anos tem sido valorizada a carne de porco alimentado com bolota, o que também contribui para alguma escassez associada a este produto.

O que se observou é que produtos que apresentam boa composição nutricional e características tecnológicas adequadas para a produção de pães, muitas vezes não são economicamente viáveis.

4.1 Análise da Cor do miolo

As figuras a seguir resumem os parâmetros de cor (L^* , a^* , b^*) obtidos a partir da caracterização do miolo dos vários pães desenvolvidos. Em cada Figura comparam-se esses parâmetros entre os pães com substituição total ou parcial (50%) da farinha de arroz em relação ao pão controle (100% farinha de arroz).

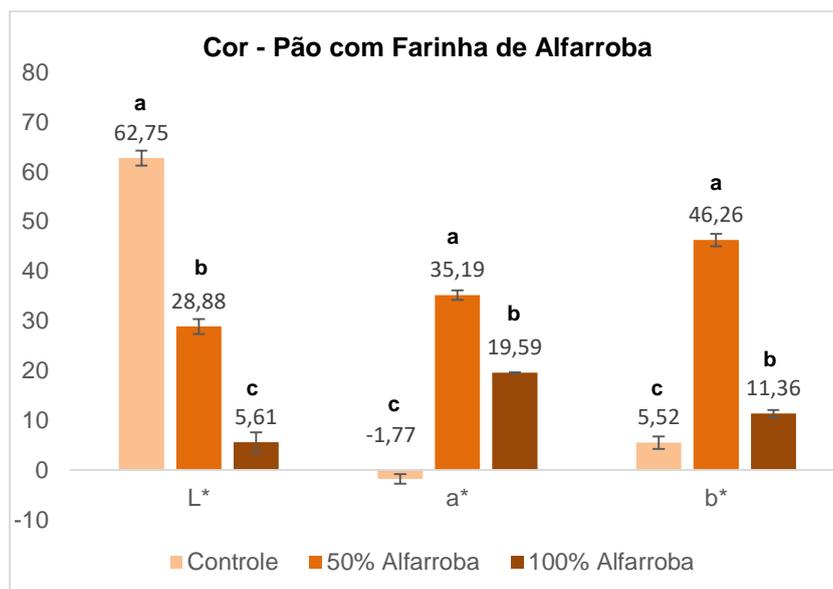


Figura 15 – Análise dos Parâmetros $L^*a^*b^*$ dos miolos de pães desenvolvidos com farinha de Alfarroba.

As diferenças significativas entre as formulações ($p \leq 0,05$), de acordo com a ANOVA, estão representadas pelas diferentes letras.

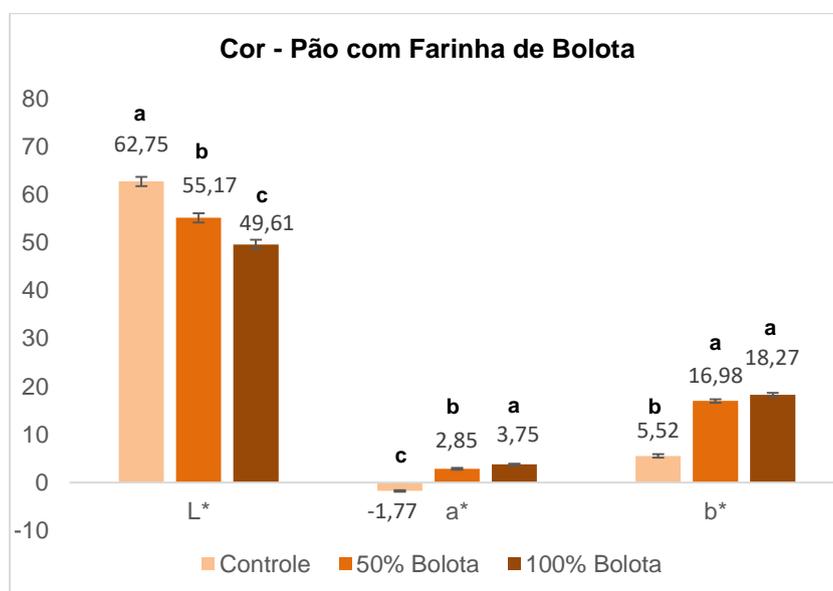


Figura 16 – Análise dos Parâmetros $L^*a^*b^*$ dos miolos de pães desenvolvidos com farinha de Bolota.

As diferenças significativas entre as formulações ($p \leq 0,05$), de acordo com a ANOVA, estão representadas pelas diferentes letras.

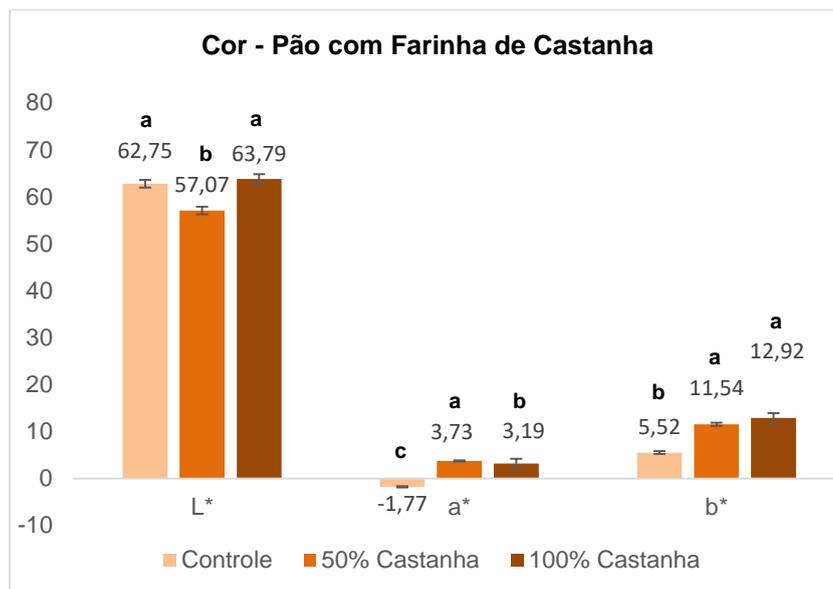


Figura 17 – Análise dos Parâmetros L*a*b* dos miolos de pães desenvolvidos com farinha de Castanha.

As diferenças significativas entre as formulações ($p \leq 0,05$), de acordo com a ANOVA, estão representadas pelas diferentes letras.

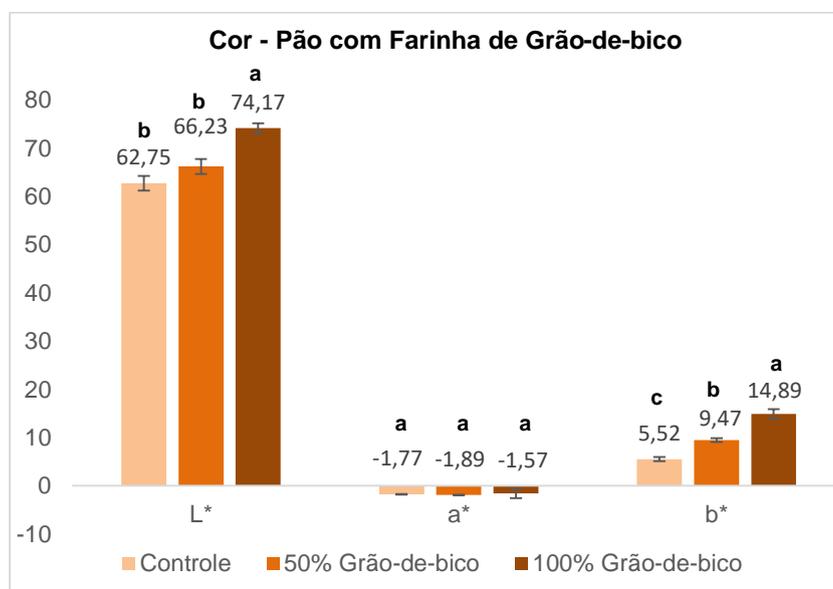


Figura 18 – Análise dos Parâmetros L*a*b* dos miolos de pães desenvolvidos com farinha de Grão-de-Bico.

As diferenças significativas entre as formulações ($p \leq 0,05$), de acordo com a ANOVA, estão representadas pelas diferentes letras.

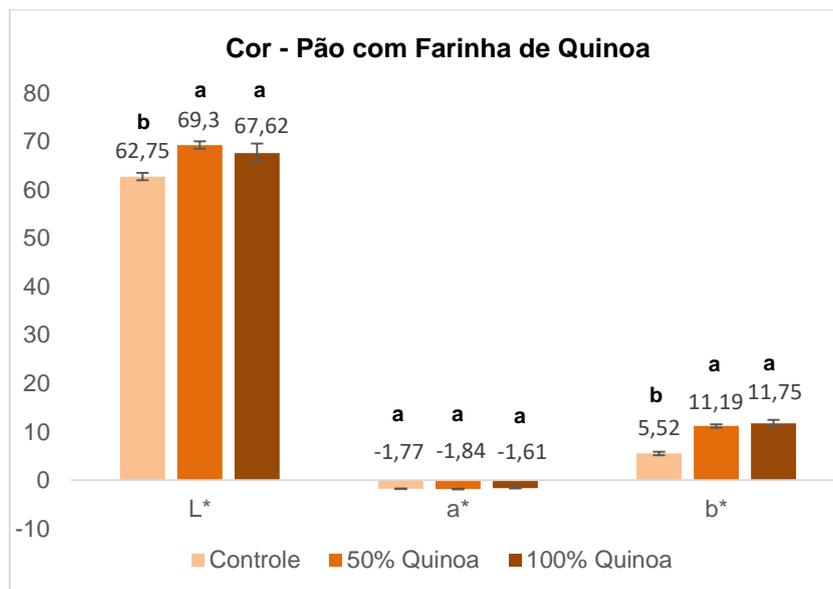


Figura 19 – Análise dos Parâmetros L*a*b* dos miolos de pães desenvolvidos com farinha de Quinoa.

As diferenças significativas entre as formulações ($p \leq 0,05$), de acordo com a ANOVA, estão representadas pelas diferentes letras.

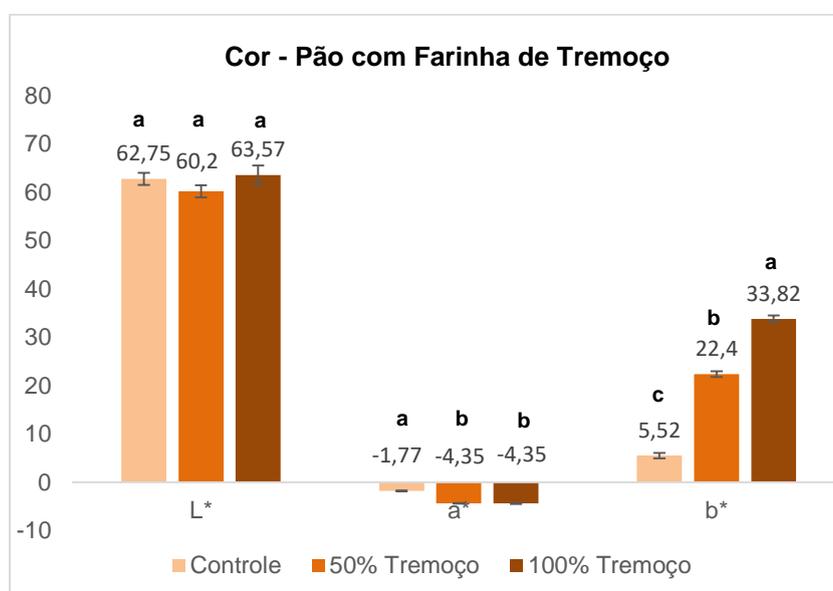


Figura 20 – Análise dos Parâmetros L*a*b* dos miolos de pães desenvolvidos com farinha de Tremoço.

As diferenças significativas entre as formulações ($p \leq 0,05$), de acordo com a ANOVA, estão representadas pelas diferentes letras.

Os valores do parâmetro L* representam a luminosidade ou brilho das amostras, estes valores variam de zero (preto) a 100 (branco). Verificou-se que os pães obtiveram alta luminosidade apresentando diferenças significativas ($p \leq 0,05$) para o parâmetro L* nos pães com farinha de Alfarroba, farinha de Bolota e farinha de Quinoa em comparação ao pão controle. Os pães com 100% de farinha

de Castanha e o com 50% de farinha de Grão-de-bico, não apresentaram diferenças significativas quando comparados ao pão controle. Os pães com as farinhas de Grão-de-bico e Quinoa apresentaram os maiores valores de luminosidade, uma característica desejável e próxima aos pães tradicionais com farinha de trigo (Gallagher *et al.*, 2004). Os pães adicionados com farinha de Alfarroba apresentaram menor luminosidade, principalmente o pão com 100% de farinha de Alfarroba, portanto apresentou o miolo com coloração mais escura. Esse resultado poderá resultar do facto de o teor de açúcares e aminoácidos fornecidos pela farinha de Alfarroba que contribuiu para a reação de Maillard e caramelização.

Os pães com farinha de Tremoço não apresentaram significância ($p < 0,05$) ao nível de 5% de confiança dos dados, de acordo com ANOVA (tabela 5).

Tabela 5 – ANOVA para o Parâmetro L* dos pães adicionados de farinha de Tremoço.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	34,03701	1	34,03701	2,573284	0,139763372	4,964602744
Dentro dos grupos	132,2707	10	13,22707			
Total	166,3077	11				

Miñarro *et al.*, (2012) também verificaram que a cor do miolo de pão sem glúten adicionado de farinha de alfarroba foi a mais afetada, ou seja, mostrou o miolo mais escuro em comparação a outros pães sem glúten adicionados de farinha de leguminosas, dentre elas o grão-de-bico.

