



INSTITUTO  
SUPERIOR DE  
AGRONOMIA  
*Universidade de Lisboa*

**Lívia Henriques Fernandes**  
Bacharel em Nutrição

## **Produtos de panificação isentos de glúten: um desafio gastronómico**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Ciências  
Gastronómicas

Orientadora: Maria Cristiana Nunes, Professora Auxiliar da  
Universidade Lusófona;  
Co-orientadora: Anabela Raymundo, Professora Auxiliar  
com Agregação do Instituto Superior de Agronomia

Júri:

Presidente: Doutora Maria Paulina Estorninho Neves da Mata, Profes-  
sora Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade  
NOVA de Lisboa;

Arguente: Doutora Patrícia Catarina das Neves Bordalo Branco Fradi-  
nho, Professora Auxiliar Convidada, Instituto Superior de Agronomia,  
Universidade de Lisboa;

Vogal: Doutora Maria Cristiana Henriques Nunes, Professora Auxiliar,  
Faculdade de Engenharia, Universidade Lusófona de Humanidades e  
Tecnologias.

**LOMBADA**



**U**  
LISBOA  
UNIVERSIDADE DE LISBOA

**Produtos de panificação isentos de glúten: um desafio gastronómico**  
**Lívia Fernandes**



INSTITUTO  
SUPERIOR DE  
AGRONOMIA  
*Universidade de Lisboa*

**Lívia Henriques Fernandes**  
Bacharel em Nutrição

## **Produtos de panificação isentos de glúten: um desafio gastronómico**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Ciências  
Gastronómicas

Orientadora: Maria Cristiana Nunes, Professora Auxiliar da  
Universidade Lusófona;

Co-orientadora: Anabela Raymundo, Professora Auxiliar  
com Agregação do Instituto Superior de Agronomia



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Novembro 2020**



### **Produtos de panificação isentos de glúten: um desafio gastronómico.**

Copyright © Lívia Henriques Fernandes, 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.



*Dedicatória à minha família...*

V



# Agradecimentos

Agradeço primeiramente à Deus, por caminhar comigo, me amparar e dar forças para que este sonho se concretizasse.

Gratidão aos meus familiares por sempre me apoiarem e incentivarem nas minhas escolhas. Especialmente aos meus pais Terezinha e Antônio, que nunca mediram esforços quando a questão é a educação e que sempre fizeram o possível pela minha felicidade. Não tenho palavras para agradecer por tanto amor e dedicação a mim e à nossa família. Sem vocês nada seria possível!

Às minhas irmãs Letícia e Laura por estarem sempre comigo e vibrarem por mim a cada vitória. À minha avó Dadinha e tio Enio por tanto carinho dedicado a mim, pelas orações e mensagens encorajadoras. Ao meu avô Gecelmino (in memoriam), que foi e ainda é um dos meus maiores exemplos de vida, de profissional e pessoa. Aos meus primos e amigos que estão no Brasil pela torcida e apoio, em especial a Pati, Dau e Talita.

Agradeço também aos meus colegas de classe (e agregados), pessoas muito especiais que tive o privilégio de conhecer e conviver. Principalmente aos amigos May, Mari, Naomi, Carol, Mônica, Gabi e Matheus. Com eles a rotina de estudos, e o fato de estar longe de casa, se tornou muito mais leve e divertido.

Gratidão aos meus professores e mentores, em especial a professora Paulina por tanto conhecimento compartilhado, por toda paciência e dedicação para conosco. Às minhas orientadoras Cristiana e Anabela, pela atenção e auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

Por fim agradeço ao Lucas, meu companheiro de vida, por ter estado ao meu lado durante todo este período, me impulsionando e dando forças em todos os momentos. E também aos meus sogros Tati e Carlos pela torcida e apoio diário.

Muito, muito obrigada a todos!



## Resumo

As alergias e as intolerâncias alimentares são atualmente consideradas umas das principais patologias associadas à nutrição. Um dos componentes que tem sido alvo de muitos estudos é o glúten. A ingestão de frações de prolaminas (uma proteína do glúten), desencadeia uma condição autoimune inflamatória em indivíduos geneticamente predispostos, a Doença Celíaca (DC). Uma das grandes dificuldades destes pacientes é encontrar alimentos seguros, de boa qualidade nutricional e sensorialmente apreciáveis, uma vez que o único tratamento é a eliminação do glúten da dieta.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um portfólio de produtos de panificação isentos glúten que cumpram os seguintes requisitos: composição nutricional equilibrada, sensorialmente apreciados por celíacos e público em geral, baixo custo de matérias primas e fácil preparação doméstica. Para além disso, outro grande desafio, foi desenvolver produtos sem glúten utilizando massa mãe, também isenta de glúten, devido às vantagens nutricionais que apresenta quando comparada à levedura industrial.

Os produtos desenvolvidos foram: massa mãe sem glúten, pão de amêndoa e teff, pão de grão de bico e tremoço, e pão de sésamo. Todos os pães obtiveram bons resultados, tanto a nível da aparência, como de sabor, aroma e textura. Os pães feitos com a massa mãe apresentaram sabor e aroma levemente azedo, característico do tipo de fermentação. Também apresentaram alvéolos mais bem definidos, quando comparados aos pães com fermento industrial.

A partir da análise de custo observou-se que, entre os três pães desenvolvidos, o mais caro foi o de amêndoa e teff e o mais barato o de grão de bico e tremoço. Os resultados demonstraram que os pães elaborados neste trabalho têm um preço reduzido quando comparados aos pães isentos de glúten vendidos no mercado. E com relação às declarações nutricionais, o pão de grão de bico e tremoço recebeu a alegação “Fonte de proteínas” e “Rico em fibras”, o pão de amêndoa e teff “Fonte de fibras” e o pão de sésamo “Fonte de proteínas” e “Fonte de fibras”.

**Palavras chave:** Nutrição; Glúten; Doença Celíaca; Pães sem Glúten, Massa Mãe sem Glúten, Fermento.

# Abstract

Food allergies and intolerances are currently considered the main pathologies associated with nutrition. One of the components that has been the subject of many studies is gluten. The ingestion of fractions of prolamines (gluten proteins), triggers an inflammatory autoimmune condition in genetically predisposed people, Celiac Disease (CD). One of the great difficulties of these patients is to find safe food, of good nutritional quality and sensorially appreciable, since the only treatment is the elimination of gluten from the diet.

The objective of the work was to develop a portfolio of gluten-free bakery products that meet the following requirements: balanced nutritional composition, sensorially appreciated by celiacs and the general population, low cost ingredients and easy domestic preparation. In addition, another major challenge was to develop gluten-free products using sourdough, also free of gluten, due to the nutritional advantages it presents when compared to industrial yeast.

The products developed were: gluten-free sourdough, almond and teff bread, chickpea and lupine bread, and sesame bread. All breads were obtained with good results, both in terms of appearance, flavor, aroma and texture. The breads made with the sourdough had a slightly sour aroma and flavour, characteristic of the type of fermentation. They also had better defined alveoli, when compared to breads prepared with industrial yeast.

From the cost analysis it was observed that, among the three breads developed, the most expensive was the almond and teff bread and the cheapest the chickpea and lupine bread. The results showed that the breads produced in this work have a reduced price when compared to the gluten-free breads sold on the market. In relation to the nutritional statements, the chickpea and lupine bread can receive the claim “Source of proteins” and “Rich in fibers”, the almond and teff bread the claims “Source of fibers” and the sesame bread the claims “Source of proteins” and “Source of fibers”.

**Keywords:** Nutrition; Gluten; Celiac disease; Gluten-Free Breads, Gluten-Free Sourdough, Yeast.



# Índice Geral

Agradecimentos .....	VII
Resumo .....	IX
Abstract.....	XI
Índice Geral .....	XIII
Índice de Tabelas .....	XV
Índice de Figuras .....	XVII
1. Introdução .....	1
2. Revisão da Literatura .....	3
2.1 Alergia alimentares versus intolerâncias alimentares .....	3
2.2 O glúten .....	5
2.3 Doença celíaca .....	6
2.4 Substitutos do trigo .....	9
2.5 Ingredientes usados em formulações isentas de glúten .....	11
2.5.1 Amido de milho .....	11
2.5.2 Araruta.....	12
2.5.3 Fécula de mandioca ou polvilho doce .....	13
2.5.4 Farinha de arroz.....	14
2.5.5 Farinha de aveia.....	16
2.5.6 Farinha de quinoa .....	17
2.5.7 Farinha de grão de bico .....	19
2.5.8 Farinha de teff.....	20
2.5.9 Farinha de linhaça.....	21
2.5.10 Farinha de amêndoa.....	22
2.5.11 Farinha de tremoço .....	23
2.5.12 Fibras .....	25
2.5.13 Fermento.....	27
3. Materiais e Métodos.....	33
3.1 Formulações estudadas .....	34
3.1.1 Massa mãe .....	35
3.1.2 Pães com massa mãe .....	36

3.1.3	Pão com fermento industrial.....	37
4.	Resultados e Discussão.....	39
4.1	Desafios tecnológicos e gastronômicos no desenvolvimento de pão insento de glúten.....	39
4.2	Avaliação da massa mãe.....	41
4.3	Análise das características dos pães desenvolvidos.....	45
4.4	Análise de custos dos produtos desenvolvidos.....	49
4.5	Declaração nutricional.....	54
4.5.1	Composição nutricional.....	54
5.	Conclusões Gerais.....	61
6.	Referências Bibliográficas.....	63
	Anexos.....	.75
	Anexo A – Receitas.....	.75

# Índice de Tabelas

Tabela 1 - Comparação entre intolerância alimentar, alergia alimentar mediada por IgE e alergia não mediada por IgE. ....	4
Tabela 2 - Apresentações clínicas da doença celíaca. ....	8
Tabela 3 - Classificação do sourdough e sua microflora correspondente. ....	30
Tabela 4 - Ingredientes dos pães elaborados com massa mãe: Pão de amêndoa e teff e pão de grão de bico e tremoço. ....	36
Tabela 5 - Ingredientes do pão com fermento biológico industrial: Pão de sésamo. ....	38
Tabela 6 - Observações sobre o crescimento e desenvolvimento da massa mãe ao longo dos oito dias de formação. ....	42
Tabela 7 - Principais características dos pães desenvolvidos, resultantes da observação do autor. ....	45
Tabela 8 - Comparação do custo da massa mãe e do fermento industrial. ....	50
Tabela 9 - Análise de custos das formulações desenvolvidas. ....	51
Tabela 10 - Análise de custos dos pães sem glúten encontrados no mercado. ....	53
Tabela 11 - Informação nutricional do pão de farinha de amêndoa e teff. ....	56
Tabela 12 - Informação nutricional do pão de farinha de grão de bico e tremoço. ....	57
Tabela 13 - Informação nutricional do pão de sésamo. ....	58
Tabela 14 - Comparação nutricional entre alimentos contendo glúten e isento de glúten. ....	59



# Índice de Figuras

Figura 1 - Processo de formação da rede de glúten.....	5
Figura 2 - Vilosidades intestinais de um indivíduo sem doença celíaca .....	7
Figura 3 - Amido de milho.....	12
Figura 4 - Farinha de araruta.....	13
Figura 5 - Polvilho.....	14
Figura 6 - Farinha de arroz.....	16
Figura 7 - Farinha de aveia.....	17
Figura 8 - Farinha de quinoa.....	18
Figura 9 - Farinha de grão de bico.....	19
Figura 10 - Farinha de teff.....	21
Figura 11 - Farinha de linhaça.....	22
Figura 12 - Farinha de amêndoa.....	23
Figura 13 - Farinha de tremoço.....	24
Figura 14 - Psyllium.....	27
Figura 15 - Fermento industrial seco.....	28
Figura 16 - Fermento industrial fresco.....	28
Figura 17 - Efeitos da massa mãe na qualidade nutricional do pão.....	31
Figura 18 - Massa mãe.....	32
Figura 19 - Defeitos nos pães sem glúten desenvolvidos nas fases preliminares do trabalho.....	40
Figura 20 - Desenvolvimento da massa mãe isenta de glúten do 2º ao 7º dia de produção.....	43
Figura 21 - Massa mãe isenta de glúten no 8º dia, pronta para ser utilizada nas preparações de pão.....	44
Figura 22 - Pão de amêndoa e teff.....	46
Figura 23 - Pão de grão de bico e tremoço.....	47
Figura 24 - Pão de sésamo.....	48
Figura 25 - Pão caseiro Shar.....	51
Figura 26 - Pão com sementes Airos.....	52
Figura 27 – Pão rústico Auchan .....	52
Figura 28 – Pão de forma de cereais Schar .....	53



# 1. Introdução

As alergias e intolerâncias alimentares têm vindo a afetar um número cada vez mais elevado de pessoas. Estudos apontam que mais de 20% da população apresenta queixas de reações relacionadas com a alimentação, uma prevalência que está a aumentar ao longo dos anos (ZOPF et al., 2009).