O escurecimento da cor do miolo é desejável, já que os pães sem glúten geralmente tendem a ter uma cor mais clara do que os pães de trigo (Gallagher *et al.*, 2004).

Pães sem glúten com adição de farinha de Grão-de-bico apresentaram valores superiores ao do presente estudo, porém com características similares ($L^* = 86,94 \pm 0,04$, $a^* = 2,47 \pm 0,03$, $b^* = 22,11 \pm 0,07$) (Aguilar *et al.*, 2015).

Em relação ao parâmetro de cromaticidade (a^*), observou-se diferenças significativas ($p \leq 0,05$) nos pães com farinhas de Alfarroba, Bolota, Castanha e Tremoço quando comparados ao pão controle. Os pães com farinha de Grão-de-bico e Quinoa não apresentaram significância ($p < 0,05$) ao nível de 5% de confiança dos dados, de acordo com ANOVA (tabela 6 e 7) para a coordenada a^* . Verificou-se que as formulações com farinha de Alfarroba, Bolota e Castanha apresentaram-se na região do vermelho, que corresponde a valores positivos para a coordenada a^* .

Tabela 6 – ANOVA para o Parâmetro a^* dos pães adicionados de farinha de Grão-de-bico.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,315078	2	0,157539	2,752572	0,09587672	3,682320344
Dentro dos grupos	0,8585	15	0,057233			
Total	1,173578	17				

Tabela 7 – ANOVA para o Parâmetro a* dos pães adicionados de farinha de Quinoa.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,1729	2	0,08645	2,540157	0,11217751	3,682320344
Dentro dos grupos	0,5105	15	0,034033			
Total	0,6834	17				

Relativamente à coordenada b*, todos os pães apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$), comparados ao pão controle, embora os pães com farinha de Bolota, Castanha e Quinoa não tenha apresentado diferença entre os pães com substituição parcial (50%) e integral (100%). Todos os pães produzidos ficaram situados na região do amarelo, com destaque para os com farinha de Alfarroba e Tremoço (valores positivos e maiores na coordenada b*). As diferenças observadas nas tonalidades dos pães, pode estar relacionado com as reações de Maillard e caramelização no final da cozedura.

4.2 Análise de Textura

Nas Figuras de 21 a 32 estão representados os resultados e as fotografias relativos à firmeza e coesividade que revelam o aspeto das formulações testadas.

Verificou-se que os pães com farinha de bolota, grão-de-bico e quinoa apresentaram maior firmeza que o pão Controle. A força necessária para comprimir os alimentos entre os dentes demonstra firmeza, uma vez que estimula a percepção de frescor dos alimentos (Giannou e Tzia, 2007).

Quanto a coesividade todos os pães apresentaram valor inferior ao pão Controle. Este fato podem estar relacionados com a firmeza do pão e maior quantidade de farinha adicionada. Os pães que apresentaram coesividade inferior foram de fato os pães que mais se esfarelavam, o que está associado a um teor de água inferior ou a um teor de farinha superior, respetivamente, que proporcionaram massas sem consistência.

4.2.1 Farinha de Alfarroba

Na Figura 21 estão representados os parâmetros de textura (firmeza e coesividade) do pão sem glúten com substituição total da farinha de arroz por farinha de alfarroba (100%) e com substituição parcial (50%).

Verificou-se que não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) entre a firmeza do pão controle e do pão com 50% de incorporação de farinha de alfarroba. No entanto, as diferenças de firmeza para uma substituição total já são significativas ($p < 0,05$). Para a coesividade, os pães com substituição total e parcial por farinha de alfarroba não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre si, no entanto têm uma coesividade significativamente superior ao controle.

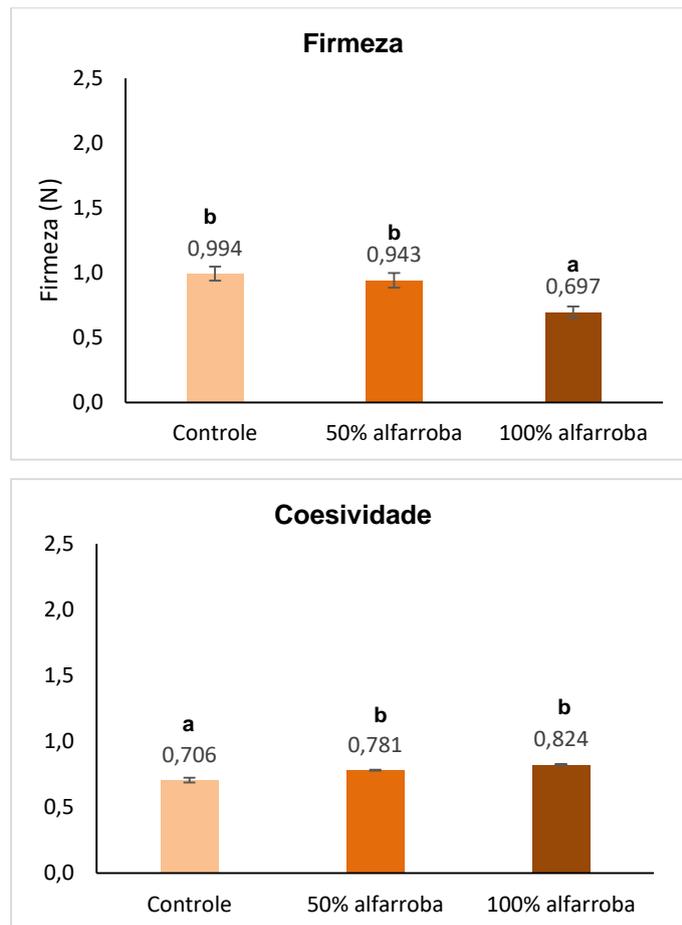


Figura 21 – Parâmetros de textura (firmeza e coesividade) do pão sem glúten com farinha de alfarroba, com substituição total da farinha de arroz (100%) e substituição parcial (50%). As diferenças significativas entre as formulações ($p \leq 0,05$), de acordo com a ANOVA, estão representadas pelas diferentes letras.

A partir da Figura 22 pode avaliar-se o impacto dessas incorporações, total e parcial, no aspecto dos respetivos pães.



Figura 22 – Aspecto dos pães com farinha de alfarroba. A – Controle; B - 50% de farinha de alfarroba; C - 100% de farinha de alfarroba.

Neste estudo, o pão com 50% de farinha de alfarroba apresentou uma firmeza superior ao obtido com substituição total, essa incorporação reduziu a disponibilidade de água, comparado ao com 100% de farinha de alfarroba e portanto, apresentou uma estrutura de miolo mais coesa. Tsatsaragkou

et al., (2014) observou que incorporar 12,5 g farinha de alfarroba, 15 g de amido resistente e 10 g de proteína de alfarroba em pão sem glúten, a farinha de alfarroba melhorou o grão do miolo, criando uma distribuição mais uniforme das células, além disso, o menor teor de água disponível desempenhou um papel significativo nas propriedades do miolo do pão, apresentando parâmetros de qualidade aceitos, com adequada massa de prova, expansão do miolo e baixa firmeza. Anteriormente, Tsatsaragkou *et al.*, (2012) avaliou quimicamente este pão que revelou um teor de proteína de 8,37 (g / 100 g pão, base úmida) e teor de fibra de 6,10 (g / 100 g pão, base úmida), característico a um produto enriquecido em fibra e rico em proteínas. No entanto, verificou-se que nos tipos de pães sem glúten, em desenvolvimento a utilização de uma mistura (1:1) de farinha de arroz e farinha de alfarroba terá um potencial mais interessante em termos de aceitação final. A substituição total da farinha de arroz por farinha de alfarroba origina pães com características de textura muito diferentes do controle, o que poderá limitar a sua aceitação pelos consumidores.

4.2.2 Farinha de Bolota

Na Figura 23 estão representados os Parâmetros de textura (firmeza e coesividade) do pão sem glúten com substituição total da farinha de arroz por farinha de bolota (100%) e com substituição parcial (50%).

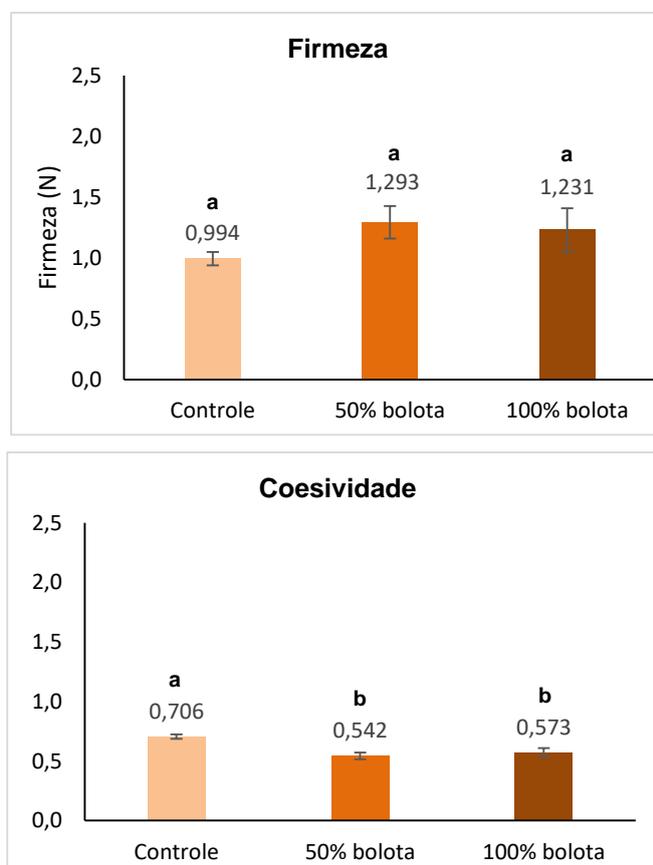


Figura 23 – Parâmetros de textura (firmeza e coesividade) do pão sem glúten com farinha de bolota, com substituição total da farinha de arroz (100%) e substituição parcial (50%).

As diferenças significativas entre as formulações ($p \leq 0,05$), de acordo com a ANOVA, estão representadas pelas diferentes letras.

Para o parâmetro de firmeza, de acordo com ANOVA (tabela 8), os dados não apresentaram significância ($p < 0,05$) ao nível de 5% de confiança. Para a coesividade, os pães com substituição total e parcial por farinha de bolota apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação ao controle, correspondendo a pães menos coesos.

Tabela 8 – ANOVA para os Parâmetros de firmeza dos pães adicionados de farinha de Bolota em comparação ao Controle.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,248318	2	0,124159	1,396425	0,284955	3,885294
Dentro dos grupos	1,066943	12	0,088912			
Total	1,315261	14	1,315261			

A partir da Figura 24 pode avaliar-se o impacto dessas incorporações no aspecto dos respectivos pães.

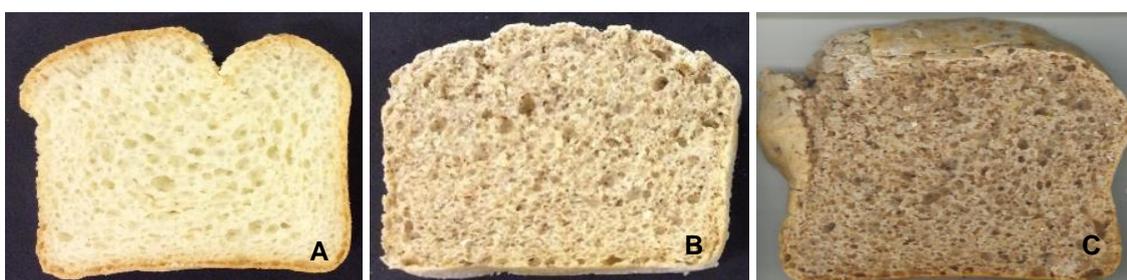


Figura 24 – Aspecto dos pães com farinha de bolota. A – Controle; B - 50% de farinha de bolota; C - 100% de farinha de farinha de bolota.

Skendi *et al.*, (2018) desenvolveu pães sem glúten a partir de farinha de arroz e amido de milho a uma proporção constante de 1:1 com adição de farinha de bolota (5, 15, 25%), em três níveis de água (65, 70, 75%). Os pães sem glúten suplementados com bolota melhor atenderam a preferência sensorial do que os pães de arroz em termos de cor e também foram melhorados nutricionalmente em termos de fenólicos totais. A firmeza do miolo do pão sem glúten foi significativamente aumentada com o aumento da concentração de farinha de bolota quando comparado ao pão controle, e associou este fato ao baixo teor de água e menor área média de células desse pão.

No presente estudo a incorporação de farinha de bolota aumentou a firmeza em comparação ao Controle e isto pode ser atribuído ao aumento do teor de fibra dietética da farinha de bolota, dessa maneira, a substituição total da farinha de arroz por farinha de bolota origina pães com características de textura muito diferentes do Controle – mais firmes e especialmente, menos coesos, o que poderá limitar a sua aceitação pelos consumidores, embora tenha seu valor nutricional.

4.2.3 Farinha de Castanha

Na Figura 25 estão representados os parâmetros de textura (firmeza e coesividade) do pão sem glúten com substituição total da farinha de arroz por farinha de castanha (100%) e com substituição parcial (50%).

Verificou-se que houve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre a firmeza do pão Controle e do pão com substituição parcial (50%), quanto ao pão com substituição total de farinha de castanha, não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) em comparação ao pão controle e ao com 100% de farinha de castanha. Para o parâmetro da coesividade, de acordo com ANOVA (tabela 9), os dados não apresentaram significância ($p < 0,05$) ao nível de 5% de confiança. De um modo geral, a incorporação de farinha de castanha contribuiu para uma redução da firmeza e da coesividade dos pães, sendo mais pronunciada para o caso da substituição total.

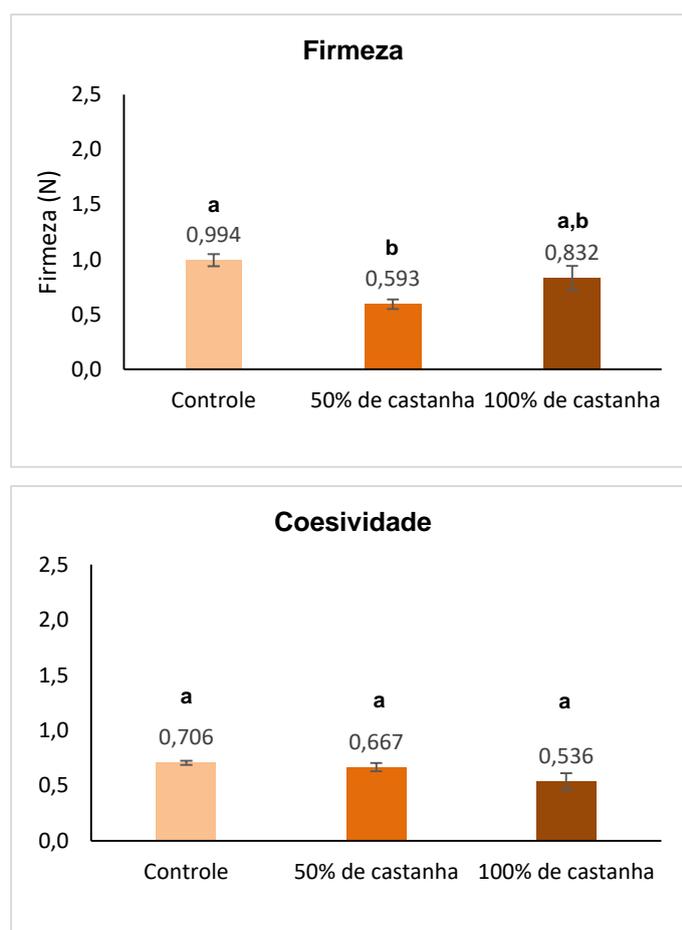


Figura 25 – Parâmetros de textura (firmeza e coesividade) do pão sem glúten com farinha de castanha, com substituição total da farinha de arroz (100%) e substituição parcial (50%).

As diferenças significativas entre as formulações ($p \leq 0,05$), de acordo com a ANOVA, estão representadas pelas diferentes letras.

Tabela 9 – ANOVA para os Parâmetros de coesividade dos pães adicionados de farinha de castanha em comparação ao Controle.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,07966	2	0,03983	3,16445	0,078753	3,885294
Dentro dos grupos	0,15104	12	0,012587			
Total	0,2307	14	0,2307			

A partir da Figura 26 pode avaliar-se o impacto dessas incorporações no aspecto dos respectivos pães.



Figura 26 – Fotos dos pães com farinha de castanha. A – Controle; B – 50% de farinha de castanha; C – 100% de farinha de castanha.

A adição de farinha de castanha causou uma redução significativa ($p < 0,05$) na firmeza do miolo, com maior extensão para o pão com substituição parcial de farinha de arroz por farinha de castanha, contrario ao observado por Demirkesen *et al.*, (2010) onde houve um aumento na firmeza do miolo, provavelmente devido ao conteúdo de fibra trazido pela farinha de castanha. Assim, a adição de farinha de castanha parece não ser capaz de aumentar o endurecimento que, em pães isentos de glúten e com baixo volume, é mais rápido do que em pães comuns (Demirkesen *et al.*, 2014).

Geralmente, pães com baixa coesividade são suscetíveis a fraturas e desmorações (Onyango *et al.*, 2010) e não são desejáveis, fato ocorrido no estudo. Provavelmente, as fibras de farinha de castanha foram capazes de prevenir o endurecimento, mas não a tendência a desmorações, como relatado anteriormente por Sabanis, Lebesi e Tzia (2009). Prevê-se que a interação entre o amido de castanha e as proteínas do arroz tenha modificado a coesividade do pão.

Demirkesen *et al.* (2010) testaram formulações de pão sem glúten utilizando farinhas de castanha e arroz em diferentes proporções (0/100, 10/90, 20/80, 30/70, 40/60, 50/50 e 100/0). Os pães preparados com proporção de 30/70 de farinha de castanha/arroz e contendo xantana-guar e emulsificante apresentaram maior qualidade em termos de firmeza, volume específico, cor e valores sensoriais. No entanto, níveis elevados de farinha de castanha levaram a alguma deterioração nos parâmetros de qualidade (baixo volume, textura mais dura e cor mais escura), independentemente da mistura de goma e adição de emulsionante. Este tipo de perturbação na estrutura do miolo, resultante da adição de farinha de castanha, também foi verificado no nosso estudo.

4.2.4 Farinha de Grão-de-bico

Na Figura 27 estão representados os parâmetros de textura (firmeza e coesividade) do pão sem glúten com substituição total da farinha de arroz por farinha de grão-de-bico (100%) e com substituição parcial (50%).

Para o parâmetro da firmeza, de acordo com ANOVA (tabela 10), os dados não apresentaram significância ($p < 0,05$) ao nível de 5% de confiança. Para a coesividade, verificou-se que houve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre o pão com substituição total (100%) da farinha de grão-de-bico em relação ao pão Controle e o pão com substituição parcial (50%).

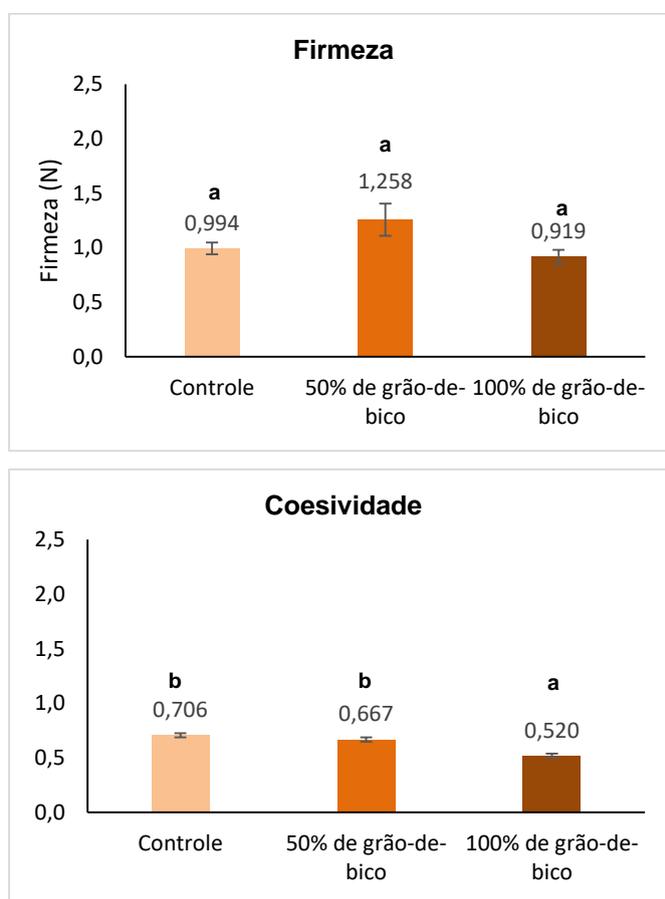


Figura 27 – Parâmetros de textura (firmeza e coesividade) do pão sem glúten com farinha de grão-de-bico, com substituição total da farinha de arroz (100%) e substituição parcial (50%).

As diferenças significativas entre as formulações ($p \leq 0,05$), de acordo com a ANOVA, estão representadas pelas diferentes letras.

Tabela 10 – ANOVA para os Parâmetros de firmeza dos pães adicionados de farinha de grão-de-bico em comparação ao Controle.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,317095	2	0,158547	3,307551	0,071762	3,885294
Dentro dos grupos	0,57522	12	0,047935			
Total	0,892315	14	0,892315			

A partir da Figura 28 pode avaliar-se o impacto dessas incorporações no aspecto dos respectivos pães.

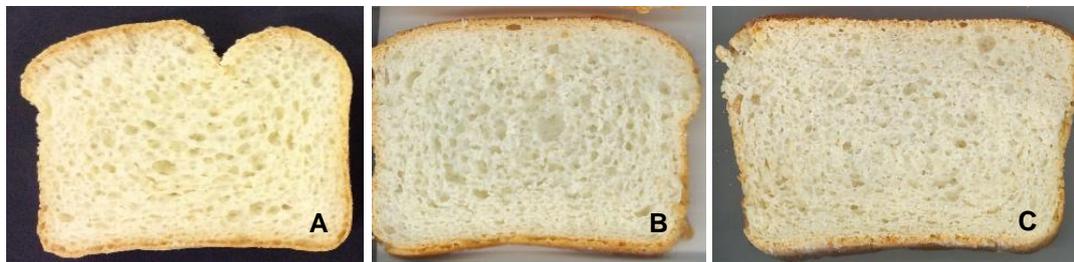


Figura 28 – Fotos dos pães com farinha de grão-de-bico. A – Controle; B – 50% de farinha de grão-de-bico; C – 100% de farinha de grão-de-bico.

Miñarro *et al.*, (2012) observaram que o maior efeito de amolecimento foi obtido quando a farinha de grão de bico foi adicionada no pão sem glúten, assim como a coesividade, um parâmetro negativamente correlacionado com a taxa de quebra na boca e fácil separação na mão, diminuiu significativamente, concordando com o estudo onde na substituição de 100% da farinha de arroz por farinha de grão-de-bico provocou uma redução da firmeza e na coesividade.

Aguilar *et al.*, (2015) observou que em geral, o endurecimento dos pães com farinha de grão-de-bico e junça foi menor que o do pão Controle. Isso ocorreu provavelmente devido ao maior teor de proteína das formulações de grão-de-bico e junça, que competiriam com o amido pela absorção de água e, assim, atrasariam sua retrogradação. Nesse sentido, Nilufer-Erdil *et al.*, (2012) sugeriram que os complexos proteína / amido impedem os complexos amido / amido e reduzem a retrogradação do amido.

Estes resultados indicam que o uso de farinha de grão-de-bico pode substituir totalmente a farinha de arroz sem afetar negativamente a suavidade do miolo.

4.2.5 Farinha de Quinoa

Na Figura 29 estão representados os parâmetros de textura (firmeza e coesividade) do pão sem glúten com substituição total da farinha de arroz por farinha de quinoa (100%) e com substituição parcial (50%).

Verificou-se que houve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre a firmeza do pão Controle e dos pães com incorporação total (100%) e parcial (50%) de farinha de quinoa. Para a coesividade, os pães com substituição total e parcial por farinha de quinoa apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação ao Controle.

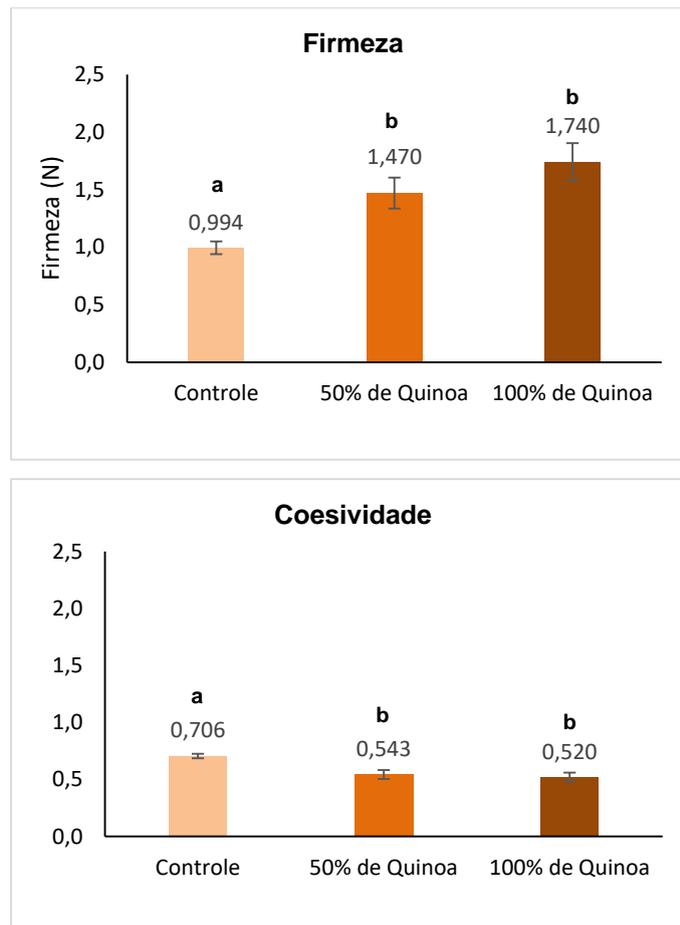


Figura 29 – Parâmetros de textura (firmeza e coesividade) do pão sem glúten com farinha de quinoa, com substituição total da farinha de arroz (100%) e substituição parcial (50%).

As diferenças significativas entre as formulações ($p \leq 0,05$), de acordo com a ANOVA, estão representadas pelas diferentes letras.