A doença Celíaca (DC) trata-se de uma enteropatia imunomediada desencadeada pela ingestão de glúten (mais especificamente pela gliadina) em indivíduos geneticamente suscetíveis (ARENDRT et al., 2011).

As proteínas que dão origem ao glúten estão presentes em alguns cereais por exemplo o trigo, cevada, centeio, aveia e malte destes cereais. Nos produtos de panificação o glúten tem um importante papel de proporcionar elasticidade e resistência à massa, além de cumprir o importante papel de retenção de gases da fermentação, o que promove o aumento do volume dos pães (AQUINO, 2012). O processo de formação da rede de glúten ocorre pela hidratação das proteínas, submetidas à ação mecânica durante a amassadura.

Os sintomas mais comuns da DC são a má absorção intestinal, levando a quadros de diarreia, esteatorreia, inapetência, retardo do crescimento, deficiência de vitaminas, ferro, cálcio e ácido fólico. Atualmente, o único tratamento existente é a adesão a uma dieta isenta de glúten durante toda a vida do paciente (ARENDRT et al., 2011).

Pensando nas pessoas com intolerâncias ao glúten e também no grande número de indivíduos que desejam aderir à dieta isenta de glúten, devido à ideia crescente na população de que os alimentos sem glúten são mais saudáveis, as indústrias têm, cada vez mais, investido no desenvolvimento de produtos voltados para este público. No entanto, de modo geral, para além de não serem sensorialmente chamativos, o preço destinado ao consumidor é elevado.

No presente trabalho apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre as fontes alimentares, algumas ainda pouco exploradas na alimentação humana, que podem ser usadas

como substitutos das farinhas tradicionais utilizadas na preparação de pães e receitas desenvolvidas a partir de formulações clássicas. Para além disso, decidiu-se resgatar um tipo de fermentação muito utilizado pelos nossos antepassados, usando a massa mãe, que foi sendo substituída por fermentos industriais, mas que recentemente tem despertado grande interesse por parte da comunidade científica devido ao impacto positivo na saúde.

Esta dissertação tem o objetivo de desenvolver um portfólio de produtos de panificação isentos de glúten que cumpram os seguintes requisitos: composição nutricional equilibrada, sensorialmente apreciados por celíacos e demais adeptos à dieta sem glúten (novo segmento de consumidores), baixo custo de matérias primas e fácil preparação doméstica. Os produtos desenvolvidos foram: massa mãe sem glúten, pão de amêndoa e teff, pão de grão de bico e tremoço, e pão de sésamo.

Devido à pandemia COVID19, alguns aspetos anteriormente estabelecidos para o desenvolvimento deste trabalho não puderam ser realizados. Não foi possível fazer a avaliação instrumental das massas e dos pães a nível de textura, volume, atividade de água e humidade; a análise microbiológica da massa mãe para identificação dos microrganismos envolvidos na fermentação; e a análise sensorial dos pães desenvolvidos recorrendo a um painel celíaco em comparação com um painel de consumidores do público geral.

Neste contexto, a caracterização dos produtos desenvolvidos no presente trabalho envolveu a avaliação por parte da autora das características dos produtos desenvolvidos, como a aparência, aroma, sabor e textura. A análise de custo dos produtos foi realizada com base nos preços dos ingredientes utilizados na elaboração das formulações. A avaliação nutricional fez-se através da utilização do software Dietbox® utilizado por nutricionistas para cálculos de planos alimentares e desenvolvimento de informações nutricionais para rótulos alimentares.

Selecionaram-se as melhores formulações de pão isento de glúten para apresentação neste trabalho, porém outros pães também mostram resultados interessantes em termos de aparência, aroma, sabor e textura. Tais formulações estão dispostas em anexo ao presente trabalho.

## **2. Revisão da Literatura**

### **2.1 Alergia alimentares versus intolerâncias alimentares**

Os conceitos de alergia e intolerância alimentar são muitas vezes confundidos. Alergia alimentar é definida como uma reação adversa do sistema imunológico (hipersensibilidade) em resposta a alguns alimentos, incluindo proteínas alimentares (PETRULÁKOVÁ, 2015). Ela se manifesta apenas em indivíduos hipersensíveis, que têm a chamada predisposição e onde os sintomas aparecem imediatamente após a exposição ao antígeno. A reação alérgica alimentar pode ser dividida em mediado por IgE e não mediado por IgE (DAVIS, 2009).

Já a intolerância alimentar é uma reação não imune anormal com sintomas de alergia após a ingestão de alimentos (ORTOLANI et al, 2006). Resulta de deficiências de enzimas e causam reações farmacológicas e resposta a componentes tóxicos ou irritantes dos alimentos (PETRULÁKOVÁ, 2015), resumidos na tabela 1.

As reações não imunológicas são responsáveis pela maioria das reações alimentares, caracterizam-se pela dificuldade de digerir ou metabolizar um determinado alimento e são mais comuns em pessoas com doença gastrointestinal funcional, como síndrome do intestino irritável, com sintomas como inchaço, dor abdominal, hábitos intestinais alternados e/ou diarreia (NASR et al., 2017).

A alergia alimentar, por outro lado, pode representar um risco para o indivíduo, se não evitado. Os sintomas são imprevisíveis, pois mesmo pequenas quantidades podem levar a graves reações potencialmente fatais, como anafilaxia. Os sintomas envolvem a pele e membrana mucosa (rubor, prurido, urticária e/ou angioedema dos lábios, face ou garganta), sistema respiratório (aperto no peito, dificuldade em respirar, sibilos e estridor), sistema gastrointestinal, como dor abdominal, diarreia e vômito e sistema cardiovascular, incluindo taquicardia e hipotensão (NASR et al., 2017).

Tabela 1 - Comparação entre intolerância alimentar, alergia alimentar mediada por IgE e alergia não mediada por IgE. FONTE: Adaptada de NARS et al. (2017).

<b>Reações alimentares</b>	<b>Intolerâncias alimentares</b>	<b>Alergia alimentar: Reações mediadas por IgE</b>	<b>Alergia alimentar: Reações não mediadas por IgE</b>
<b>Alérgico</b>	Não	Sim	Sim
<b>Mecanismo</b>	Dificuldade em digerir ou metabolizar um alimento específico.	Alimentos específicos libertam anticorpos IgE e histaminas.	Mediada por linfócitos T
<b>Início dos sintomas</b>	Horas	De segundos a minutos e raramente até 2 horas.	Geralmentedentro de 2 horas ou mais.
<b>Sintomas</b>	Não é grave.  Confinado ao trato gastrointestinal.	Às vezes grave, levando à anafilaxia.  Imprevisível. Pode envolver pele e membranas mucosas, sistema respiratório, cardiovascular e sintomas gastrintestinais.	Confinado ao trato gastrointestinal.
<b>Exemplos</b>	Lactose, frutose, álcool, aromatizantes e conservantes.	Alergia a frutos do mar, alergia a amendoim.	Enterocolite induzida por proteínas.

A informação, leitura e interpretação correta dos rótulos nos alimentos embalados são essenciais na gestão do risco associado a reações alimentares. Uma rotulagem pouco clara, dificulta o processo de compreensão e leitura das informações nutricionais acerca do produto. O rótulo de um alimento tem que respeitar todas as exigências do Regulamento (EU) n.º 1169/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho relativo à prestação de informação aos consumidores sobre os géneros alimentícios, como indicar todos os ingredientes (em ordem decrescente da sua quantidade) que fazem parte do produto alimentar, em letra legível, incluindo auxiliares tecnológicos (como corantes e conservantes). Adicionalmente é necessário ter em consideração os avisos de rotulagem, como a eventual presença de alergénios (PÁDUA et al., 2016.).

Para cumprir o plano alimentar de exclusão e evitar uma exposição acidental é muito importante destacar a contaminação cruzada. Tal contaminação ocorre quando dois alimentos diferentes entram em contacto e o alimento “seguro” passa a conter uma pequena quantidade do alimento alergénico, tornando-se assim perigoso para os indivíduos que convivem com alguma reação alimentar. (PÁDUA et al., 2016).

## 2.2 O glúten

O glúten é o complexo proteico insolúvel formado na etapa de mistura dos ingredientes das massas panares à base de certos cereais, mediante hidratação das proteínas do trigo, submetidas à ação mecânica, como mostra a figura 1. As proteínas do trigo formadoras de glúten são as gliadinas, que proporcionam capacidade de expansão à massa, e as gluteninas, responsáveis pelas propriedades de elasticidade da massa (SAUERESSIG et al., 2016). Elas são denominadas proteínas de armazenamento e conferem à farinha a viscoelasticidade suficiente para a produção dos produtos de panificação. Além de serem responsáveis pela retenção dos gases da fermentação, o que promove o aumento de volume dos pães de trigo (GALLAGHER, 2009).



Figura 1 - Processo de formação da rede de glúten.

Das proteínas totais do trigo, 15% correspondem a globulinas e albuminas e 85% às gliadinas e gluteninas (AQUINO, 2012). O trigo é o único cereal que apresenta prolaminas (gliadinas) e gluteninas em quantidade adequada para formar o glúten. Devido ao valor tecnológico do glúten, o trigo é o cereal mais utilizado em produtos de panificação convencionais. Porém, as prolaminas estão presentes em outros cereais, como cevada,

centeio e aveia, nas formas de hordeínas, secalinas e aveninas, respetivamente (PONTES, 2018).

Existe uma discussão a respeito da presença ou ausência de glúten na aveia. Tradicionalmente, o tratamento com uma dieta sem glúten exclui não apenas trigo, cevada e centeio, mas também aveia (ROSELL et al., 2014). A aveia, como o arroz, difere de outros cereais na quantidade de prolaminas em sua composição. A percentagem de prolina e glutamina em aveninas é menor do que em prolaminas de cereais como trigo.

No entanto, outros autores relataram evidências claras sugerindo que as aveninas têm a capacidade para induzir a ativação de células T da mucosa intestinal, causando inflamação a nível do intestino e atrofia de suas vilosidades. (PULIDO et al., 2009).

De acordo com a *Codex Alimentarius Commission* (2008), aveia pode ser tolerada pela maioria, mas não todas as pessoas intolerantes ao glúten. Segundo a *Commission of the European Communities* (2009), a grande preocupação é devido a contaminação da aveia com trigo, centeio ou cevada que pode ocorrer durante a colheita, transporte, armazenamento e processamento de grãos.

O desenvolvimento de formulações de produtos sem glúten, principalmente pão, representa um grande desafio tecnológico, pois a isenção deste complexo proteico pode causar grandes alterações nas características reológicas dos pães, sendo necessário recorrer a outros ingredientes com o intuito de substituir o papel que o glúten desempenha na massa.

## **2.3 Doença celíaca**

A Doença Celíaca (DC) é uma condição autoimune inflamatória, desencadeada pela ingestão de frações de prolaminas (proteínas do glúten) em indivíduos geneticamente predispostas (GALLAGHER, 2009). Além do consumo do glúten e da suscetibilidade genética, é também necessária a presença de fatores imunológicos e ambientais para que a doença se expresse (ARAUJO, 2010). Os principais genes predisponentes estão localizados no sistema HLA no cromossomo 6, ou seja, os genes HLA-DQ2 e DQ8 encontrados em pelo menos 95% dos pacientes (ARENDRT, 2008).