A partir da Figura 30 pode avaliar-se o impacto dessas incorporações no aspecto dos respectivos pães.

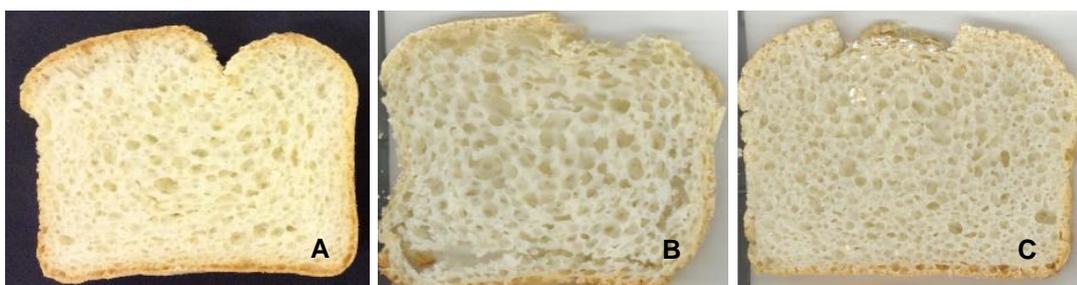


Figura 30 – Fotos dos pães com farinha de quinoa. A – Controle; B – 50% de farinha de quinoa; C – 100% de farinha de quinoa.

Observou-se que o aumento da quantidade de farinha de quinoa elevou significativamente a firmeza do miolo e reduziu a coesividade. Pães feitos com farinha de quinoa têm dureza do miolo comparativamente maior do que os pães com outras farinhas, como indicado por Alvarez-Jubete *et al.*, (2010b). Iglesias-Puig *et al.*, (2015) relataram que a firmeza do miolo aumentou quando a quantidade

de farinha de quinoa subiu de 25 g / 100 g para 50 g / 100 g.

Uma nova formulação de pão sem glúten composta de quinoa, trigo mourisco, farinha de arroz e amido de batata foi desenvolvida. A adição de 25% de farinha de quinoa apresentou melhores resultados com seus maiores escores sensoriais e textura mais macia. O pão Controle apresentou uma menor coesividade, podendo estar relacionado ao maior teor de umidade (47,5%) do pão controle. (Turkut *et al.*, 2016).

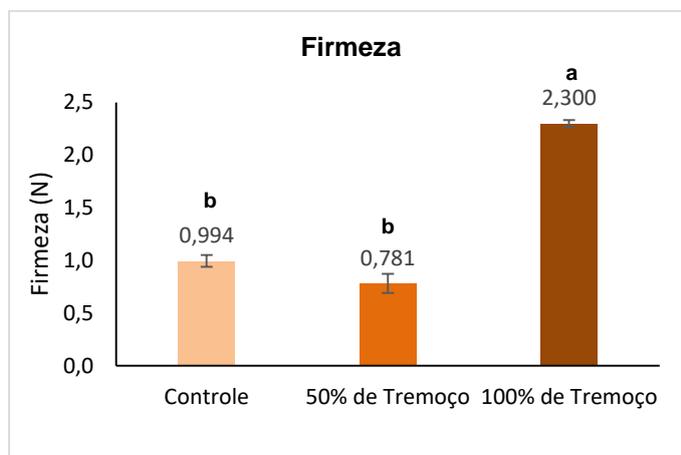
O impacto da farinha branca de quinoa sobre os parâmetros de qualidade do pão, em particular o volume, foi investigado. O pseudocereal demonstrou ser um substrato adequado para a aeração da massa usando levedura, uma vez que consideravelmente mais glicose e uma maior atividade de α -glicosidase foram encontradas em comparação com o arroz e a farinha de milho. Conseqüentemente, a farinha branca de quinoa foi usada para substituir 40-100% do arroz e farinha de milho em uma receita de pão sem glúten. Como resultado, a farinha branca de quinoa aumentou o volume específico em 33%, o que foi relacionado à ausência de componentes do farelo e ao aumento da atividade da α -glucosidase. Além disso, o miolo apresentou bolhas de gás homogêneas e finamente distribuídas e o sabor não foi comprometido (Elgeti *et al.*, 2014).

No pão com substituição parcial de farinha de quinoa observou-se essa distribuição homogêneas e bem distribuídas de bolhas de gás. Assim, foi possível melhorar a qualidade do pão sem glúten usando a mistura de farinha de arroz e de quinoa, sendo uma boa alternativa para formulações convencionais de pão sem glúten e por conseguinte ser um alívio para pacientes celíacos.

4.2.6 Farinha de Tremoço

Na Figura 31 estão representados os Parâmetros de textura (firmeza e coesividade) do pão sem glúten com substituição total da farinha de arroz por farinha de tremoço (100%) e com substituição parcial (50%).

Verificou-se que houve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre a firmeza do pão Controle e pão com incorporação parcial (50%) de farinha de quinoa em relação ao pão com incorporação total (100%) de farinha de tremoço. Para a coesividade, o pão Controle e com substituição total por farinha de tremoço apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação ao pão com substituição parcial.



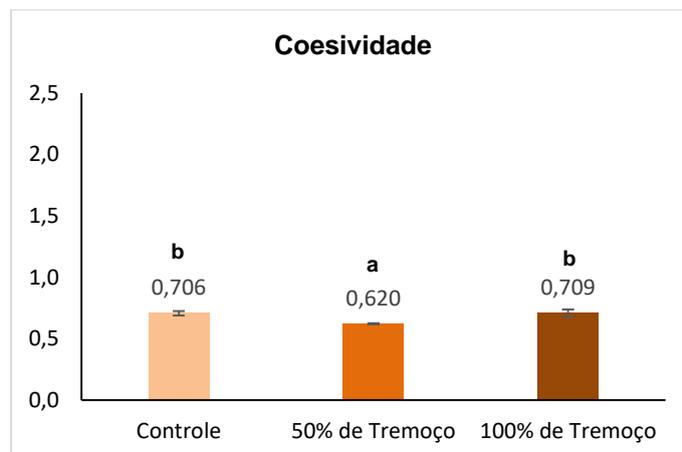


Figura 31 – Parâmetros de textura (firmeza e coesividade) do pão sem glúten com farinha de Tremoço, com substituição total da farinha de arroz (100%) e substituição parcial (50%).

As diferenças significativas entre as formulações ($p \leq 0,05$), de acordo com a ANOVA, estão representadas pelas diferentes letras.

A partir da Figura 32 pode avaliar-se o impacto dessas incorporações no aspecto dos respectivos pães.

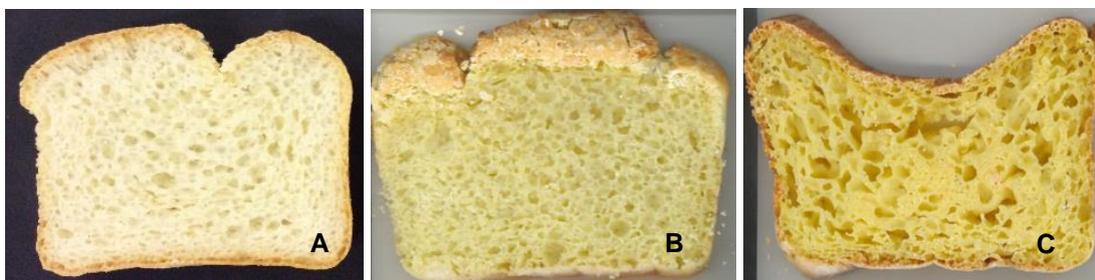


Figura 32 – Fotos dos pães com farinha de tremoço. A – Controle; B – 50% de farinha de tremoço; C – 100% de farinha de tremoço.

Observou-se que a substituição total da farinha de arroz influenciou negativamente a firmeza do pão, dada o aumento da firmeza em comparação ao pão Controle e com 50% de farinha de tremoço. O teor de gordura e proteínas presente na farinha de tremoço podem ter contribuído para a redução da retenção de gás e de células de gás mais instáveis, resultando em uma estrutura celular mais fechada e em um miolo firme e coeso. Isto está em contraste com trabalhos anteriores usando farinha de tremoço de diferentes espécies (*Lupinus albus* e *Lupinus mutabilis*) (Bartkiene *et al.*, 2013, Güemes-Vera *et al.*, 2008, Paraskevopoulou *et al.*, 2010).

Os resultados do presente estudo indicam que os componentes lipídicos e proteicos da farinha tremoço podem ter contribuído para que os pães à base desta apresentassem propriedades de textura menos desejáveis do que as do controle.

4.3 Análise da atividade de água (aw) do miolo do pão

A partir da tabela 11 verificou-se que a atividade da água (aw), ao fim de duas horas de produção, no miolo dos pães foi de aproximadamente de 0,97, exceto para os pães com farinha de bolota (0,93). Observou-se uma diminuição da disponibilidade de água em todos os pães após 24hs. Estes resultados foram corroborados por vários autores (Lazaridou *et al.*, 2007), que ao produzirem pão de arroz, amido de milho e caseinato de sódio verificaram que após 24 horas a disponibilidade de água também diminuiu em todos os pães. Mais especificamente, valores de aw > 0,75 são determinantes no crescimento de leveduras e bactérias (Araújo *et al.*, 2010).

Tabela 11 – Resultado da Análise de Cor do Miolo dos pães sem glúten.

Pão sem glúten com substituição da farinha de arroz	a_w
50% de farinha de alfarroba	0,97
100% de farinha de alfarroba	0,97
50% de farinha de bolota	0,93
100% de farinha de bolota	0,94
50% de farinha de castanha	0,98
100% de farinha de castanha	0,97
50% de farinha de grão-de-bico	0,97
100% de farinha de grão-de-bico	0,98
50% de farinha de quinoa	0,98
100% de farinha de quinoa	0,95
50% de farinha de tremoço	0,96
100% de farinha de tremoço	0,96

4.4 Análise sensorial

A análise sensorial mostrou-se de extrema importância pois os parâmetros de qualidade são definidos quanto às percepções e satisfação do consumidor em relação ao produto. A análise sensorial foi realizada com pães adicionados de 50% de farinha de quinoa ou de grão-de-bico, pelo fato de terem sido esses os pães que apresentaram, em geral, as melhores características físicas, tendo em conta o controle.

A avaliação dos parâmetros como cor, aroma, aspecto, sabor, consistência e a avaliação global sobre os pães, permitiram criar um conjunto de variáveis para a análise. O painel utilizado foi constituído por provadores celíacos e não celíacos. Para ambos os painéis, observou-se que a análise foi composta predominantemente por mulheres (82%) e por indivíduos com idades entre 18 e 35 anos (56%). No painel de não celíacos (54%) afirmaram consumir pão sem glúten com frequência.

Na figura 33 estão representados os resultados relativamente aos perfis de consumo dos provadores não celíacos, formado por um grupo de 11 provadores, na análise dos pães sem glúten.

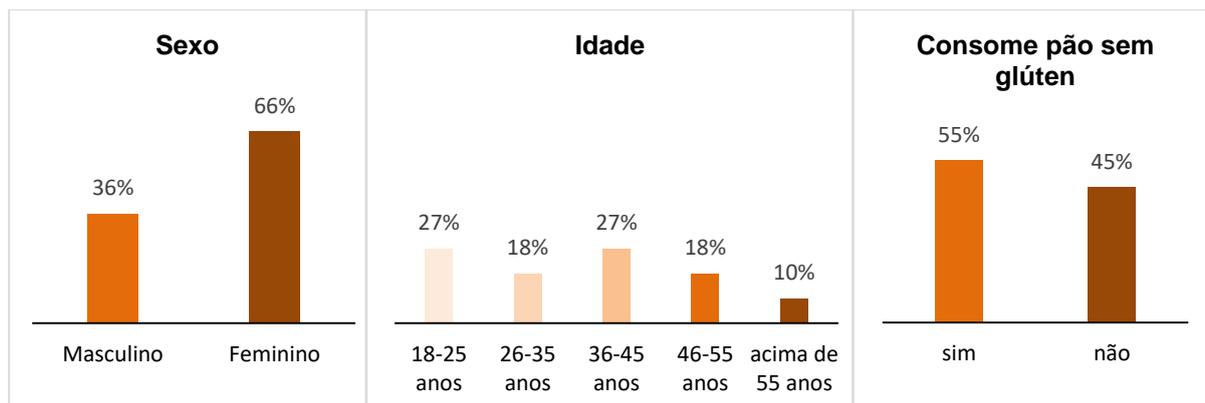


Figura 33 – Perfil de consumo dos provadores não celíacos.

Na figura 34 estão representados os resultados relativamente aos perfil de consumo dos provadores celíacos, num total de 12 indivíduos, na análise dos pães sem glúten.