Na sua patogénese estão envolvidos mecanismos de imunidade inata e da imunidade adaptativa com formação de autoanticorpos, como os dirigidos à TG2, e produção de citocinas pró-inflamatórias que desencadeiam uma resposta inflamatória provocando os danos na mucosa intestinal (Figura 2), responsáveis pela histopatologia típica da doença (LOPES, 2018). Tais danos resultarão na diminuição da absorção de nutrientes, uma vez que o intestino é o órgão responsável pela maior absorção de nutrientes que ingerimos através dos alimentos.

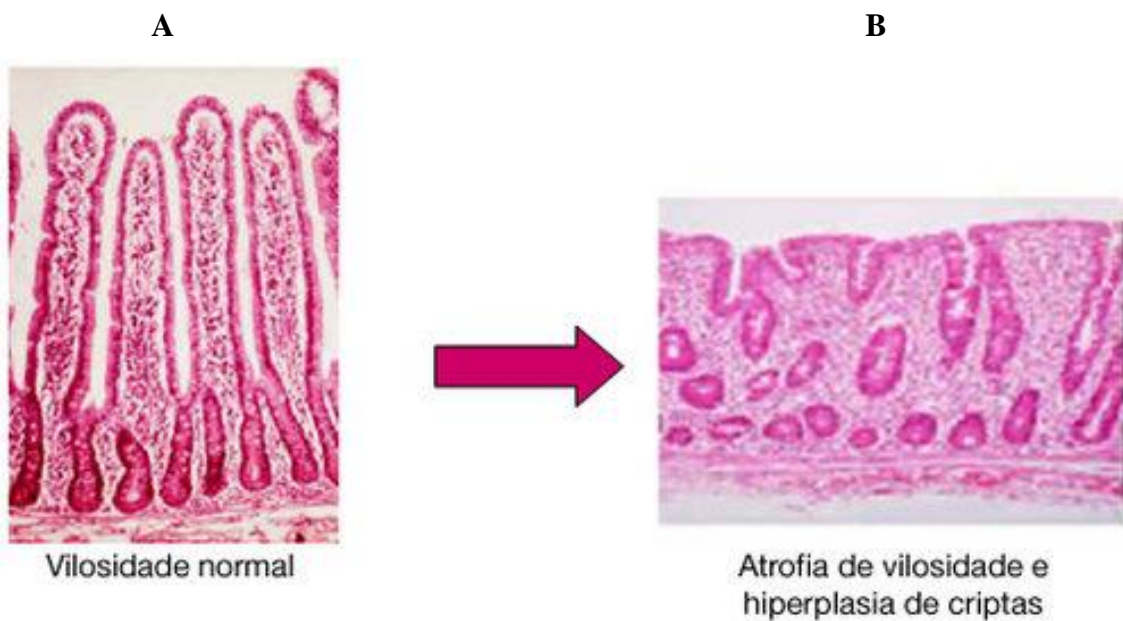


Figura 2 - Vilosidades intestinais de um indivíduo sem doença celíaca (A) e com doença celíaca (B): alteração da morfologia das vilosidades intestinais. FONTE: <http://andreiatorres.com>

Antes considerada um distúrbio gastrointestinal relativamente raro que afetava quase que exclusivamente crianças brancas, a DC pode ocorrer em qualquer etnia e faixa etária (LEONARD et al., 2017). LEBWOHL et al. (2018) estimam uma prevalência global de DC de 1% baseada principalmente em populações europeias e outras caucasianas.

A DC pode-se apresentar das seguintes formas clínicas: clássica, não clássica, latente e assintomática (ARAÚJO, 2010), como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Apresentações clínicas da doença celíaca. FONTE: Adaptada de ARAÚJO (2010).

Forma clássica	Forma não clássica	Forma latente	Forma assintomática
- Manifesta-se <b>principalmente</b> nos primeiros anos de vida.	- Apresentam-se mais tardiamente na infância.	- É identificada em pacientes com biopsia jejunal normal, consumindo glúten.	- Comum entre familiares de primeiro grau de pacientes celíacos.
- Sintomas comuns: Diarreia ou constipação crônica, anorexia, vômitos, emagrecimento, comprometimento do estado nutricional, irritabilidade, inapetência, déficit do crescimento, dor e distensão abdominal, atrofia da musculatura glútea e anemia ferropriva.	- Ausência de sintomas digestivos.  - Manifestações comuns: Baixa estatura, anemia por deficiência de ferro refratária à ferroterapia oral, artrite, osteoporose e esterilidade.	- Diferencia-se das outras formas uma vez que, em outro período de tempo, tais pacientes podem apresentar atrofia subtotal dessas vilosidades intestinais, que reverterem à normalidade com a retirada do glúten da dieta.	- Vem sendo reconhecida com maior frequência nas últimas duas décadas após o desenvolvimento de marcadores sorológicos específicos.

Assim, o critério de diagnóstico deve ser personalizado e adaptado a cada caso. É importante que o esforço de diagnóstico seja feito não estando o indivíduo sob dieta isenta de glúten. O diagnóstico da DC deve ser apoiado em várias informações, nem sempre sendo fácil de estabelecer.

1. História clínica (sinais e sintomas sugestivos)
2. Análises sanguíneas (serologia)
  - Anti-transglutaminase (tTG), IgA e/ou IgG – apresentam uma ótima relação sensibilidade/especificidade;
  - Anti-gliadina desaminada, (AGA), IgA e/ou IgG – indicado para crianças com menos de 4 anos;
  - Anti-endomísio (AE), IgA e/ou IgG – apresentam melhor especificidade, servem para confirmar o resultado positivo obtido nos TTG.

3. Endoscopia digestiva alta com biópsias do duodeno (bulbo e segunda porção)
4. Teste genético (pesquisa de HLA DQ2 e DQ8)

O tratamento da DC é basicamente dietético, devendo-se excluir o glúten da dieta durante toda a vida, tanto nos indivíduos sintomáticos, quanto assintomáticos (SDEPANI, 1999). É muito importante que o paciente celíaco seja acompanhado por um nutricionista para ajuste das necessidades nutricionais.

## **2.4 Substitutos do trigo**

Segundo VELÁZQUEZ (2012), os produtos de panificação são consumidos no mundo inteiro e o que lidera o ranking é o pão, porém pessoas que possuem a intolerância ao glúten, são inviabilizadas de consumir tal produto em sua forma tradicional. ACELBRA (2004) refere que o produto sem glúten que os celíacos desejariam encontrar mais facilmente é o pão (47 %), seguido de bolachas e biscoitos (21 %), massas alimentícias (21 %) e pizza (11 %).

De acordo com ORNELLAS (2011) existem 4 ingredientes básicos para a preparação do pão tradicional: farinha de trigo, água, fermento e sal. Outros ingredientes podem ser acrescentados, como açúcar, leite, gordura, ovo e melhorantes da massa. Na produção deste pão, o glúten do trigo é considerado o principal componente responsável pela retenção dos gases da fermentação das leveduras, o que leva ao aumento do volume do pão. Quando se faz pão sem glúten não se utiliza o trigo, porém o mesmo é substituído por uma mistura de farinhas e outros ingredientes, cada qual com uma função, visando aproximar-se das características do pão tradicional. Contudo, apesar dos diversos estudos científicos e do desenvolvimento tecnológico realizado, elaborar formulações sem glúten ainda representa um grande desafio, motivo pelo qual os pães sem glúten disponíveis no mercado ainda apresentam baixa qualidade sensorial e/ou nutricional.

O glúten é responsável pelas propriedades de extensibilidade ou viscosidade, elasticidade e retenção de gás na massa contribuindo para a aparência, volume e estrutura do

miolo dos pães. A obtenção de produtos isentos de glúten envolve diferentes ingredientes e técnicas (CAPRILES, 2011).

Para a substituição da farinha de trigo têm sido utilizadas principalmente as farinhas de arroz, milho, entre outras farinhas de cereais sem glúten, sementes, oleaginosas e leguminosas, que também podem ser combinadas com amidos e tubérculos, para obtenção de melhores resultados. Além disso, aditivos como hidrocolóides, emulsionantes, produtos lácteos, proteínas, fibras, amido gelatinizado e enzimas têm sido utilizados visando melhorar as qualidades reológicas da massa, o volume final, as características estruturais e de textura, bem como a vida-de-prateleira de pães sem glúten (GALLAGHER et al., 2004; CAPRILES, 2011).

Ao longo da última década, o desenvolvimento da produção de pão tem sido influenciado pelas necessidades dos consumidores, pelas alterações do estilo de vida, pelas mudanças demográficas, por uma maior preocupação com a saúde e pelas características sensoriais que os pães apresentam. (NOBRE, 2014).

A percepção e consciencialização sobre a importância de uma vida saudável têm aumentado, verificando-se, conseqüentemente, um aumento de consumo de pães com cereais integrais, de pães com adição de ingredientes funcionais e de pães com misturas de vários cereais para obter produtos nutricionalmente mais interessantes, sendo este o rumo e o futuro promissor para a indústria de panificação (NOBRE, 2014).

Outros dos requisitos pretendidos pelos consumidores são a obtenção de pães com menor valor calórico, mais fibra, menos sal e menor adição de aditivos (MEUSER et al., 1994).

A proposta deste trabalho é desenvolver pães sem glúten com baixo índice glicémico, contendo fontes importantes de proteínas, fibra dietética tolerável, vitaminas e minerais.

## 2.5 Ingredientes usados em formulações isentas de glúten

### 2.5.1 Amido de milho

O milho (*Zea mays L.*) (figura 3) é uma espécie que pertence à família *Gramineae/Poaceae*, há mais de 8000 anos e que é cultivada em muitas partes do Mundo. A sua grande adaptabilidade, representada por variados genótipos, permite o seu cultivo desde o Equador até ao limite das terras temperadas e desde o nível do mar até altitudes superiores a 3600 metros, encontrando-se, assim, em climas tropicais, subtropicais e temperados (BARROS, 2014).

Amido de milho é o hidrato de carbono extraído do endosperma do milho. Ao contrário do milho inteiro, o amido de milho apresenta uma baixa quantidade de nutrientes e fibras. O grão de milho é composto por uma película que recobre o grão, o germe (a parte vegetativa) e o endosperma. O endosperma representa a maior parte do grão e é composto, entre outros componentes, de amido (PAES, 2006). De acordo com a Tabela de composição de alimentos brasileira (TACO), o amido de milho apresenta em sua composição apenas 1% de proteína e 99% de hidratos de carbono.

Na área alimentar, o amido é muito utilizado na fabricação de produtos sem glúten, como pães, biscoitos, bolos e massas, sendo um ingrediente de baixo custo. O amido confere ao produto final características típicas como alta expansão e crocância, muito apreciadas pelo consumidor. Estas características estão relacionadas ao efeito da interação do amido com a água, associado à energia mecânica e térmica gerada durante o processamento (EMBRAPA, 2020). Também é muito utilizado como agente espessante para molhos, sopas, cozidos, tortas e outras sobremesas.

A principal consequência do tipo de tratamento calor/humidade para produtos amiláceos é a gelatinização dos grânulos de amido. Além da gelatinização, as macromoléculas do amido podem sofrer degradação, devido aos tratamentos térmico e mecânico empregados. Os grânulos de amido, quando aquecidos em presença de água acima de uma determinada temperatura, formam uma suspensão viscosa (SILVA, 2004).

A textura do amido é fina, lembra a textura de talco. Ele possui cheiro e sabor neutro, desta forma não interfere no sabor das receitas.



Figura 3 - Amido de milho. FONTE: <https://cozinhatecnica.com>

### 2.5.2 Araruta

A araruta (*Maranta arundinacea L.*) (figura 4) é uma planta herbácea perene, rizomatosa, que apresenta casca brilhante e escamosa. No Brasil as cultivares mais importantes são a Comum, Creoula e a Banana. Porém as duas variedades mais difundidas são a Comum e a Creoula, sendo que a primeira produz rizomas claros e cobertos por uma escama muito fina que se solta com muita facilidade, tornando vantajoso seu processamento (AMARAL, 2017).

Tradicionalmente, a araruta é utilizada na forma do polvilho que é extraído dos rizomas depois de triturados. A massa fibrosa contendo o amido é peneirada e lavada para separação da fibra e decantação do amido ou fécula. A fécula é seca e peneirada para confecção de produtos alimentícios (NEVES, 2005). De acordo com o Departamento de Agricultura dos EUA (USDA), a fécula de araruta apresenta em sua composição mais de 99% de hidratos de carbono.

Os subprodutos do cultivo desta farinha representam fontes de amido de interesse industrial, pela ampla disponibilidade dessas culturas, com características tecnológicas para elaboração de pães sem glúten, melhor digestibilidade, sem alterar o sabor e aparência dos produtos (PAPALIA, 2017).

O polvilho da araruta foi gradualmente sendo substituído pelo da mandioca, mais fácil de industrializar, mas sem as mesmas características de fácil digestibilidade e capacidade de gelatinização. O plantio escasso e a dificuldade para obtenção do polvilho puro fizeram a indústria alimentícia abandonar a comercialização do produto e a araruta praticamente desapareceu do mercado (NEVES, 2005).

É uma farinha utilizada como espessante e aglutinante, por isso é boa para engrossar molhos, cremes e sobremesas. Mas também é muito utilizada na preparação de produtos de panificação.

A textura da araruta é fina e suave ao toque. Ela possui cheiro neutro e quando cozida não interfere no sabor das receitas, pois também apresenta um sabor neutro.



Figura 4 - Farinha de araruta. FONTE: <https://portuguese.alibaba.com>

### 2.5.3 Fécula de mandioca ou polvilho doce

A mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) (figura 5) é uma espécie de grande interesse agrônomo. Destaca-se como uma das principais culturas do Brasil, se adapta bem às condições climáticas do país e é tolerante a estresses bióticos e abióticos, podendo apresentar rendimentos elevados até mesmo em solos já esgotados por outras culturas

(VELAME et al., 2012). A maior parte da sua produção é destinada à fabricação da farinha de mandioca, o restante é utilizado na alimentação humana e animal e na obtenção da fécula. A fécula é a forma mais ampla de aproveitamento industrial da mandioca e é empregada como matéria-prima no processamento de diversos alimentos (SILVA et al., 2013).

A fécula de mandioca, é conhecida também em algumas regiões como polvilho doce ou goma. É obtida da lavagem da massa ralada da mandioca e posterior decantação da água da lavagem, para separar o amido das fibras, de material proteico e de impurezas. É submetido à secagem, depois da decantação. (APLEVICZ et al., 2007). De acordo com a TACO, o polvilho doce é composto por quase 100% de hidratos de carbono.

Sua textura é fina e suave ao toque. Ele possui um cheiro neutro, quase imperceptível. Quando cozido não interfere no sabor das receitas, pois o sabor também é bem neutro. O polvilho doce é ótimo para engrossar molhos, cremes e sobremesas.



Figura 5 - Polvilho. FONTE: <https://www.vidaativa.pt>.

#### 2.5.4 Farinha de arroz

O arroz (figura 6) é uma planta monocotiledônea e que pertence à família *Poaceae* (*Gramineae*), como o milho e trigo, e é o terceiro cereal mais consumido no mundo (CONAB, 2015).

Ele é um alimento básico para cerca de 2,4 mil milhões de pessoas. Apenas uma pequena quantidade de arroz é consumida como ingrediente em produtos processados, sendo seu maior consumo na forma de grão. Nos países em desenvolvimento, onde o arroz é um dos principais alimentos da dieta, ele é responsável por fornecer, em média, 715 kcal per capita por dia, 27% dos hidratos de carbono, 20% das proteínas e 3% dos lípidos da alimentação. Portanto, devido à importância do arroz na dieta de grande parte da população, sua qualidade nutricional afeta diretamente a saúde humana (WALTER et al., 2008).

O arroz é constituído principalmente por amido, apresentando quantidades menores de proteínas, lípidos, fibras e cinzas. Entretanto, a composição do grão e de suas frações está sujeita a diferenças varietais, variações ambientais, de manejo, de processamento e de armazenamento, produzindo grãos com características nutricionais diferenciadas. Além disso, os nutrientes não estão uniformemente distribuídos nas diferentes frações do grão, tal como nos restantes cereais. As camadas externas apresentam maiores concentrações de proteínas, lípidos, fibra, minerais e vitaminas, enquanto o centro é rico em amido. Dessa forma, o polimento resulta em redução no teor de nutrientes, exceto de amido, originando as diferenças na composição entre o arroz integral e o polido (FRANCO et al, 2015).

O pequeno tamanho dos grânulos de amido confere ao arroz uma textura extremamente suave com o cozimento e sabor brando; não é um produto alergênico, podendo ser consumido por portadores de doença celíaca como substituto do trigo na elaboração de produtos sem glúten (POLANCO et al., 1995). A farinha de arroz pode ser obtida através da moagem dos grãos polidos inteiros ou dos quebrados obtidos do processamento industrial do arroz.

Por ser um ingrediente extremamente versátil, a farinha de arroz pode ser utilizada na produção de vários novos produtos, tais como bolos, biscoitos, pães, entre outros. Ela confere uma boa estrutura às massas. Quanto mais fina for a moagem, melhores serão os resultados na receita. Sua textura é seca e fina. Possui cheiro e sabor neutro e, portanto, não interfere no paladar das receitas. Deve-se ter cuidado, pois quando usada em excesso pode deixar as receitas um pouco secas.



Figura 6 - Farinha de arroz. FONTE: <https://www.tuasaude.com>.

### 2.5.5 Farinha de aveia

A aveia (figura 7) é uma gramínea anual pertencente à família *Poaceae*, *Aveneae* e gênero *Avena*. Tal gênero compreende várias espécies silvestres, daninhas e cultivadas, distribuídas em seis continentes (DE MORI, 2012).

Dentre os demais cereais, a aveia ocupa o sétimo lugar em área de cultivo e em produção no mundo e representou 1,8% e 1,2% da área cultivada e da produção mundial de cereais, respectivamente, no período de 2002-2011. A aveia se adapta melhor às regiões de estação fria (GUTKOSKI et al., 2000). Tal adaptação se reflete na concentração da produção no hemisfério norte, sendo que os países da União Europeia, da América do Norte e da antiga União Soviética foram responsáveis por 84,0% da produção mundial no período de 2007-2011 (DE MORI et al., 2012).

A alimentação animal é o principal destino da produção de aveia. Porém, de uma maneira geral, os dados têm apontado um aumento do consumo para alimentação humana no decorrer dos anos. Tal produto tem recebido grande atenção por parte de médicos, nutricionistas e consumidores devido às suas características nutricionais, e principalmente devido ao seu teor e à qualidade das fibras alimentares. As  $\beta$ -glicanas,

uma das frações da fibra alimentar presente na aveia, são de grande importância para a saúde humana e têm gerado interesse devido às respostas fisiológicas que produzem como fibra alimentar (DE MORI et al.,2012).

Os produtos alimentares produzidos a partir de aveia são geralmente obtidos a partir do grão inteiro após a remoção da casca, ou seja, com farelo. Os alimentos desenvolvidos mais comuns à base de aveia são os cereais de pequeno almoço, papas, bolachas, biscoitos e também os pães. As proteínas da aveia têm sido utilizadas em muitos produtos alimentares, devido à sua viscosidade e às propriedades emulsionantes (NOBRE, 2014).

A farinha de aveia possui um cheiro suave, quase imperceptível. O sabor também é neutro e por isso não interfere no sabor das receitas. Ela confere uma ótima estrutura para as receitas e também proporciona uma maior viscosidade, ou seja, pães e bolos mais macios sem esfarelar.



Figura 7 - Farinha de aveia. FONTE: <https://www.greenme.com.br>

### 2.5.6 Farinha de quinoa

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) (figura 8) é um pseudocereal, também conhecida como pseudo-oleaginosa, e tem seu cultivo difundido na América do Sul em países como a Bolívia, Peru, Equador, em algumas áreas da Colômbia, Chile e Argentina (MONTEIRO, 2013).

Segundo LOPES et al. (2009), além das suas propriedades nutricionais (o alto teor de lisina, vitaminas como tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina e minerais como magnésio, zinco, cobre, ferro, manganês e potássio), a quinoa possui qualidades proteicas semelhantes às da caseína do leite. E por não conter proteínas formadoras de glúten, destaca-se em relação a muitos cereais, como trigo e cevada.

A farinha de quinoa pode conferir um sabor distinto às preparações, se usada em excesso pode deixar as receitas um pouco amargas. Para mascarar este sabor uma sugestão é misturá-la ao chocolate em pó ou não usá-la como farinha base da receita.

Assim como a aveia, a quinoa pode ser encontrada em flocos. Os flocos de quinoa são mais densos que os flocos de aveia, podendo pesar um pouco a massa. Quando se utiliza a farinha de quinoa a massa cresce um pouco mais e quando substituída por quinoa em flocos a receita cresce um pouco menos.

A farinha de quinoa tem um toque seco e uma moagem fina. Ela possui um cheiro suave de grão cru, não pode ter um cheiro muito forte, se não significa que já houve oxidação dos lípidos (ranço).



Figura 8 - Farinha de quinoa. FONTE: <https://www.nit.pt>.

### 2.5.7 Farinha de grão de bico

O grão-de-bico cultivado (*Cicer arietinum*) (figura 9) foi uma das primeiras leguminosas de grão domesticadas pelo homem no Velho Mundo. Muitas evidências, segundo VAN DERMAESEN (1987) mostram que há grandes probabilidades desta leguminosa ter tido origem na região atualmente correspondente ao sudeste da Turquia, nas adjacências com a Síria (MANARA et al., 1992).

O grão-de-bico é fonte de proteínas, hidratos de carbono, minerais, vitaminas e fibras. Diferencia-se das outras leguminosas pela sua digestibilidade, baixo teor de substâncias antinutricionais, além de apresentar a melhor disponibilidade de ferro. CANNIATTI-BRAZACA et al. (2004) pesquisando diversas leguminosas, encontraram a melhor disponibilidade de ferro para o grão-de-bico. A proteína do grão-de-bico tem sido considerada de melhor valor nutricional entre as leguminosas (FERREIRA, 2006).

A farinha de grão-de-bico é amarelada, tem uma textura macia e uma moagem fina. Ela possui um cheiro suave de grão cru. O gosto da farinha de grão-de-bico é um pouco amargo e esta sensação permanece na massa mesmo depois de cozido. Por ser uma farinha feita à base de grãos crus ela é um pouco indigesta. A farinha de grão-de-bico absorve pouca água das receitas, por isso dificilmente deve ser usada como única farinha da receita.



Figura 9 - Farinha de grão de bico. FONTE: <https://www.receiteria.com.br>.

### 2.5.8 Farinha de teff

Teff (figura 10) é um grão proveniente da planta *Eragrostis tef*, uma gramínea, classificada botanicamente pertencente ao gênero *Eragrostis*, família Poaceae e subfamília Chloridoideae. É uma planta nativa da Etiópia e Eritreia, existindo há mais de seis mil anos (HAAS, 2019), sendo a principal cultura alimentar na Etiópia, segundo a Agência Central de Estatística da Etiópia (CSA, 2014). O grão de teff possui três variedades de coloração, sendo elas: castanho, vermelho e branco, que podem ser utilizadas em diversas preparações, com consistência de farinha, ou ainda fermentada com os grãos in natura (HOMEM, 2018).

O grão de teff se destaca por apresentar um perfil nutricional bastante rico, possuindo altos níveis de fibras dietéticas, baixo índice glicêmico, capacidade antioxidante e níveis significantes de minerais e vitaminas como fósforo, magnésio, potássio, cálcio, alumínio, ferro, cobre, zinco, boro, bário, tiamina e vitamina C (HAAS, 2019). As proteínas dos grãos oferecem um excelente equilíbrio entre os aminoácidos essenciais (DO NASCIMENTO, 2018).