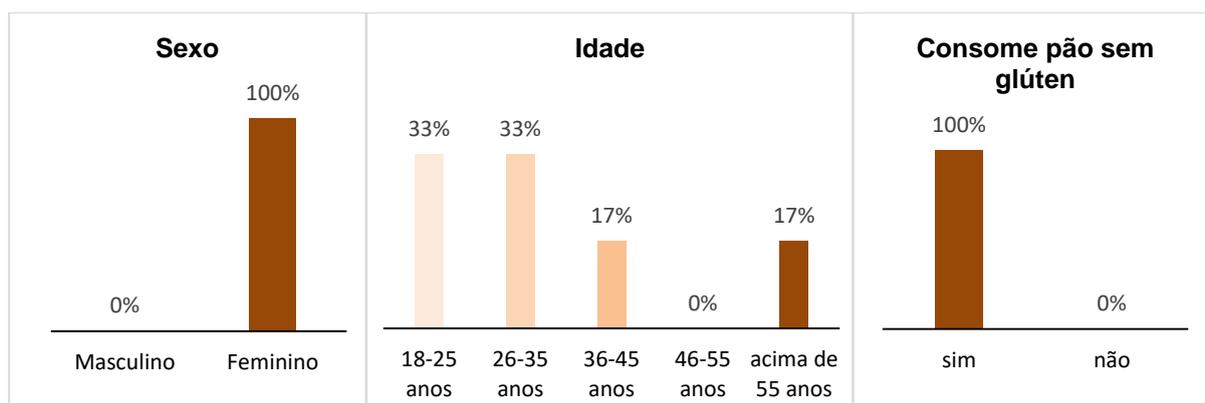


Figura 34 – Perfil de consumo dos provadores celíacos.

Seguindo a abordagem dos dados de perfis sensoriais, a representação gráfica da figura 35 apresenta os resultados da análise sensorial efetuada com não celíacos, com as três amostras já referidas, considerando os atributos cor do miolo, aroma, aspecto, sabor, consistência, apreciação global e intenção de compra. Foi utilizado o modelo de ficha de prova apresentada no Anexo I e as classificações foram de acordo com as escalas já referidas na descrição dos materiais e métodos.

Observou-se que existem semelhanças nos diferentes pães segundo a figura 30, pois os três foram classificados como agradáveis (4 valores) a nível do atributo cor e consistência. Quanto aos atributos aroma e sabor o pão com farinha de grão-de-bico que apresentou melhor classificação, sendo considerado agradável (4 valores) e na apreciação global (5 valores), demonstrando-se o ideal e o mais agradável. O pão com farinha de quinoa apresentou as menores classificações em relação aos atributos de sabor (2 valores) e apreciação global (2 valores).

Na intenção de compra os provadores transmitiram que provavelmente não comprariam (2 valores) o pão com farinha de quinoa, para o pão com farinha de grão-de-bico os provadores afirmaram que comprariam de certeza (5 valores). O pão com farinha de grão de bico demonstrou possuir características sensoriais similares à pães já existentes no mercado, e portanto foi o de maior aceitação

pelos provadores não celíacos.

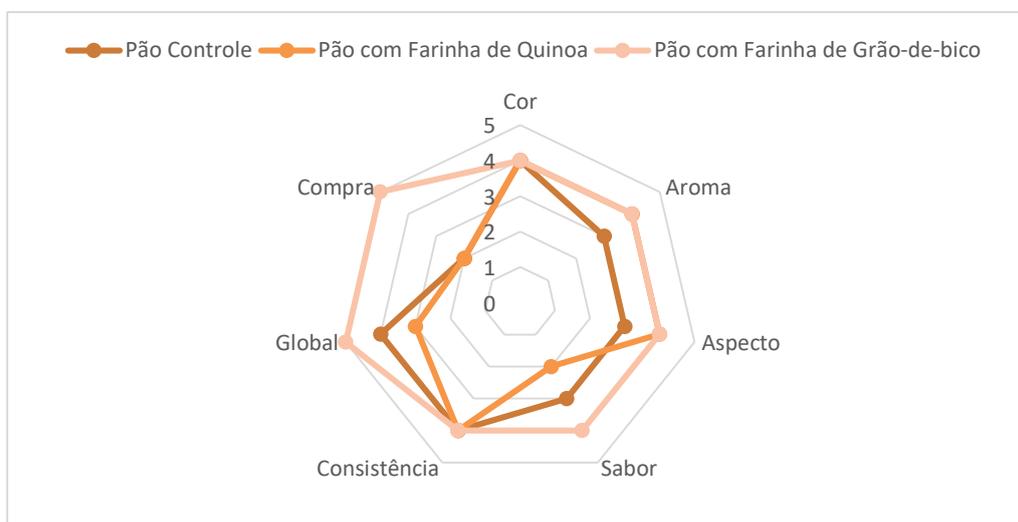


Figura 35 – Perfil sensorial de Provadores Não Celíacos.

A representação gráfica da figura 36 apresenta os resultados da análise sensorial efetuada com celíacos.

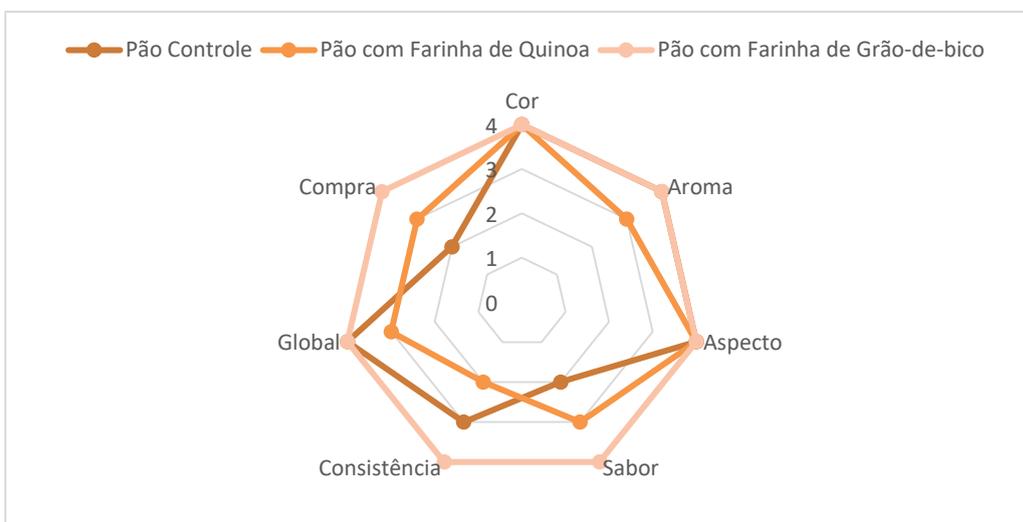


Figura 36 – Perfil sensorial de Provadores Celíacos.

Observou-se na figura 36 que existem semelhanças nos diferentes pães, pois os três foram classificados como agradáveis (4 valores) a nível do atributo cor e aspecto. Quanto aos atributos aroma, sabor, consistência e apreciação global o pão com farinha de grão-de-bico que apresentou melhor classificação, sendo considerado agradável (4 valores), demonstrando-se o ideal e o mais agradável. O pão com farinha de quinoa apresentou as menores classificações em relação aos atributos de aroma (3 valores), consistência (2 valores) e apreciação global (3 valores).

Na intenção de compra os provadores transmitiram que não sabem se comprariam (3 valores) o pão com farinha de quinoa, para o pão com farinha de grão-de-bico os provadores afirmaram que

provavelmente comprariam (3 valores). O pão com farinha de grão de bico demonstrou possuir características sensoriais similares às pães já existentes no mercado, e portanto foi o de maior aceitação pelos provadores celíacos.

De acordo com os resultados obtidos, em todos os indivíduos (celíacos e não celíacos), o pão com farinha de grão-de-bico foi a amostra preferida (63%), seguida pelo pão com farinha de quinoa (45%). O pão Controle foi a amostra menos preferida que recebeu a menor pontuação (37%).

O resultado é uma concordância geral observada entre os dois grupos. De fato, olhando para os resultados dos dois grupos separadamente, pode-se notar que ambos ordenaram as amostras da mesma maneira, de acordo aos critérios de gosto.

No geral os consumidores celíacos deram pontuações menores na apreciação global, consistência e intenção de compra. Isso pode sugerir que os celíacos são mais propensos a diferenciar as amostras do ponto de vista sensorial. Uma possível razão pode ser que os celíacos envolvidos no estudo eram consumidores regulares de pão sem glúten e, portanto, mais sensíveis às diferenças em termos de gosto.

Mais pesquisas são necessárias para esclarecer o efeito de uma dieta livre de glúten na preferência alimentar. Considerando-se um maior número de amostras e os consumidores também é recomendado para tirar conclusões gerais sobre este tema.

Reconhecer o potencial que as pessoas afetadas pela doença celíaca representam como consumidores, considerando seus desejos por produtos alimentícios com melhor sabor e textura é uma grande oportunidade para o mercado de alimentos. Entretanto, para corresponder às expectativas dos consumidores celíacos, conseqüentemente, alcançar êxito nos objetivos comerciais, o mercado de produtos alimentícios sem glúten precisa passar por transformações e se adequar ao estilo de vida dos consumidores celíacos (Bogue e Sorenson, 2008).

5 Conclusões Gerais

O mercado de produtos direcionado a pessoas com restrições alimentares está crescendo consideravelmente. Porém ainda existe uma carência de produtos que sejam livres de glúten. Apesar da qualidade melhorada de alguns alimentos sem glúten, nos últimos anos, a maioria dos produtos no mercado ainda são descritos como produto de baixa qualidade. Assim, o processo de desenvolvimento dos produtos desta dissertação baseou-se também nesta carência. Excluir as proteínas do trigo do preparo de receitas é, sem dúvidas, desafiador, uma vez que estas contribuem diretamente para a obtenção das características sensoriais mais conhecidas e aceitas pelo público em geral.

Pães com farinhas pouco exploradas mostraram características de textura e cor adequadas, indicando que esses ingredientes poderiam ser uma alternativa promissora à produção de pães sem glúten. Quanto as características sensoriais obteve-se pães com atributos agradáveis e equilibrado com uma identidade textural semelhante àquela já conhecida e aceita pelo consumidor.

Mais estudos devem ser realizados para otimizar as formulações de pães sem glúten, integrando as boas características de textura e cor fornecidos pelas farinhas utilizadas no estudo.

Verificou-se no estudo realizado que a farinha de grão de bico foi a que permitiu obter pães com as características sensoriais mais interessantes, tendo por isso um elevado potencial de exploração em termos de mercado. O grão de bico é uma leguminosa rica em proteína, mas de baixo valor energético, que poderá constituir uma excelente alternativa para pães sem glúten ricos em proteína.

6 Trabalhos futuros

Tendo em conta os estudos realizados e considerando o potencial de utilização da farinha de grão e da farinha de quinoa, será importante num futuro próximo:

- Efetuar estudos reológicos adequados (MicrodoughLab ou Consistógrafo) para determinar o teor de absorção de água das misturas de farinhas utilizadas, de modo a obter uma consistência melhorada.

- Caracterizar o comportamento reológico das massas de pão otimizadas

- Efetuar estudos de envelhecimento dos pães desenvolvidos, em comparação com o controle para avaliar o tempo de conservação dos mesmos.

- Efetuar a caracterização nutricional dos pães desenvolvidos, incluindo o teor de minerais.

- Averiguar a possibilidade de associar aos pães desenvolvidos alegações nutricionais e/ou de saúde, tendo em conta a composição nutricional alcançada.

7 Referências Bibliográficas

- Aguilar, N., Albanell, E., Miñarro, B., Capellas, M. (2015). Chickpea and tiger nut flours as alternatives to emulsifier and shortening in gluten-free bread. *LWT- Food Science and Technology*, 62 (1), pp. 225-232.
- Alvarez-Jubete, L., Auty, M., Arendt, E. K., Gallagher, E. (2010a). Baking properties and microstructure of pseudocereal flours in gluten-free bread formulations. *Eur Food Res Technol*, 230:437–445.
- Alvarez-Jubete, L., Arendt, E. K., Gallagher, E. (2010b). Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional glutenfree ingredients. *Trends in Food Science Technology*, 21, pp. 106-113.
- Angioloni, A.; Collar, C. (2012). High legume-wheat matrices: an alternative to promote bread nutritional value meeting dough viscoelastic restrictions. *European Food Research and Technology*, 234, 273-284.
- APC – Associação Portuguesa de Celíacos (2018). Doença Celíaca: Prevalência na Europa e Portugal. Disponível em <https://www.celiacos.org.pt/doenca-celiaca/prevalencia.html>. Acesso em 15 junho 2018.
- Araújo, H. M. C., Araújo, W. M. C., Botelho, R. B. A., Zandonadi, R. P. (2010). Doença celíaca, hábitos e práticas alimentares e qualidade de vida. *Revista de Nutrição*, 23(3), 467-474.
- Asif, M.; Rooney, L. W.; Riaz, M. N. (2013). Application and opportunities of pulses in food system: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 53(11): 1168-79.
- BAP – Balança Alimentar Portuguesa 2012-2016, Edição 2017. Instituto Nacional de Estatística, I. P.
- Barbiroli, A.; Bonomi, F.; Casiraghi, M. C.; Lametti, S.; Pagani, M. A.; Marti, A. (2013). Process conditions affect starch structure and its interactions with proteins in rice pasta. *Carbohydrate Polymers*. Vol. 92, n.1, 1865-1872p.
- Barreira, J. C M.; Ferreira, I. C. F. R.; Oliveira, M. B. P. P.; Pereira, J. A. (2010). Antioxidant potential of chestnut (*Castanea sativa* L.) and almond (*Prunus dulcis* L.) by-products. *Food Sci Technol Int.*; 16: 209-216.
- Bartkiene, E.; Schleining, G.; Rekstyte, T.; Krungleviciute, V.; Juodeikiene, G.; Vaiciulyte-Funk, L.; Maknickiene, Z. (2013). Influence of the addition of lupin sourdough with different lactobacilli on dough properties and bread quality. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(12), 2613-2620.
- Battle, I.; Tous, J. (1997). Carob Tree. *Ceratonia siliqua* L. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, 92 p.
- Belski, R.; Mori, T. A.; Puddey, I. B.; Sipsas, S.; Woodman, R. J.; Ackland, T. R.; Hodgson, J. M. (2011). Effects of lupin-enriched foods on body composition and cardiovascular disease risk factors: a 12-month randomized controlled weight loss trial. *International journal of obesity*, 35(6), 810.
- Bengoechea, C., Puppo, M. C., Romero, A., Cordobes, F., Guerrero, A. (2008). Linear and non-linear viscoelasticity of emulsions containing carob protein as emulsifier. *Journal of Food Engineering* 87, 124 - 135.
- Bertoglio, J. C.; Calvo, M. A.; Hancke, J. L.; Burgos, R. A.; Riva, A.; Morazzoni, P.; Duranti, M. (2011). Hypoglycemic effect of lupin seed γ -conglutin in experimental animals and healthy human subjects. *Fitoterapia*, 82(7), 933-938.
- Bloskma, A. Bushuk, W. (1998). Rheology and chemistry of dough, in: V. Pomerans (Ed.), *Wheat Chemistry and Technology*, American Association Cereal Chemistry, St. Paul MN, pp. 131-217.
- Bogue, J.; Sorenson, D. (2008). The marketing of gluten-free cereal products. In *Gluten-free cereal products and beverages* (pp. 393-411).

Borges, O. P.; Carvalho, J. S.; Correia, P. R.; Silva, A. P. (2007). Lipid and fatty acid profiles of *Castanea sativa* Mill. Chestnuts of 17 native Portuguese cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(2), 80-89.

Botelho, F. D. S. (2012). Efeito das gomas xantana e/ou guar na textura de pães isentos de glúten elaborados com farinhas de arroz e de milho. MSc Thesis. (ISA/UTL).

Bourekoua, H., Benatallah, L., Zidoune, M. N., Rosell, C. M. (2016). Developing gluten free bakery improvers by hydrothermal treatment of rice and corn flours. *LWT- Food Science and Technology*. 73(6), pp. 342-350.

Boye, J., Aksay, S., Roufik, S., Ribéreau, S., Mondor, M., Farnworth, E. (2010). Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques. *Food Research International*, 43 (2), pp. 537-546.

Brites, C.; Trigo, M. J.; Santos, C.; Collar, C.; Rosell, C. M. (2010). Maize-based gluten-free bread: influence of processing parameters on sensory and instrumental quality. *Food and Bioprocess Technology*, v. 3, n. 5, p. 707-715.

Burešová, I., Tokár, M., Mareček, J., Hřivna, L., Faměra, O., Šottníková, V. (2017). The comparison of the effect of added amaranth, buckwheat, chickpea, corn, millet and quinoa flour on rice dough rheological characteristics, textural and sensory quality of bread. *Journal of Cereal Science*. 75(1), pp. 158-164.

Cabrera-Chávez, F.; Calderón de La Barca, A. M.; Islas-Rubio, A. R.; Marti, A.; Marengo, M.; Pagani, M. A.; Bonomi, F.; Iametti, S. (2012). Molecular rearrangements in extrusion processes for the production of amaranth-enriched, gluten-free rice pasta. *LWT – Food Science and Technology*. Vol. 47, n.1, 421-426p.

Canella-Rawls, S. (2003). Pão: arte e ciência. 3. ed. São Paulo: SENAC-SP, 320 p.

Cappa, C.; Lucisano, M., Mariotti, M. (2013). Influence of Psyllium, sugar beet fibre and water on gluten-free dough properties and bread quality. *Carbohydrate Polymers*, v. 98, n. 2, p. 1657-1666.

Capriles, V. D., Arêas, J. A. G. (2014). Novel approaches in gluten-free breadmaking: Interface between Food Science, Nutrition and Health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13:871-890.

Carocho, M.; António, A. L.; Barros, L.; Bento, A.; Botelho, M. L.; Kaluska, I.; Ferreira, I. C. (2012). Efeitos comparativos da irradiação gama e de feixe de electrões no potencial antioxidante das castanhas portuguesas (*Castanea sativa* Mill.). *Alimentos e toxicologia química*, 50 (10), 3452-3455.

Cauvain, S. P.; Young, I. S. (2015). *Technology of breadmaking*. 3. ed. New York: Springer, 408 p.

Cesar, A. S.; Gomes, J. C.; Staliano, C. D.; Fanni, M. L.; Chaves, M. (2006). Elaboração de pão sem glúten. *revista Ceres*, 53(306), 150.

Charef, M.; Mohamed, Y.; Saidi, M.; Stocker, P. (2008). Determination of the fatty acid composition of acorn (*Quercus*), *Pistacia lentiscus* seeds growing in Algeria. *J Am Oil Chem Soc.*; 85: 921-924.

Chawla, R.; Patil, G. R. (2010). Soluble Dietary Fiber. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(2), 178-196.

Clerici, M. T. P. S.; Airoidi, C.; El-dash, A. (2009). Production of acidic extruded rice flour and its influence on the qualities of gluten-free bread. *LWT Food Science and Technology*, v. 42, n. 2, p. 618–623.

Correia, P. R.; Nunes, M. C.; Beirão-da-Costa, M. L. (2013). The effect of starch isolation method on physical and functional properties of Portuguese nut starches. II. *Q. rotundifolia* Lam. and *Q. suber* Lam. acorns starches. *Food Hydrocolloid*, 30: 448-455.

- Coşkuner, Y.; Karababa, E. (2004). Leblebi: a roasted chickpea product as a traditional Turkish snack food. *Food reviews international*, 20(3), 257-274.
- Dakia, P. A.; Wathélet, B.; Paquot, M. (2007). Isolation and chemical evaluation of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seed germ. *Food Chemistry*, 102(4), 1368-1374.
- Damodaran, S.; Parkin, K. L.; Fennema, O. R. (2010). *Química de Alimentos de Fennema*. 4. ed., Porto Alegre: Artmed, 900 p.
- De La Barca, A. M. C.; Rojas-Martínez, M. E.; Ilhas-Rubio, A. R.; Cabrera-Chavez, F. (2010). Gluten-free breads and cookies of raw and popped amaranth flours with attractive technological and nutritional qualities. *Plant Foods for Human Nutrition*, v. 65, n. 3, p. 241–246.
- Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., Sahin, S. (2010). Rheological properties of gluten-free bread formulations. *Journal of Food Engineering*, 96(2), p. 295-303.
- Demirkesen, I., Campanella, O. H., Sumnu, G., Sahin, S., Hamaker, B. R. (2014). A study on staling characteristics of gluten-free breads prepared with chestnut and rice flours. *Food and Bioprocess Technology*, 7, pp. 806-820.
- Dickinson, E. (2003) Hidrocolóides em interfaces e a influência nas propriedades de sistemas dispersos. *Food Hydrocolloids*, 17(1), Pages 25-39.
- Dow Pharma e Food Solutions. (2018). <https://www.dow.com/en-us/pharma>.
- Duodu, K. G.; Minnaar, A. (2011). Legume composite flours and baked goods: Nutritional, functional, sensory, and phytochemical qualities. In *Flour and breads and their fortification in health and disease prevention* (pp. 193-203).
- Durazzo, A.; Turfani, V.; Narducci, V.; Azzini, E.; Maiani, G.; Carcea, M. (2014). Nutritional characterisation and bioactive components of commercial carobs flours. *Food chemistry*, 153, 109-113.
- Elgeti, D.; Nordlohne, S. D.; Föste, M.; Besl, M.; Linden, M. H.; Heinz, V.; Becker, T. (2014). Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour. *Journal of Cereal Science*, 59(1), 41-47.
- Erbas, M.; Certel, M.; Uslu, M. K. (2005). Some chemical properties of white lupin seeds (*Lupinus albus* L.). *Food Chem.* 89: 341-345.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). *FAO Rice Market Monitor*, volume XXI - edição nº 1.
- FAOSTAT, (2013). *Statistical Database*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fasano A, Catassi C. (2001). Current approaches to diagnosis and treatment of celiac disease: an evolving spectrum. *Gastroenterology*. 120(3):636-51.
- Fitzgerald, M.A.; Mccouch, S.R.; Hall, R. D. (2009). Not just a grain of rice: the quest for quality. *Trends in Plant Science*, London, v. 14, p. 133-139.
- Friberg, S. E.; Larsson, K.; Sjöblom, J. (2005). *Food Emulsions*. 4ªed. Reino Unido: Taylor e Francis e-Library, 640p.
- Gallagher, E.; Gormley, T. R.; Arendt, E. K. (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science Technology*, v.15, n. 3-4, p.143-152.
- Giannou, V.; Tzia, C. (2007). Frozen dough bread: Quality and textural behavior during prolonged storage–Prediction of final product characteristics. *Journal of Food Engineering*, 79(3), 929-934.

- Graf, D., Di Cagno, R., Fk, F., Flint, H. J., Nyman, M., Saarela, M., Watzl, B. (2015). Contribuição da dieta para a composição da microbiota intestinal humana. *Microb Ecol Health Dis.* 26: 26164.
- Grunert, K. G.; Sophie, H.; Wills, J. (2014). Sustainability labels on food products: consumer motivation, understanding and use. *Food Policy*, 44: 177-189.
- Güemes-Vera, N.; Peña-Bautista, R. J.; Jiménez-Martínez, C.; Dávila-Ortiz, G.; Calderón-Domínguez, G. (2008). Effective detoxification and decoloration of *Lupinus mutabilis* seed derivatives, and effect of these derivatives on bread quality and acceptance. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(7), 1135-1143.
- Gujral, H. S., Guardiola, I., Carbonell, J. V., Rosell, C. M. (2003). Effect of cyclodextrinase on dough rheology and bread quality from rice flour. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 51, n. 13, p. 3814-3818.
- Gujral, H. S., Rosell, C. M. (2004). Improvement of the breadmaking quality of rice flour by glucose oxidase. *Food Research International* 37 (1), 75 - 81.
- Hager, A. S. (2013). Cereal Products for Specific Dietary Requirements. Evaluation and Improvement of Technological and Nutritional Properties of Gluten Free Raw Materials and End Products. PhD Thesis University College Cork, Ireland.
- Hager, A. S., Arendt, E. K. (2013). Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. *Food Hydrocolloids*, 32 (1), pp. 195-203.
- Hall, R. S.; Johnson, S. K. (2004). Sensory acceptability of foods containing Australian sweet lupin (*Lupinus angustifolius*) flour. *Journal of Food Science*, 69(2).
- Hera, E.; Martinez, M.; Gómez, M. (2013). Influence of flour particle size on quality of glutenfree rice bread. *LWT – Food Science and Technology*, v. 54, n. 1, p. 199-206.
- Houben, A.; Höchstötter, A.; Becker, T. (2012). Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: an overview. *European Food Research and Technology*, 235, pp. 195-208.
- Iglesias-Puig, E.; Monedero, V.; Haros, M. (2015). Bread with whole quinoa flour and bifidobacterial phytases increases dietary mineral intake and bioavailability. *LWT-Food Science and Technology*, 60(1), 71-77.
- INE. (2013). Estatísticas Agrícolas. Instituto Nacional de Estatística IP, Lisboa, Portugal.
- Iqbal, A., Khalil, I. A., Ateeq, N., Khan, M. S. (2006). Nutritional quality of important food legumes. *Food Chem.*, 97, pp. 331-335.
- Jamnadas, R. H.; Dawson, I. K.; Franzel, S.; Leakey, R. R. B.; Mithöfer, D.; Akinnifesi, F. K. (2011). Improving livelihoods and nutrition in sub-Saharan Africa through the promotion of indigenous and exotic fruit production in smallholders' agroforestry systems: A review. *Int Forest Rev.*; 13: 338-354.
- Jayasena, V. Quail, K. (2004). Lupin: A legume with a future, *Food Beverage Asia*, 12, 16-21.
- Júnior, M., Bassinello, P., Caliar, M. (2009). Quality of breads with toasted rice bran, *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 29(3): 636-641.
- Johansson, S. G. O., Bieber, T., Dahl, R., Friedmann, P. S., Lanier, B. Q., Lockey, R. F., e Thien, F. (2004). Revised nomenclature for allergy for global use: Report of the Nomenclature Review Committee of the World Allergy Organization, October 2003. *Journal of allergy and clinical immunology*, 113(5), 832-836.
- Kasarda, D. D. (2013). Can an increase in celiac disease be attributed to an increase in the gluten content of wheat as a consequence of wheat breeding? *J Agric Food Chem.*; 61: 1155-1159.

Kilcast, D. (2013). Measurement of the sensory quality of food: an introduction. In *Instrumental Assessment Of Food Sensory Quality* (pp. 1-26).

Kiskini, A.; Argiri, K.; Kalogeropoulos, M.; Komaitis, M.; Kostaropoulos, A.; Mandala, I.; Kapsokefalou, M. (2007). Sensory characteristics and iron dialyzability of gluten-free bread fortified with iron. *Food Chemistry*, v. 102, n. 1, p. 309-316.

de Kock, S.; Taylor, J.; Taylor, J. R. N. (1999). Effect of heat treatment and particle size of different brans on loaf volume of brown bread. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 32, 349-356.

Kohajdová, Z.; Karovičová, J.; Schmidt, Š. (2011). Lupin composition and possible use in bakery – a review. *Czech J. Food Sci.*, 29: 203–211.

Korus, J., Witczak, M., Ziobro, R., Juszcak, L. (2015). The influence of acorn flour on rheological properties of gluten-free dough and physical characteristics of the bread. *European Food Research and Technology*, 240 (6), pp. 1135-1143.

Kotze, S. L. M. (2006). Doença celíaca. *Jornal Brasileiro de Gastroenterologia*. Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 23-34.