ALAUNYTE et al. (2012) afirmam que a farinha de teff possui alta aplicabilidade em diversos alimentos, principalmente em panificação, pois apresenta alta capacidade de absorver água.

Sua farinha é densa, tem cheiro neutro e sabor suave e amendoado. Apresenta textura seca e granulada e pode conferir cor escura às receitas. Quando usada em maior proporção a coloração é parecida com receitas feitas com chocolate.



Figura 10 - Farinha de teff. FONTE: <https://nutrativa.com.br>.

### 2.5.9 Farinha de linhaça

A linhaça é a semente do linho (*Linum usitatissimum L.*) (figura 11), da família Linaceae, uma planta nativa do oeste asiático e do mediterrâneo. Possui em sua composição química cerca de 30 a 40% de gordura, 20 a 25% de proteína, 20 a 28% de fibra dietética total, 4 a 8% de humidade e 3 a 4% de cinzas, além de vitaminas A, B, D e E e minerais. A sua composição em aminoácidos é comparada ao da proteína de soja, uma das mais nutritivas proteínas vegetais. Possui elevado teor em potássio, sendo cerca de sete vezes maior que o da banana. A vitamina E está presente na linhaça como tocoferol, atuando como um antioxidante biológico (OLIVEIRA, 2008).

A farinha de linhaça pode ser utilizada como um substituto parcial de farinha de trigo, oferecendo benefícios funcionais adicionais à reologia da massa. Sua propriedade de ligação com água é excelente, isso requer um aumento da quantidade de água equivalente a aproximadamente 75% do peso de farinha de linhaça nas formulações (MACIEL, 2009).

Porém esses produtos nem sempre são bem aceites pelo consumidor devido a alterações que provocam no sabor e textura. Sabe-se que nos pães provoca redução do volume, aumento da firmeza da casca, alteração de coloração, modificação do sabor, aumento da absorção de água e menor tolerância à fermentação (MACIEL, 2009).

Neste trabalho, foi escolhida a farinha de linhaça para exemplificar uma farinha de sementes, mas assim como a linhaça, a farinha de chia se comporta de maneira semelhante nas receitas. As farinhas de chia e de linhaça podem deixar as receitas mais húmidas e pesadas, e quando hidratadas elas formam um gel consistente.

A farinha de linhaça tem um cheiro suave e amendoado. Deve-se dar preferência a sementes inteiras e processar no liquidificador para transformá-las em farinha, pois a linhaça costuma ficar oxidada (rançosa) muito rapidamente depois de processada (BORGES, 2011).



Figura 11 - Farinha de linhaça. FONTE: <https://www.greenmebrasil.com>.

#### 2.5.10 Farinha de amêndoa

*Prunus dulcis*, popularmente conhecida como amendoeira, é uma espécie de árvores de folhas caducas da família *Rosaceae*. A semente do seu fruto é geralmente considerada como um fruto seco: a amêndoa (figura 12). É uma planta característica da região mediterrânica. É tida como uma planta muito rústica que tolera estresse hídrico severo e que pode ser cultivada numa gama variada de solos incluindo solos esqueléticos em encostas com elevado declive. Em Portugal, as áreas tradicionais de cultivo encontram-se sob clima mediterrânico, com verão quente e seco (RIBEIRO, 2020).

Em termos gerais, a amêndoa é um alimento rico em energia essencialmente devido ao seu elevado conteúdo em óleo. A gordura, com valores a rondar os 50%, é o principal componente, seguido pela proteína e hidratos de carbono (RAMALHOSA, 2017). A amêndoa também constitui uma excelente fonte de  $\alpha$ -tocoferol (vitamina E), manganês, magnésio, cobre, fósforo, fibra e riboflavina (CHEN et al., 2006).

Esta riqueza mineral e vitamínica é um alimento interessante para ser consumido regularmente ao longo da semana e integrado numa alimentação saudável. A adição de amêndoa a bolos, sobremesas doces ou outros produtos com açúcares simples permite reduzir a velocidade da absorção dos açúcares e os picos de glicémia associada.

A textura da farinha de amêndoa é granulada, húmida e oleosa. Quanto mais fina for a moagem melhores serão os resultados nas receitas. Ela possui um cheiro característico, se tiver algum cheiro estranho poderá estar oxidada/rançosa e pode amargar a receita. O sabor é agradável e confere um sabor amanteigado às receitas.

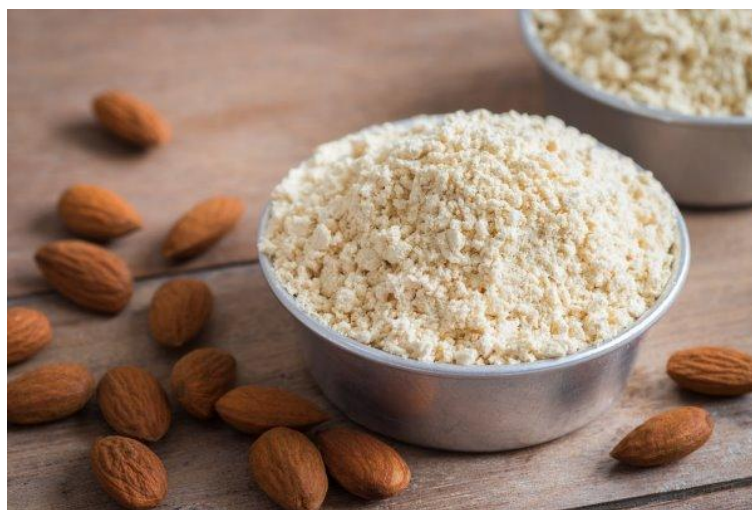


Figura 12 - Farinha de amêndoa. FONTE: <https://www.greenme.com.br>.

### 2.5.11 Farinha de tremçoço

O tremçoço (*Lupinus sp.*) (figura 13), cultivado por cerca de 4000 anos, é uma leguminosa como a soja, feijão ou lentilha, que tem diversas espécies, sendo que as três

mais plantadas na Europa, onde é mais cultivada, são originárias da região do Mediterrâneo. Certas espécies de tremçoço, apresentam cerca de 10% de energia dada pelo conteúdo de óleo e cerca de 40% de proteína, se aproximando dos valores encontrados na soja. Estas leguminosas, fixam nitrogênio atmosférico e produzem quantidades altas de proteína (RIBEIRO, 2006).

Existe um crescente interesse internacional no uso de farinha de tremçoço em produtos de panificação, devido em parte ao seu estado não geneticamente modificado e baixo fitoestrógeno. Estudos mostram que a substituição do trigo pela farinha de tremçoço pode melhorar significativamente os teores de proteína e fibra alimentar do pão de trigo. Verificou-se que o perfil de aminoácidos do tremçoço 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 tremçoço em pão tem o potencial, não apenas de aumentar o teor de proteína, mas também de melhorar a qualidade da proteína do produto final. No entanto, há uma falta de informação sobre a digestibilidade da proteína (PONTES, 2018).



Figura 13 - Farinha de tremçoço. FONTE: <https://www.vidaativa.pt>.

## 2.5.12 Fibras

Fibra alimentar é a parte comestível de plantas ou hidratos de carbono análogos que são resistentes à digestão e absorção no intestino delgado de humanos, com fermentação completa ou parcial no intestino grosso. A fibra alimentar inclui polissacarídeos vegetais, como celulose, hemiceluloses, pectinas, gomas e mucilagens, oligossacarídeos, lenhina e substâncias associadas de plantas (CATALANI et al., 2003).

A fibra encontra-se localizada nas paredes celulares das sementes, raízes, hastes e folhas e não é digerida pelas enzimas endógenas do trato gastrointestinal (ARAÚJO, 1997). As propriedades físico-químicas das fibras alimentares produzem diferentes efeitos fisiológicos no organismo. Por exemplo, as fibras solúveis são responsáveis pelo aumento da viscosidade do conteúdo intestinal e redução do colesterol plasmático. Já as fibras insolúveis aumentam o volume do bolo fecal, reduzem o tempo de trânsito no intestino grosso, e tornam a eliminação fecal mais fácil e rápida (ZANDONADI, 2006).

Por estas razões, as fibras alimentares, como alimento funcional, estão relacionadas à prevenção de doenças. Elas atualmente são foco de grande atenção devido aos inúmeros distúrbios metabólicos e doenças crônicas não transmissíveis geradas pelo mau hábito alimentar enfrentados pela sociedade atual. Elas têm sido apontadas como substâncias preventivas de doenças, evitando ou minimizando os efeitos dos alimentos industrializados ou daqueles sem propriedades benéficas ao organismo, promovendo uma melhor qualidade alimentar e, conseqüentemente, uma melhor qualidade de vida (MACEDO, 2012).

Estudo realizado por GREEN (2003) mostrou que o risco de desenvolvimento de câncer no intestino em portadores de DC é elevado. Portanto, as fibras dietéticas poderiam apresentar um efeito protetor aos celíacos (ZANDONADI, 2006).

A fibra alimentar também pode ser muito útil para a indústria alimentar, uma vez que possui propriedades físico-químicas que permitem inúmeras aplicações no ramo comercial, por exemplo como substituto da gordura e do glúten ou atuando como agente estabilizante, espessante e/ou emulsionante. (ZANDONADI, 2006).

De tal maneira, podem ser aproveitadas na elaboração de diversos produtos, como bebidas, sopas, molhos, sobremesas, derivados de leite, biscoitos, massas e pães. O conhecimento das propriedades físico-químicas é importante para a produção de alimentos com boa textura e sabor, porque a simples adição de elevadas quantidades de fibra nem sempre resulta em produtos com características sensoriais desejáveis (GIUNTINI, 2003).

#### 2.5.12.1 Psyllium

O psyllium (*Plantago ovata*) (figura 14) é uma planta arbustiva de grande cultivo na Índia, Irã e Paquistão, que nasce e cresce geralmente em solo arenoso e salino (CORREA et al., 2014) e, suas sementes possuem cerca de 20 a 30% de mucilagem, sendo muito utilizada pela indústria farmacêutica devido ao elevado teor de fibra solúvel e aos efeitos aparentes na redução da absorção de gordura, diminuição dos níveis de colesterol LDL, prevenção da ocorrência de doenças cardiovasculares e prisão de ventre (DAKHARA et al., 2012; DA SILVA et al., 2019).

A literatura também descreve a sua aplicação em gelados, produtos de panificação (pães, bolos, bolachas), geleias, massas, cereais matinais, com a finalidade de aumentar o conteúdo de fibra do alimento, ou também, de aumentar o volume do produto (ZANDONADI, 2006).

Pode ser utilizado ainda como aditivo - espessante - em alimentos para melhorar sua consistência, deixando os produtos mais macios, e para prevenir a separação de ingredientes (esfarelamento) e conferir estabilidade aos produtos. Estas propriedades, além do seu teor em fibras alimentares, tornam-no muito interessante para a indústria alimentícia e muito útil aos portadores de doença celíaca, uma vez que confere às preparações características funcionais semelhantes às do glúten (ZANDONADI, 2006).



Figura 14 - Psyllium. FONTE: <https://www.womenshealthmag.com>.

### 2.5.13 Fermento

As transformações microbianas e em particular aquelas mediadas por fermento, têm sido muito empregadas desde os primórdios da humanidade para a produção de pão, de laticínios e bebidas alcoólicas. Grande parte destas aplicações utilizavam culturas de microrganismos mistos, e dirigidas para operações biotecnológicas em áreas da agricultura e nutrição humana. (SABUNDJIAN, 2007).

Atualmente as leveduras são empregadas, com frequência, em produtos de consumo diário, entre eles o pão e as bebidas alcoólicas. As leveduras caracterizam-se por apresentarem alta resistência às condições ambientais, nomeadamente ao pH e presença de sais, sendo favorecidas a temperaturas de aproximadamente 35°C. No processo de panificação, a função principal do fermento biológico é a de induzir a fermentação dos açúcares, produzindo CO<sub>2</sub>, que é responsável pelo aumento dos alvéolos internos e pelo crescimento da massa (BLUMER, 2002).

### 2.5.13.1 Fermento biológico industrial

O fermento biológico industrial é um produto proveniente de culturas puras de leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) por procedimento tecnológico adequado e empregado para dar sabor próprio, aumentar o volume e a porosidade dos produtos forneados. A ação redutora da levedura *Saccharomyces cerevisiae* foi observada pela primeira vez por Dumas em 1874 (RODRIGUES et al., 2001). De acordo com o teor de humidade, os fermentos biológicos foram classificados em: fermento seco (figura 15) e fermento fresco prensado (figura 16) (SABUNDJIAN, 2007).



Figura 15: Fermento industrial seco. FONTE: <https://www.terra.com.br>.



Figura 16: Fermento industrial fresco. FONTE: <https://www.terra.com.br>.

### 2.5.13.2 Massa mãe

Massa mãe, “sourdough” ou fermento natural (figura 18) é uma mistura de farinha e água, fermentada com culturas iniciais de bactérias do ácido láctico (BAL) e leveduras, deliberadamente adicionados ou originados como contaminantes na farinha. A massa mãe pode ter sido o primeiro exemplo de alimento fermentado empregado pela humanidade (HAMMES et al., 1998; CORSETTI et al., 2007). “Sourdough” foi usado como agente de fabricação de pão até a sua substituição por fermento de padeiro no século XIX; a partir de então foi diminuído a pão artesanal.

Fatores endógenos presentes nos cereais, como o tipo de hidratos de carbono, lípidos e ácidos gordos livres, atividades enzimáticas e outros parâmetros como temperatura, oxigênio, tempo de fermentação, podem influenciar significativamente a microflora do fermento e conseqüentemente nas características dos pães (HAMMES et al., 1998).

Três tipos (I, II e III) de “sourdough” são distinguidos com base no protocolo de propagação e atividade metabólica da principal bactéria ácido láctica (Tabela 3). O “sourdough” tipo I tem maior aplicação e assemelha-se ao usado em processos tradicionais. É caracterizado por contínuas propagações (diárias) para manter os microrganismos em estado ativo, indicado pela alta atividade metabólica. O processo é realizado à temperatura ambiente (20-30°C) e o pH é cerca de 4,0. O “sourdough” tipo I engloba cultura pura desenvolvida espontaneamente (Ia), culturas misturadas a partir de trigo e centeio ou misturas preparadas através de múltiplos estágios do processo de fermentação (Ib), e ainda “sourdough” produzido em regiões tropicais e fermentado a temperaturas elevadas (Ic) (STOLZ, 1999). O tipo II é propagado em altas temperaturas (>30°C), com longo tempo de fermentação (até 5 dias) e alto teor de água, e é usado principalmente como agente aromatizante e para acidificar o meio. O tipo III corresponde a um “sourdough” seco utilizado como agente aromatizante (HAMMES et al., 1998; MARTINBIANCO, 2013).

Tabela 3 - Classificação do sourdough e sua microflora correspondente. FONTE: Adaptada de De Vuyst (2005).

	Tipo Ia	Tipo Ib	Tipo Ic	Tipo II	Tipo III
<b>Heterofermentativo Obrigatório</b>	<i>L. sanfranciscensis</i>	<i>Lactobacillus spp.</i> A <i>L. brevis</i> <i>L. buchneri</i> <i>L. fermentum</i> <i>L. fructivorans</i> <i>L. pontis</i> <i>L. reuteri</i> <i>L. sanfranciscensis</i> <i>W. cibaria</i>	<i>Lactobacillus spp. B</i> <i>L. fermentum</i> <i>L. reuteri</i>	<i>L. brevis</i> <i>L. fermentum</i> <i>L. frumenti</i> <i>L. pontis</i> <i>L. panis</i> <i>L. reuteri</i> <i>L. sanfranciscensis</i> <i>W. confusa</i>	<i>L. brevis</i>
<b>Heterofermentativo Facultativo</b>		<i>L. alimentarius</i> <i>L. casei</i> <i>L. paralimentarius</i> <i>L. plantarum</i>			<i>L. plantarum</i> <i>P. pentosaceus</i>
<b>Homofermentativo obrigatório</b>		<i>L. acidophilus</i> <i>L. delbrueckii</i> <i>L. farciminis</i> <i>L. mindensis</i>	<i>L. amylovorus</i>	<i>L. acidophilus</i> <i>L. delbrueckii</i> <i>L. amylovorus (rye)</i> <i>L. farciminis</i> <i>L. johnsonii</i>	
<b>Fermento</b>	<i>Candida humilis</i> ( <i>T. holmii</i> , <i>C. milleri</i> ) <i>S. exiguus</i>	<i>Candida humilis</i>	<i>Issatchenkia orientalis</i> ( <i>Candida krusei</i> )	Sem fermento <i>S. cerevisiae may be added</i>	
<b>a Filogeneticamente relacionado a <i>L. brevis</i>.</b>					
<b>b Filogeneticamente relacionado a <i>L. pontis</i>.</b>					

A fermentação usando massa mãe vem ganhando cada vez mais espaço, inclusive na confecção de pães sem glúten, devido aos benefícios sugeridos por diversos estudos científicos (DE VUYST et al., 2005; ARENDT et al., 2007; CORSETTI et al., 2007). Há um consenso considerável em relação aos efeitos positivos da adição de massa mãe na produção de pães, incluindo melhorias no volume e estrutura do pão, sabor, valores nutricionais (ver figura 17) e vida útil (ARENDT et al., 2007).

Existem evidências de que exopolissacarídeos (EPS) produzido pelas BAL da massa mãe, tem o potencial para melhorar a reologia da massa e a textura do pão e mostrar que o EPS produzido pelas bactérias lácticas (BAL) pode ser usado para substituir ou reduzir hidrocolóides mais caros usados para melhorar textura de pão. Além disso, alguns dos EPS produzidos por BAL tem propriedades prebióticas (GIBSON et al., 1995).

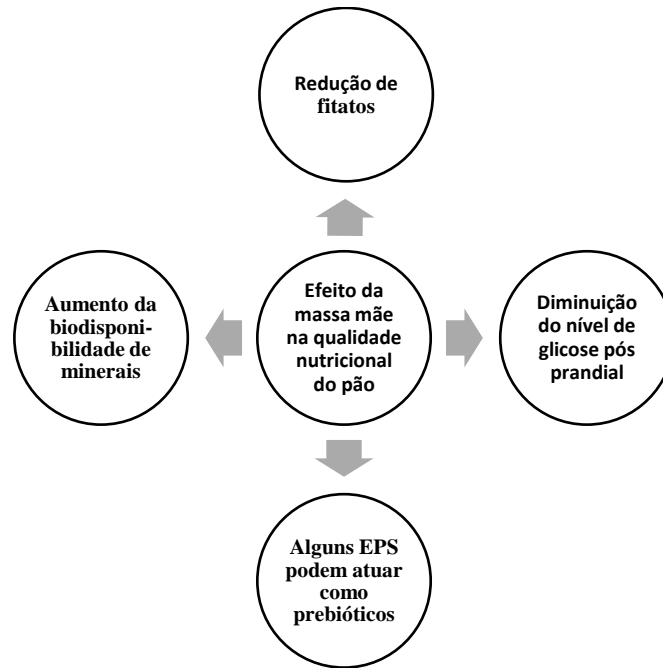


Figura 17 - Efeitos da massa mãe na qualidade nutricional do pão. FONTE: Adaptada de ARENDT et al. (2007).

Apesar de sua longa tradição e dos efeitos positivos conferidos aos produtos de panificação, vários detalhes sobre a tecnologia de massa mãe ainda não foi totalmente compreendido. Mecanismos no desenvolvimento deste tipo de fermento e suas aplicações são complexas e numerosas. Uma variedade de características de farinha e parâmetros do processo contribuem para exercer efeitos muito particulares sobre a atividade metabólica da microflora da massa mãe. Durante a fermentação, mudanças bioquímicas ocorrem nos hidratos de carbono e componentes proteicos da farinha devido à ação microbiana e de enzimas presentes nos cereais. A taxa e extensão dessas mudanças influenciam muito as propriedades da massa mãe e na qualidade do produto final. Uma série de hipóteses foram apresentadas e que podem ajudar a explicar os efeitos da massa mãe na qualidade do pão: impacto do pH na estrutura da massa; efeito da acidez sobre as enzimas presentes nos cereais e dos microrganismos de forma singular (ARENDRT et al., 2007).

Hoje em dia, massa mãe é empregada na fabricação de uma variedade de produtos como pães, bolos e bolachas, com sua aplicação ainda em crescimento, mas já existindo oferta de massa mãe industrial, geralmente desidratada.



Figura 18 - Massa mãe. FONTE: <https://www.schaer.com/pt-br>.

### 3. Materiais e Métodos

Para este trabalho foram desenvolvidos pães isentos de glúten, partindo de receitas tradicionais adaptadas a pessoas com restrições ao glúten. Também se desenvolveu um fermento natural que foi utilizado em algumas das formulações, a massa mãe. Diversos testes foram realizados em busca da obtenção de características semelhantes às dos pães clássicos, feitos com farinha de trigo comum.

Para o desenvolvimento dos pães, foi utilizado uma diversidade de ingredientes, entre eles farinhas isentas de glúten e fibras, descritos na revisão bibliográfica. Os materiais foram escolhidos considerando o seu valor nutricional, custo de mercado, acessibilidade e segurança quanto ao consumo, ou seja, isenção absoluta de glúten. Pretende-se que os pães a obter sejam de fácil preparação por qualquer consumidor.

As farinhas e demais ingredientes utilizados (e suas respectivas marcas) foram: farinha de araruta (Provida), amido de milho (Maisena), polvilho doce (Do Brasil), Farinha de arroz (Doves Farm), farinha de aveia integral sem glúten (Bauck Hof), farinha de quinoa (Próvida), farinha de grão de bico (Doves Farm), linhaça dourada triturada (Bauck Hof), farinha de amêndoas (Naturefoods), farinha de teff (Bauck Hof), semente de sésamo (Naturefoods), psyllium (Iswari), fermento biológico desidratado (Schar) ovo de galinha (Auchan), azeite extra virgem (Gallo), sal refinado (Domar), água natural (Luso) e mel (Auchan).

Para a confecção das preparações desenvolvidas foi necessário recorrer a equipamentos que permitissem a sua elaboração da forma correta e dentro dos padrões esperados nesta pesquisa, mas também dentro dos recursos disponíveis pelo pesquisador. Tais equipamentos, e respectivas marcas, foram: Forno a gás Teka HT-510, balança digital Qlive 130299 e termômetro digital Laserline.

Para conhecer a composição nutricional das formulações desenvolvidas neste trabalho, utilizou-se a plataforma Dietbox®, software utilizado para cálculo de planos alimentares por nutricionistas e também para construção de informações nutricionais. As

tabelas de composição dos alimentos utilizadas foram: TACO (Tabela Brasileira de Composição de Alimentos), USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos) e a do Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge.

Os ingredientes das receitas foram adicionados um a um à plataforma e o programa informático fornece todas as informações nutricionais do produto, como a massa total, valor energético, macro e micronutrientes de cada pão desenvolvido. Tais resultados foram transferidos para o software Excel, para adequação dos valores obtidos às normas de rotulagem utilizadas em Portugal para a declaração nutricional. Tais normas estão disponíveis no Regulamento (UE) N. o 1169/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de outubro de 2011.

Para o cálculo do custo de cada produto foi, primeiramente, elaborada uma lista com todos os ingredientes utilizados nas formulações e seus respetivos preços de mercado. Em seguida, com o auxílio do software Excel, adequou-se os valores totais dos ingredientes às quantidades utilizadas nas preparações. A soma de todos os valores obtidos, gerou o custo total estimado de cada produto, tendo em conta os valores de matérias primas no mercado.