Lazaridou, A.; Duta, D.; Papageorgiou, M.; Belc, N.; Biliaderis, C. G. (2007). Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food -Free Bread Making Food and Nutrition Sciences*. 4: 496-502.

Lee, Y. P.; Mori, T. A.; Sipsas, S.; Barden, A.; Puddey, I. B.; Burke, V.; Hodgson, J. M. (2006). Lupin-enriched bread increases satiety and reduces energy intake acutely–. *The American journal of clinical nutrition*, 84(5), 975-980.

León-Camacho, M., Viera-Alcaide, I., Vicario, I. (2004). Acorn (*Quercus* spp.) fruit lipids: Saponifiable and unsaponifiable fractions: A detailed study. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 81 (5), pp. 447-453.

Levent, H., Bilgiçli, N. (2011). Effect of Gluten-Free Flours on Physical Properties of Cakes. *Journal of Food Science and Engineering*, 1, 354-360.

Livingstone, K.; Givens, D.; Cockcroft, J.; Pickering, J.; Lovegrove, J. (2013). Is fatty acid intake a predictor of arterial stiffness and blood pressure in men? Evidence from the caerphilly prospective study. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.*; 23: 1079-1085.

Lovati, M. R.; Manzoni, C.; Castiglioni, S.; Parolari, A.; Magni, C.; Duranti, M. (2012). Lupin seed γ -conglutin lowers blood glucose in hyperglycaemic rats and increases glucose consumption of HepG2 cells. *British Journal of Nutrition*, 107(1), 67-73.

Mahmoud, R. M.; Yousif, E. I.; Gadallah, M. G. E.; Alawneh, A. R. (2013). Formulations and quality characterization of gluten-free Egyptian balady flat bread. *Annals of Agricultural Science*, v. 58, n. 1, p. 19-25.

Malalgoda, M.; Simsek, S. (2017). Celiac disease and cereal proteins. *Food Hydrocolloids*. Volume 68, July 2017, Pages 108-113.

Marco, C.; Rosell, C. M. (2008). Breadmaking performance of protein enriched, gluten-free breads. *European Food Research and Technology*, v. 227, n. 4, p. 1205-1213.

Mariotti, M.; Pagani, M. A.; Lucisano, M. (2013). The role of buckwheat and HPMC on the breadmaking properties of some commercial gluten-free bread mixtures. *Food Hydrocolloids*, v. 30, n. 1, p. 393-400.

Marti, A.; Caramanico, R.; Bottega, G.; Pagani, M. A. (2013). Cooking behavior of rice pasta: Effect of thermal treatments and extrusion conditions. *LWT – Food Science and Technology*. Vol. 54, n.1, 229-235p.

- Marti, A.; Pagani, M. A.; Seetharaman, K. (2011). Understanding starch organization in gluten-free pasta from rice flour. *Carbohydrate Polymers*. Vol. 84, n.1, 1069-1074p.
- Martínez, M. M.; Marcos, P.; Gómez, M. (2013). Texture development in gluten-free breads: effect of different enzymes and extruded flour. *Journal of Texture Studies*, v. 44, n. 6, p. 480-489.
- Matsumoto T., Miyazaki, T. (2004). Systemic urticaria in an infant after ingestion of processed food that contained a trace quantity of wheat. *Annals of Allergy, Asthma Immunology*, 93(1), 98-100.
- Matos, M. E.; Rosell, C. M. (2013). Quality indicators of rice-based gluten-free bread-like products: relationships between dough rheology and quality characteristics. *Food Bioprocess Technol* 6(9):2331–2341.
- Meng, X.; Threinen, D.; Hansen, M.; Driedger, D. (2010). Effects of extrusion conditions on system parameters and physical properties of a chickpea flour-based snack. *Food Research International*, 43(2), 650-658.
- Mezaize, S.; Chevallier, S.; Le, B. L. U.; Lamballerie, M. (2009). Optimization of gluten-free formulations for French-style breads. *Journal of Food Science*, v. 74, n. 3, p. E140-146.
- Miñarro, B., Albanell, E., Aguilar, N., Guamis, B., Capellas, M. (2012). Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. *Journal of Cereal Science* 56, 476 – 481.
- Moder, G. J.; Finney, K. F.; Bruinsma, B. L.; Ponte, J. J. G.; Bolte, L. C. (1984). Bread-making potential of straight-grade and whole-wheat flours of triumph and eagle- plainsman v hard red winter wheats. *Cereal Chemistry*, 61, 269-273.
- Mohammed, I., Ahmed, A. R., Senge, B. (2012). Dough rheology and bread quality of wheat–chickpea flour blends. *Industrial Crops and Products*. 36 (1), pp. 196-202.
- Morais, E. C., Cruz, A. G., Bolini, H. M. A. (2013). Gluten-free bread: multiple time-intensity analysis, physical characterisation and acceptance test. *Int J Food Sci Technol* 48(10):2176–2184.
- Nascimento, A. C.; Mota, C.; Coelho, I.; Gueifão, S.; Santos, M.; Matos, A. S.; Castanheira, I. (2014). Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays L.*) consumed in the North of Argentina: proximates, minerals and trace elements. *Food chemistry*, 148, 420-426.
- Naves, M. M. V. (2007). Características químicas e nutricionais do arroz. *B.CEPPA*. Vol. 25, nº 1, 51-60p.
- Nilufer-Erdil, D.; Serventi, L.; Boyacioglu, D.; Vodovotz, Y. (2012). Effect of soy milk powder addition on staling of soy bread. *Food Chemistry*, 131(4), 1132-1139.
- Nunes, M. H. B., Moore, M. M., Ryan, I. A. M., Arendt, E. K. (2009). Impact of emulsifiers on the quality and rheological properties of gluten-free breads and batters. *European Food Research and Technology*, New York, v. 228, p. 633–642.
- Ouazib, M.; Dura, A.; Zaidi, F.; Rosell, C. M. (2016). Effect of partial substitution of wheat flour by processed (Germinated, Toasted, Cooked) chickpea on bread quality. *International Journal of Agricultural Science and Technology*, 53(6), 2664-2672.
- Onyango, C.; Christopher, M.; Gunter, U.; Meinolf, G. L. (2009). Creep-recovery parameters of gluten-free batter and crumb properties of bread prepared from pregelatinised cassava starch, sorghum and selected proteins. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 44, n. 12, p. 2493-2499.
- Onyango, C.; Christopher, M.; Gunter, U.; Meinolf, G. L. (2010). Batter rheology and bread texture of sorghum-based gluten-free formulations modified with native or pregelatinised cassava starch and α -amylase. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 45, n. 6, p. 1228-1235.

- Özcan, T. (2006). Total protein and amino acid compositions in the acorns of Turkish *Quercus* L. *Genet Resour Crop Evol.* 53(2):419–429.
- Paciulli, M.; Rinaldi, M.; Cirlini, M.; Scazzina, F.; Chiavaro, E. (2016). Chestnut flour addition in commercial gluten-free bread: a shelf-life study. *LWT – Food Science and Technology*, 70, 88–95.
- Pallarés, M.G.; León, A.E.; Rosell, C.M. (2007). Trigo. In: *De Tales Harinas, Tales Panes: Granos, harinas e productos de panificación en Iberoamérica*. Córdoba, Argentina. 123-160p.
- Paraskevopoulou, A.; Provatidou, E.; Tsotsiou, D.; Kiosseoglou, V. (2010). Dough rheology and baking performance of wheat flour–lupin protein isolate blends. *Food Research International*, 43(4), 1009-1016.
- Pedro, N., Lopes, S., Szantho, A., Costa, A., Moura, J. J. (2009). Doença celíaca: revisão de conceitos e novos desenvolvimentos. *Med Intern.*16(1):62-68.
- Pellegrini, M.; Lucas-Gonzales, R.; Ricci, A.; Fontecha, J.; Fernández-López, J.; Pérez-Álvarez, J. A.; Viuda-Martos, M. (2018). Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. *Industrial Crops and Products*, 111, 38-46.
- Peressini, D.; Pin, M.; Sensidoni, A. (2011). Rheology and breadmaking performance of ricebuckwheat batters supplemented with hydrocolloids. *Food Hydrocolloids*, v. 25, n. 3, p. 340- 349.
- Phillips, G. O.; Williams, P. A. (2009). *Handbook of Hydrocolloids*. 2, ed., Cambridge: Woodhead Publishing, 948 p.
- Pongjaruvat, W.; Methacanon, M.; Seetapão, N.; Fuongfuchat, A.; Gamonpilas, C. (2014). Influence of pregelatinised tapioca starch and transglutaminase on dough rheology and quality of gluten-free jasmine rice breads. *Food Hydrocolloids*, v. 36, p. 143-150.
- Powell, B.; Hall, J.; Johns, T. (2011). Forest cover, use and dietary intake in the East Usambara Mountains, Tanzania. *Int Forest Rev.*; 13: 305-324.
- Produtos Tradicionais Portugueses, Lisboa, DGDR, 2001.
- Rakić, S.; Povrenović, D.; Tešević, V.; Simić, M.; Maletić, R. (2006). Oak acorn, polyphenols and antioxidant activity in functional food. *J Food Eng.*; 74: 416-423.
- Rao, V. N. M.; Quintero, X. (2005). Rheological Properties of Solid Foods. Em Rao, M. A.; Rizvi, S. S. H.; Datta A. K. (Eds.), *Engineering Properties of Foods*. 3rd ed., New York, ST: Taylor & Francis Group. 101-147p.
- Renzetti, S.; Rosell, C. M. (2016). Role of enzymes in improving the functionality of proteins in non-wheat dough systems. *Journal of Cereal Science*, 67, 35–45.
- Riemsdijk, L. E.; Goot, A. J.; Hamer, R. J.; Boom, R. M. (2011). Preparation of gluten-free bread using a meso-structured whey protein particle system. *Journal of Cereal Science*, v. 53, n. 3, p. 355-361.
- Sabanis, D.; Lebesi, D.; Tzia, C. (2009). Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. *LWT-Food Science and Technology*, 42(8), 1380-1389.
- Sacchetti, G., Pinnavaia, G. G., Guidolin, E., Dalla-Rosa, M. (2004). Effects of extrusion temperature and feed composition on the functional, physical and sensory properties of chestnut and rice flour-based snack-like products. *Food Research International*, 37, pp. 527-534.
- Sahae, D.; Bhattacharya, S. (2010). Hidrocolóides como espessantes e gelificantes em alimentos: uma revisão crítica. *J Food Sci Technol.* 47 (6): 587-597.

- Sakač, M.; Torbica, A.; Sedej, I.; Hadnadev, M. (2011). Influence of breadmaking on antioxidant capacity of gluten free breads based on rice and buckwheat flours. *Food Research International*, v. 44, n. 9, p. 2806-13.
- Scherf, K.A., Koehler, P., Wieser, H. (2016). Gluten and wheat sensitivities - An overview. *Journal of Cereal Science*, 67, pp. 2-11.
- Sciarini, L., Pérez, G., Lamballerie, M. (2012). Incorporation of several additives into gluten free breads: Effect on dough properties and bread quality. *Food Bioprocess Technol.* 5: 1724–1732.
- Sciarini, L., Ribotta, P., León, A., Pérez, G. (2010). Influence of Gluten-free Flours and their Mixtures on Batter Properties and Bread Quality *Food Bioprocess Technol.* 3: 577–585.
- Schober, T. J.; Bean, A. R.; Boyle, D. L. (2007). Gluten-free sorghum bread improved by sough fermentation - biochemical, rheological, and microstructural background. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 55, n. 13, p. 5137-5146.
- Schoenlechner, R.; Mandala, I.; Kiskini, A.; Kostaropoulos, A.; Berghofer, E. (2010). Effect of water, albumen and fat on the quality of gluten-free bread containing amaranth. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 45, n. 4, p. 661-669.
- Sdepanian, V. L.; Morais, M. B.; Fagundes-Neto, U. (1999). Doença celíaca: a evolução dos conhecimentos desde sua centenária descrição original até os dias atuais. *Arq Gastroenterol.* 36:244-57.
- Shewry, P. R.; Halford, N. G. (2002). Cereal seed storage proteins: structures, properties and role in grain utilization. *J Exp Bot.* 53(370):947-58.
- Silva, A. P.; Santos-Ribeiro, R.; Borges, O.; Magalhães, B.; Silva, M. E.; Gonçalves, B. (2011). Effects of roasting and boiling on the physical and mechanical properties of 11 Portuguese chestnut cultivars (*Castanea sativa* Mill.). *CyTA-Journal of Food*, 9(3), 214-219.
- Singh, H.; MacRitchie, F. (2001). Application of Polymer Science to Properties of Gluten. *Journal of Cereal Science.* 33 (3), pp. 231-243.
- Singh, G. D., Riar, C. S., Saini, C., Bawa, A. S., Sogi, D. S., Saxena, D. C. (2011). Indian water chestnut flour-method optimization for preparation, its physicochemical, morphological, pasting properties and its potential in cookies preparation. *LWT – Food Science and Technology*, 44 (3), 665–672.
- Skendi, A.; Mouselimidou, P.; Papageorgiou, M.; Papastergiadis, E. (2018). Effect of acorn meal-water combinations on technological properties and fine structure of gluten-free bread. *Food chemistry*, 253, 119-126.
- Smith, B. M.; Bean, S. R.; Schober, T. J.; Tilley, M.; Herald, T. J.; Aramouni, F. (2010). Composition and molecular weight distribution of carob germ protein fractions. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(13), 7794-7800.
- Song, J. Y.; Shin, M. (2007). Effects of soaking and particle sizes on the properties of rice flour and gluten-free bread. *Food Science and Biotechnology*, v. 16, n. 5, p. 759-764.
- Sousa, I. M. N. (2001). A Reologia dos Produtos Alimentares. In: *Reologia e suas Aplicações Industriais*. A. Gomes de Castro; J. A. Covas e A. C. Diogo. Instituto Piaget, Lisboa. 131-157p.
- Sozer, N. (2009). Rheological properties of rice pasta dough supplemented with proteins and gums. *Food Hydrocolloids*. Vol.23, n.1, 849-855p.
- Spiertz, H. (2010). Food production, crops and sustainability: restoring confidence in science and technology. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2: 439-443.