### **3.1 Formulações estudadas**

Tendo como objetivo o desenvolvimento de portfólio de pães isentos de glúten, recorrendo ao uso de materiais e equipamento descritos na seção anterior, foram realizados testes preliminares de modo a selecionar as farinhas e outros ingredientes que resultavam em pães com melhores características. Foram também ajustadas as condições de processo, nomeadamente as condições de mistura/amassadura, fermentação e cozedura. Dado o desafio tecnológico da produção de pão isento de glúten com boa qualidade nutricional e sensorial, tal requereu muita pesquisa e tempo para testar todos os ingredientes e condições do processo. No entanto, apenas se apresentam nesta dissertação os produtos desenvolvidos que apresentaram melhores características:

- a) Massa mãe isenta de glúten
- b) Pão de amêndoa e teff, elaborado com massa mãe
- c) Pão de grão de bico e tremoço, elaborado com massa mãe
- d) Pão de sésamo, elaborado com fermento biológico seco

### 3.1.1 Massa mãe

Para o desenvolvimento da massa mãe, foram utilizados materiais de uso culinário, como frasco de vidro com tampa, tigela de vidro, colher de madeira, espátula de silicone, caneta (marcador permanente) e balança digital. Os ingredientes utilizados foram a farinha de arroz, farinha de aveia isenta de glúten, água mineral e mel.

No primeiro dia misturou-se de forma manual, com o auxílio de uma espátula de silicone e uma tigela de vidro, 50 g de água à temperatura de 28°C, 3 g de mel de abelha, 25 g de farinha de arroz e 25 g de farinha de aveia, até se obter uma mistura lisa e sem grumos. A massa foi transferida para um frasco e este foi tapado com uma tampa, sem vedar. Marcou-se o nível da massa utilizando uma caneta. Em seguida o frasco foi reservado dentro de um armário limpo por 24 horas.

No segundo dia descartou-se 50g da massa e, no mesmo recipiente adicionou-se 50g de água, 25g de farinha de arroz e 25g de farinha de aveia. Misturou-se novamente e reservou-se o frasco, como no dia anterior.

No terceiro dia, quando completou 12 horas da última alimentação, a massa mãe havia dobrado de tamanho e, por isso, foi preciso alimentá-la imediatamente. O frasco foi aberto e repetiu-se o processo do dia anterior. Quando completou 12 horas da última alimentação, a massa foi novamente refrescada, repetindo-se o processo anterior.

No quarto dia, após 24 horas da última alimentação, abriu-se o recipiente e, com o auxílio de um prato fundo, toda a massa que estava no recipiente foi pesada. Feito isso, colocou-se para dentro do frasco 100 g da massa mãe, 50 g de água, 25g de farinha de arroz e 25 g de farinha de aveia.

No quinto e sexto dia, após 24 horas repetiu-se o processo do dia anterior. Porém no sexto dia, foi necessário alimentar a massa novamente após 12 horas da última alimentação.

No sétimo e oitavo dia a massa foi alimentada de 12 em 12 horas. Após a massa ter dobrado de tamanho em um período de 5 horas, a massa mãe foi reservada no frigorífico. A partir de então a massa começou a ser alimentada 1 vez por semana.

### 3.1.2 Pães com massa mãe

Os pães feitos com a massa mãe foram o pão de amêndoa e teff e o pão de grão de bico e tremoço. Os respectivos ingredientes estão descritos na tabela 4.

Tabela 4 - Ingredientes dos pães elaborados com massa mãe: Pão de amêndoa e teff e pão de grão de bico e tremoço.

<b>INGREDIENTES</b>	
<b>Pão de amêndoa e teff</b>	<b>Pão de grão de bico e tremoço</b>
84 g de polvilho doce	85 g de farinha de amido de milho
84 g de farinha de arroz	50 g de farinha de grão de bico
32 g de farinha de teff	50 g de farinha de aveia, sem glúten
42 g de farinha de amêndoa	40 g de farinha de tremoço
20g farinha de linhaça triturada	30 g de linhaça triturada
10 g de psyllium	10 g de psyllium
50 g de fermento natural (massa mãe preparada neste trabalho)	50 g de fermento natural (massa mãe preparada neste trabalho)
5 g de sal fino	5 g de sal fino
5 g de azeite	5 g de azeite
280 g de água	280 g de água

O processo de desenvolvimento foi o mesmo para os dois pães. Numa taça grande, colocaram-se as farinhas, o psyllium e o sal, e com a ajuda de umas varas misturou-se tudo muito bem. Em outra taça prepararam-se os líquidos. Foi adicionada a água morna à massa mãe, e mexeu-se até estar tudo muito bem misturado. Juntaram-se os ingredientes líquidos aos secos e misturou-se até a massa estar ligada e homogênea. Deixou-se repousar durante 3 minutos.

Voltou-se a mexer e, em seguida, a massa foi deitada na bancada previamente polvilhada com farinha de arroz, amassada ligeiramente e moldada em forma de bola. Por fim, colocou-se a massa num cesto previamente forrado com um pano leve e deixou-se levedar por 5 horas (momento em que parou de crescer) à temperatura ambiente (em torno de 28°C).

O forno foi então aquecido à temperatura de 250°C. Foi adicionado um recipiente cheio de água na parte inferior do forno, com o intuito de humidificar o ambiente e favorecer a crosta do pão. A massa foi então retirada do cesto e inserida sobre um tabuleiro, forrado com papel vegetal. Polvilhou-se com um pouco de farinha por cima e fizeram-se cortes na superfície. Em seguida foi transferida para o forno, onde permaneceu por 20 minutos. Após este tempo, reduziu-se a temperatura para 190°C e deixou-o por mais 30 minutos.

Retirou-se o pão do forno e colocou-o sobre uma grelha. Foi cortado, para verificação o miolo, após atingir a temperatura ambiente.

### 3.1.3 Pão com fermento industrial

O pão elaborado com fermento biológico industrial foi o pão de sésamo. Os ingredientes estão descritos na tabela 5.

Tabela 5 - Ingredientes do pão com fermento biológico industrial: Pão de sésamo.

<b>INGREDIENTES</b>
<b>Pão de sésamo</b>
210 g farinha de aveia sem glúten
180 g farinha de arroz
100 g farinha de quinoa
70 g amido de milho
11 g fermento biológico seco
15 g semente de linhaça moída
20 g psyllium
10 g sal fino
10 g de sementes de sésamo
600 g/ml de água morna
10 g de azeite
1 ovo de galinha (fresco)

O processo de desenvolvimento se deu da seguinte maneira: Em um recipiente misturaram-se os ingredientes secos. Em outro, misturou-se água, azeite, ovo e bateu-se com as varas até estar tudo bem misturado.

Juntaram-se os ingredientes líquidos aos secos e mexeu-se até obter uma massa homogênea. Deixou-se descansar por 3 minutos e, em seguida, a massa foi disposta na bancada e trabalhada um pouco mais.

Moldaram-se os pãezinhos e colocaram-se sobre um tabuleiro forrado com papel vegetal. Pincelaram-se com um pouco de água e polvilharam-se com sementes de gergelim. Cobriram-se com um pano e deixou-se levedar por cerca de 60 minutos.

Entretanto pré aqueceu-se o forno a 200°C. Os pãezinhos foram levados ao forno por cerca de 40 a 45 minutos. Retiraram-se do forno e deixaram-se esfriar em cima de uma grelha. Somente após arrefecimento total, foram cortados para verificação do miolo.

## **4. Resultados e Discussão**

### **4.1 Desafios tecnológicos e gastronômicos no desenvolvimento de pão isento de glúten**

Apesar do método de produção dos pães sem glúten aparentar ser um processo mais simples que o dos pães tradicionais, uma vez que não é necessário aplicar a força mecânica (ato de sovar) sobre a massa, encontrar uma formulação que apresente boas características, semelhantes às das massas com glúten (como volume, firmeza, cor, aroma/sabor) é um grande desafio tecnológico e gastronômico. Ausência do glúten na produção da massa tem grande influência nas propriedades reológicas da massa, no processo de produção e na qualidade dos produtos finais sem glúten. As massas sem glúten são muito menos coesas e elásticas do que as massas de trigo.

Para alcançar as formulações finais apresentadas neste trabalho, foram necessários muitos testes. Os primeiros pães desenvolvidos não obtiveram boa aparência, além de aspectos reológicos insatisfatórios ao nível das massas como mostram as imagens na figura 19.



Figura 19 - Defeitos nos pães sem glúten desenvolvidos nas fases preliminares do trabalho. (A): pouco volume e miolo com aparência/textura de borracha; (B): Miolo frágil, seco e esfarelado; (C): crosta pálida (D): formato irregular; (E): Gosto muito azedo e enjoativo.

Tais defeitos encontrados nas experiências preliminares realizadas puderam ser contornados com a prática e observação do comportamento das farinhas e outros ingredientes em cada receita. Além disso, efetuou-se um estudo aprofundado sobre o processo de fermentação (principalmente se tratando da massa mãe), dos ingredientes alternativos sem glúten e dos métodos de cozedura (temperatura e humidade do forno e materiais auxiliares).

Sobre os métodos de cozedura notou-se que, ao deixar um recipiente com água dentro do forno, os pães apresentaram melhores resultados, principalmente a nível da crosta. O vapor formado dentro do forno fez com que a crosta dos pães ficasse mais

grossa, crocante e corada. Contribuindo também para a aparência, aroma e sabor dos produtos. Estes resultados estão evidenciados a posteriori.

De acordo com estudo realizado por BREDARIOL (2019), a introdução de vapor no início do cozimento proporciona a formação de uma superfície húmida e flexível capaz de suportar rápida expansão da massa, e permite a precipitação de elementos voláteis que formam uma crosta crocante de cor castanha (AMENDOLA et al., 2003), também fornece um ambiente com temperaturas mais adequadas para que as leveduras atuem no início do cozimento (LE-BAIL et al., 2011). Logo, para manter a qualidade sensorial e otimizar o processo produtivo dos pães, é importante um adequado controle dos parâmetros de tempo, temperatura, humidade relativa do ar e taxa de calor durante o cozimento. (AHRNÉ et al., 2007).

Outra reação importante em produtos de panificação, responsáveis pela formação da cor, aroma e sabor, é a reação de Maillard. Trata-se de um conjunto de reações em cadeia que originam a formação de compostos corados que são responsáveis pelo escurecimento não enzimático (BERTRAND et al., 2018), que ocorre em três estágios (início, avançado e final) (PASTORIZA et al., 2018) na presença de açúcares redutores, entre os grupos amino de aminoácidos e grupos carbonilo de açúcares (PATRIGNANI et al., 2019) dando origem a polímeros corados denominados melanoidinas e a compostos aromáticos (BERTRAND et al., 2018).

## **4.2 Avaliação da massa mãe**

Para conquista do resultado esperado no desenvolvimento da massa mãe, foram necessários alguns testes preliminares. A primeira massa desenvolvida levou cerca de quinze dias para ficar pronta. Durante o período de desenvolvimento algumas farinhas foram substituídas, com o intuito de melhorar o fermento (as farinhas utilizadas foram, teff, arroz, aveia isenta de glúten, grão de bico, quinoa e soja biológicas). Foram também controlados parâmetros como a temperatura e o local de armazenamento. Com todas as informações e conhecimentos adquiridos durante a produção da massa mãe produzida em

estudos preliminares, foi depois elaborada a massa mãe usada em algumas das formulações usadas neste trabalho. O processo de desenvolvimento desta massa mãe decorreu com mais facilidade e precisão, tendo durado 8 dias.

Após estes dois testes e, com o intuito de registar todo o processo e ainda partilhar conhecimento, decidiu-se fazer uma *live* no *Instagram* com o passo a passo do desenvolvimento da massa mãe. Durante a preparação deste fermento isento de glúten algumas observações foram feitas, principalmente a respeito do seu crescimento e desenvolvimento. Tais observações estão destacadas na tabela 6.

Tabela 6 - Observações sobre o crescimento e desenvolvimento da massa mãe isenta de glúten ao longo dos oito dias de formação.