- Stikic, R., Glamoclija, D., Demin, M., Vucelic-Radovic, B., Jovanovic, Z., Milojkovic-Opsenica, D., Jacobsen, S. R., Milovanovic, M. (2012). Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. *J. Cereal Sci.*, 55 (2), pp. 132-138
- Storck, C. R.; Zavareze, E. R.; Gularte, M. A.; Elias, M. C.; Rosell, C. M.; Dias, A. R. G. (2013). Protein enrichment and its effects on gluten-free bread characteristics. *LWT – Food Science and Technology*, v. 53, n. 1, p. 346-354.
- Tester, R. F.; Karkalas, J.; Qi, X. (2004). Review: Starch composition fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science*, London, v. 39, p. 151-165.
- Thompson, T. (2000). Teor de folato, ferro e fibra alimentar da dieta isenta de glúten. *J Am Diet Assoc.* 100 (11): 1389-96.
- Torbica, A.; Hadnađev, M.; Dapčević, T. (2010). Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. *Food Hydrocolloids*, v. 24, n. 6-7, p. 626-32.
- Tsatsaragkou, K., Gounaropoulos, G., Mandala, I. (2014). Development of gluten free bread containing carob flour and resistant starch. *LWT - Food Science and Technology* 58, 124 – 129.
- Tsatsaragkou, K., Yiannopoulos, S., Kontogiorgi, A., Poulli, E., Krokida, M., Mandala, I. (2012). Mathematical approach of structural and textural properties of gluten free bread enriched with carob flour. *Journal of Cereal Science.* 56, 603 – 609.
- Turkut, G. M., Cakmak, H., Kumcuoglu, S., Tavma, S. (2016). Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science.* 69 (1), pp. 174 – 181.
- Turnbull, C. M.; Baxter, A. L.; Johnson, S. K. (2005). Water-binding capacity and viscosity of Australian sweet lupin kernel fibre under in vitro conditions simulating the human upper gastrointestinal tract. *International journal of food sciences and nutrition*, 56(2), 87-94.
- USDA-United States Department of Agriculture (2014). National Nutrient Database for Standard Reference Release, 27, p. 20035 (Quinoa- uncooked, and Buckwheat).
- Vallons, K. J. R.; Ryan, L. A. M.; Koehler, P.; Arendt, E. K. (2010). High pressure–treated sorghum flour as a functional ingredient in the production of sorghum bread. *European Food Research and Technology*, v. 231, n. 5, p. 711-717.
- Viebke, C.; Al-Assafa, S.; Phillips, G. O. (2014). Food hydrocolloids and health claims. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre* 4: 101-114.
- Vinceti, B.; Termote, C.; Ickowitz, A.; Powel, B.; Kehlenbeck, K.; Hunter, D. (2013). The contribution of forests and trees to sustainable diets. *Sustainability*, 5: 4797-4824.
- Walter, M.; Marchezan, E.; Avila, I. A. (2008). Arroz: composição e características nutricionais. *Ciência Rural*. V.38, n.4. p.1184-1192. Santa Maria.
- Wang, Y., Belton, P. S., Bridon, H., Garanger, E., Wellner, N., Parker, M. L., Grant, A., Feillet, P., Noel, T. R. (2001). Physicochemical studies of caroubin: a gluten-like protein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49, 3414 – 3419.
- Wang, S.; Errington, S.; Yap, H. H. (2008). Studies on carotenoids from lupin seeds. In *Lupins for Health and Wealth* Proceedings of the 12th International Lupin Conference (pp. 14-18).
- Wani, A. A.; Singh, P.; Shah, M. A.; Schweiggert-Weisz, U.; Gul, K.; Wani, I. A. (2012). Rice starch diversity: effects on structural, morphological, thermal and physicochemical properties – A Review. *Comprehensive Reviews In Food Science and Food Safety*. Vol. 11, n.1, 417-436p.
- Wieser, H.; Koehler, P. (2008). The Biochemical Basis of Celiac Disease. *Cereal Chemistry*, 85: 1-13.

WSFS - World Summit on Food Security. Declaration of the World Summit on Food Security. 2009.

Wronkowska, M., Troszynska, A., Soral-Smietana, M., Wolejszo, A. (2008). Effects of buckwheat flour (*Fagopyrum esculentum* Moench) on the quality of gluten-free bread. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, Olsztyn, v. 58, n. 2, p. 211-216.

Wronkowska, M., Haros, M., Soral-Smietana, M. (2013). Effect of starch substitution by buckwheat flour on gluten-free bread quality. Food and Bioprocess Technology, v. 6, n. 7, p. 1820-1827.

Wronkowska, M., Zielińska, D., Szawara-Nowak, D., Troszyńska, A., Soral-Smietana, M. (2010). Antioxidative and reducing capacity, macroelements content and sensorial properties of buckwheat-enhanced gluten-free bread. International Journal of Food Science and Technology, v. 45, n. 10, p. 1993-2000.

Yang, F., Liu, Q., Pan, S., Xu, C., Xiong, Y. L. (2015). Chemical composition and quality traits of Chinese chestnuts (*Castanea mollissima*) produced in different ecological regions. Food Biosci. 11, 33–42.

Yousif, A. K.; Alghzawi, H. M. (2000). Processing and characterization of carob powder. Food chemistry, 69(3), 283-287.

Zandonadi, R. P.; Botelho, R. B. A.; Araújo, W. M. C. (2009). Psyllium as a substitute for gluten in bread. Journal of American Dietetic Association, v. 109, n. 10, p. 1781-1784.

Ziobro, R.; Witczak, T.; Juszcak, L.; Korus, J. (2013). Supplementation of gluten-free bread with non-gluten proteins. Effect on dough rheological properties and bread characteristic. Food Hydrocolloids, v. 32, n. 2, p. 21- 220.

ANEXOS

ANEXO 1 – Ficha de Análise sensorial de pão sem glúten



Análise sensorial de pão sem glúten

Nome: _____ Data: __/__/__

Idade: _____

Observações:

A seguinte prova de análise sensorial insere-se no âmbito da realização de uma tese de mestrado em Ciências Gastronômicas.

Caso seja **ALÉRGICO** a algum alimento, deverá informar desde logo o responsável pela prova de análise sensorial.

Introdução à ficha de análise sensorial:

- Irá receber **três** amostras de pão. Codifique as amostras e, de seguida, classifique de forma mais adequada cada atributo do pão;
- No fim ordene, por ordem de preferência, os pães avaliados.

É celíaco? _____

Não sendo celíaco, costuma consumir pão sem glúten? _____

Muito obrigada pela colaboração!

Código da amostra: _____

Assinale com um X a classificação que acha mais adequada para cada atributo.

<u>COR</u>	<u>AROMA</u>	<u>ASPETO</u>	<u>SABOR</u>
<input type="checkbox"/> Muito agradável	<input type="checkbox"/> Muito agradável	<input type="checkbox"/> Muito agradável	<input type="checkbox"/> Muito agradável
<input type="checkbox"/> Agradável	<input type="checkbox"/> Agradável	<input type="checkbox"/> Agradável	<input type="checkbox"/> Agradável
<input type="checkbox"/> Indiferente	<input type="checkbox"/> Indiferente	<input type="checkbox"/> Indiferente	<input type="checkbox"/> Indiferente
<input type="checkbox"/> Desagradável	<input type="checkbox"/> Desagradável	<input type="checkbox"/> Desagradável	<input type="checkbox"/> Desagradável
<input type="checkbox"/> Muito desagradável	<input type="checkbox"/> Muito desagradável	<input type="checkbox"/> Muito desagradável	<input type="checkbox"/> Muito desagradável
<u>CONSISTÊNCIA</u>	<u>APRECIÇÃO GLOBAL</u>	<u>INTENÇÃO DE COMPRA</u>	
<input type="checkbox"/> Muito agradável	<input type="checkbox"/> Muito agradável	<input type="checkbox"/> Compraria de certeza	
<input type="checkbox"/> Agradável	<input type="checkbox"/> Agradável	<input type="checkbox"/> Provavelmente compraria	
<input type="checkbox"/> Indiferente	<input type="checkbox"/> Indiferente	<input type="checkbox"/> Não sei se compraria	
<input type="checkbox"/> Desagradável	<input type="checkbox"/> Desagradável	<input type="checkbox"/> Provavelmente não compraria	
<input type="checkbox"/> Muito desagradável	<input type="checkbox"/> Muito desagradável	<input type="checkbox"/> Não compraria de certeza	

Observações: _____

Código da amostra: _____

Assinale com um X a classificação que acha mais adequada para cada atributo.

<u>COR</u>	<u>AROMA</u>	<u>ASPETO</u>	<u>SABOR</u>
<input type="checkbox"/> Muito agradável	<input type="checkbox"/> Muito agradável	<input type="checkbox"/> Muito agradável	<input type="checkbox"/> Muito agradável
<input type="checkbox"/> Agradável	<input type="checkbox"/> Agradável	<input type="checkbox"/> Agradável	<input type="checkbox"/> Agradável
<input type="checkbox"/> Indiferente	<input type="checkbox"/> Indiferente	<input type="checkbox"/> Indiferente	<input type="checkbox"/> Indiferente
<input type="checkbox"/> Desagradável	<input type="checkbox"/> Desagradável	<input type="checkbox"/> Desagradável	<input type="checkbox"/> Desagradável
<input type="checkbox"/> Muito desagradável	<input type="checkbox"/> Muito desagradável	<input type="checkbox"/> Muito desagradável	<input type="checkbox"/> Muito desagradável
<u>CONSISTÊNCIA</u>	<u>APRECIÇÃO GLOBAL</u>	<u>INTENÇÃO DE COMPRA</u>	
<input type="checkbox"/> Muito agradável	<input type="checkbox"/> Muito agradável	<input type="checkbox"/> Compraria de certeza	
<input type="checkbox"/> Agradável	<input type="checkbox"/> Agradável	<input type="checkbox"/> Provavelmente compraria	
<input type="checkbox"/> Indiferente	<input type="checkbox"/> Indiferente	<input type="checkbox"/> Não sei se compraria	
<input type="checkbox"/> Desagradável	<input type="checkbox"/> Desagradável	<input type="checkbox"/> Provavelmente não compraria	
<input type="checkbox"/> Muito desagradável	<input type="checkbox"/> Muito desagradável	<input type="checkbox"/> Não compraria de certeza	

Observações: _____

Código da amostra: _____

Assinale com um X a classificação que acha mais adequada para cada atributo.

<p><u>COR</u></p> <p><input type="checkbox"/> Muito agradável</p> <p><input type="checkbox"/> Agradável</p> <p><input type="checkbox"/> Indiferente</p> <p><input type="checkbox"/> Desagradável</p> <p><input type="checkbox"/> Muito desagradável</p>	<p><u>AROMA</u></p> <p><input type="checkbox"/> Muito agradável</p> <p><input type="checkbox"/> Agradável</p> <p><input type="checkbox"/> Indiferente</p> <p><input type="checkbox"/> Desagradável</p> <p><input type="checkbox"/> Muito desagradável</p>	<p><u>ASPETO</u></p> <p><input type="checkbox"/> Muito agradável</p> <p><input type="checkbox"/> Agradável</p> <p><input type="checkbox"/> Indiferente</p> <p><input type="checkbox"/> Desagradável</p> <p><input type="checkbox"/> Muito desagradável</p>	<p><u>SABOR</u></p> <p><input type="checkbox"/> Muito agradável</p> <p><input type="checkbox"/> Agradável</p> <p><input type="checkbox"/> Indiferente</p> <p><input type="checkbox"/> Desagradável</p> <p><input type="checkbox"/> Muito desagradável</p>
<p><u>CONSISTÊNCIA</u></p> <p><input type="checkbox"/> Muito agradável</p> <p><input type="checkbox"/> Agradável</p> <p><input type="checkbox"/> Indiferente</p> <p><input type="checkbox"/> Desagradável</p> <p><input type="checkbox"/> Muito desagradável</p>	<p><u>APRECIÇÃO GLOBAL</u></p> <p><input type="checkbox"/> Muito agradável</p> <p><input type="checkbox"/> Agradável</p> <p><input type="checkbox"/> Indiferente</p> <p><input type="checkbox"/> Desagradável</p> <p><input type="checkbox"/> Muito desagradável</p>	<p><u>INTENÇÃO DE COMPRA</u></p> <p><input type="checkbox"/> Compraria de certeza</p> <p><input type="checkbox"/> Provavelmente compraria</p> <p><input type="checkbox"/> Não sei se compraria</p> <p><input type="checkbox"/> Provavelmente não compraria</p> <p><input type="checkbox"/> Não compraria de certeza</p>	

Qual foi o pão que mais apreciou? (Preencha o código da amostra)

- apreciado

+ apreciado

Observações gerais: _____

ANEXO 2 – Aplicação da Análise sensorial na Loja Levíssima.