<b>Dias</b>	<b>Características da massa</b>
<b>1</b>	Massa homogênea e lisa
<b>2</b>	Sinal de vida! Presença de pequenas bolhas de ar.
<b>3</b>	Massa dobrou de tamanho. Presença de muitas bolhas de ar. Foi alimentada duas vezes (de manhã e à noite).
<b>4</b>	Massa cresceu $\frac{1}{2}$ do tamanho total. Presença de bolhas de ar maiores.
<b>5</b>	Massa cresceu o dobro do tamanho total. Presença de bolhas de ar grandes.
<b>6</b>	Massa cresceu o dobro do tamanho total. Presença de bolhas de ar grandes. Foi alimentada duas vezes (de manhã e à noite).
<b>7</b>	Massa cresceu o dobro do tamanho total. Presença de bolhas de ar grandes. Foi alimentada duas vezes (de manhã e à noite).
<b>8</b>	Massa cresceu o dobro do tamanho total e chegou no seu ponto máximo em 5 horas. Foi guardada no frigorífico.

A figura 20 mostra o desenvolvimento da massa no decorrer dos sete dias de produção. A sua progressão pode ser visualizada observando os traços feitos à caneta (destacados por uma faixa preta para melhor visualização), que indicam a quantidade de massa que havia no frasco no dia anterior. A figura 21 mostra a massa mãe no 8º dia, pronta para ser utilizada nas preparações. A sua progressão pode ser visualizada observando o elástico como marcador. Verifica-se que no final (D7 – 8º dia de fermentação), o aumento do volume (*overrun*) corresponde a cerca de 100%, i.e., a massa duplicou o seu volume.

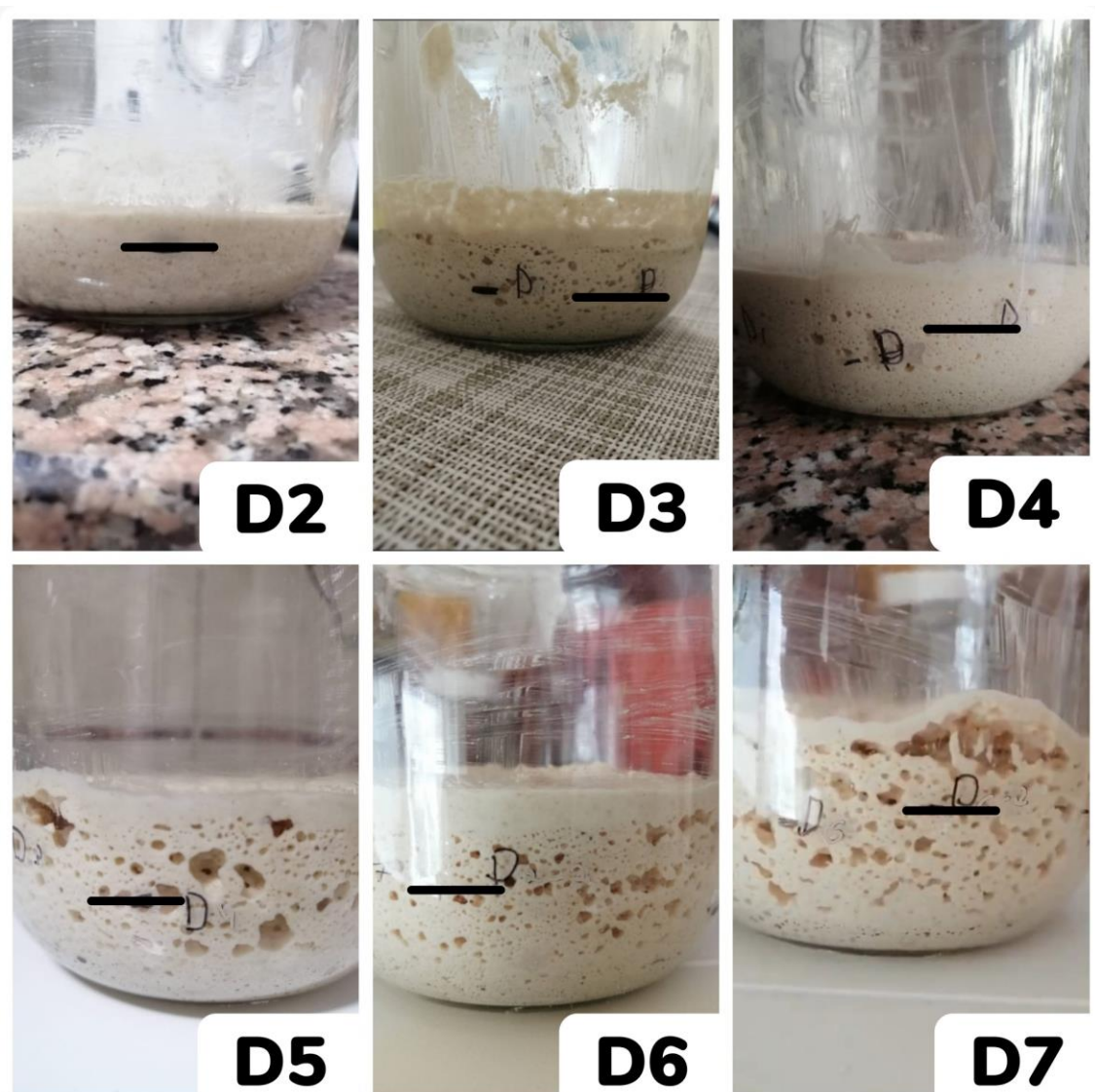


Figura 20 - Desenvolvimento da massa mãe isenta de glúten do 2º ao 7º dia de produção.



Figura 21 - Massa mãe isenta de glúten no 8º dia, pronta para ser utilizada nas preparações de pão.

A partir dos resultados obtidos, tanto no desenvolvimento da massa mãe quanto na prática envolvida no processo de produção dos pães, foi possível reconhecer e estabelecer os pontos ótimos relacionados ao tempo de fermentação e temperatura ideal para obtenção de um fermento forte e ativo.

A massa mãe desenvolvida neste trabalho atinge o ponto máximo do seu crescimento num período de 5 horas, a temperatura de 28° C.

### 4.3 Análise das características dos pães desenvolvidos

Todos os pães desenvolvidos foram analisados pela autora. Na tabela 7 estão destacados os atributos analisados e as características mais relevantes.

Tabela 7 - Principais características dos pães desenvolvidos, resultantes da observação do autor.

	<b>Pão de amêndoa e teff</b>	<b>Pão de tremoço e grão de bico</b>	<b>Pão de sésamo</b>
<b>Aparência</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Visivelmente atraente.</li><li>- Cor da crosta: castanho claro/dourado.</li><li>- Cor do miolo: Bege claro.</li><li>- Alvéolos internos relativamente grandes.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Visivelmente atraente.</li><li>- Cor da crosta: castanho escuro.</li><li>- Heterogênea (pastes mais claras e partes mais escuras).</li><li>- Cor do miolo: Bege escuro.</li><li>- Alvéolos internos de tamanho médio.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Visivelmente atraente.</li><li>- Cor da crosta: Castanho claro.</li><li>- Cor do miolo: Bege claro.</li><li>- Alvéolos internos de tamanho médio.</li></ul>
<b>Aroma</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Suave, amendoado.</li><li>- Fermentação (levemente azedo).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Aroma forte de fermentação.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Aroma adocicado.</li><li>- Cheiro leve de fermento biológico.</li></ul>
<b>Sabor</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Sabor agradável.</li><li>- Prevalece o sabor da amêndoa.</li><li>- Gosto levemente azedo.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Sabor agradável, característico do grão de bico cozido.</li><li>- Azedo, característico da massa mãe.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Sabor agradável, residual de fermentado.</li><li>- Levemente amendoado, presença do sabor da linhaça e do sésamo.</li></ul>
<b>Textura</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Miolo macio, húmido.</li><li>- Crosta crocante.</li><li>- Médio poder de elasticidade tátil.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Miolo macio, húmido.</li><li>- Crosta grossa e ligeiramente rija.</li><li>- Alto poder de elasticidade tátil.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Miolo muito macio e húmido.</li><li>- Crosta fina e macia.</li><li>- Alto poder de elasticidade tátil.</li></ul>

Nas figuras 22, 23 e 24 são apresentadas algumas imagens dos pães desenvolvidos, em sua forma cru, assado e cortado ao meio, para visualização do miolo.

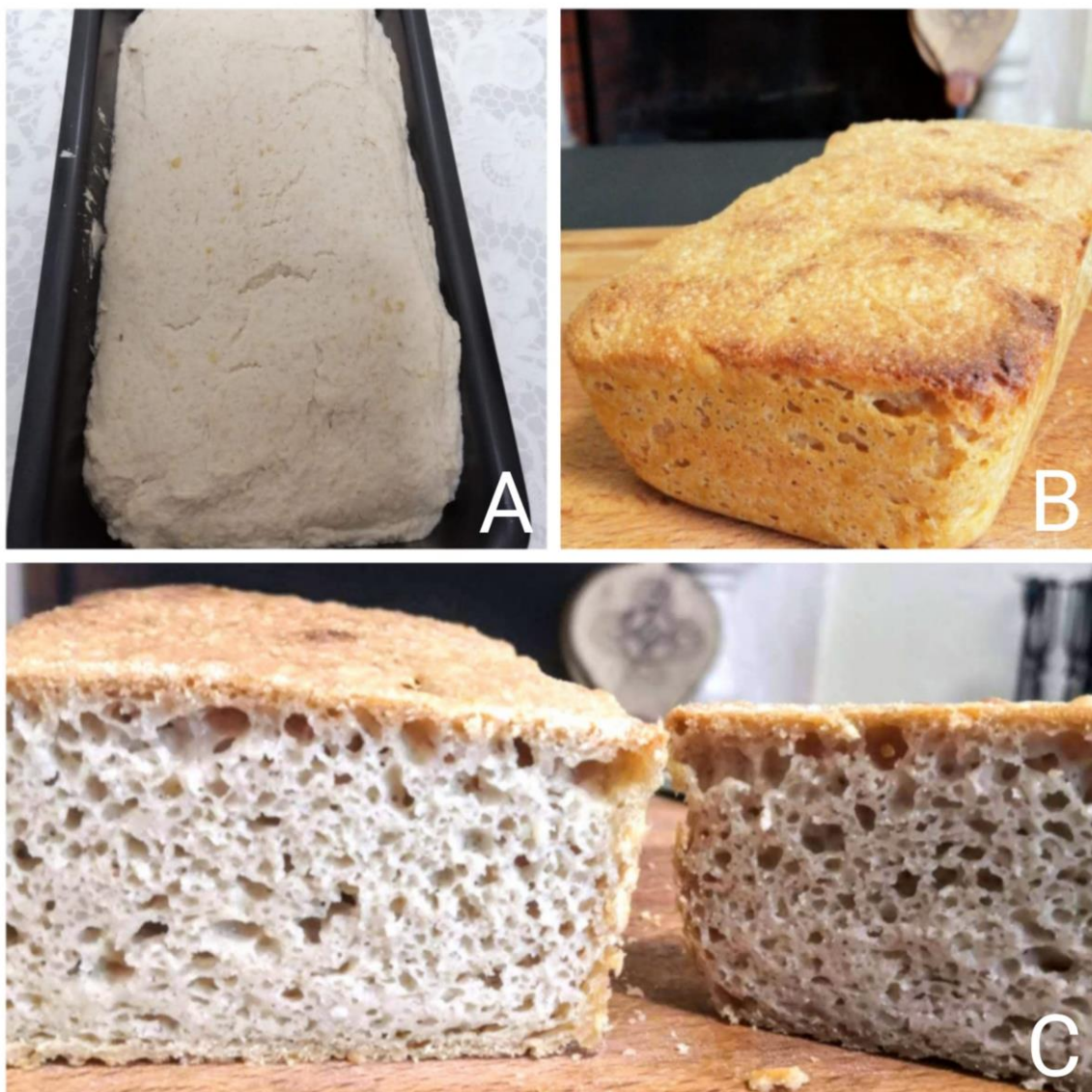


Figura 22 - Pão de amêndoa e teff – (A): pão cru; (B): pão assado; (C): miolo do pão.

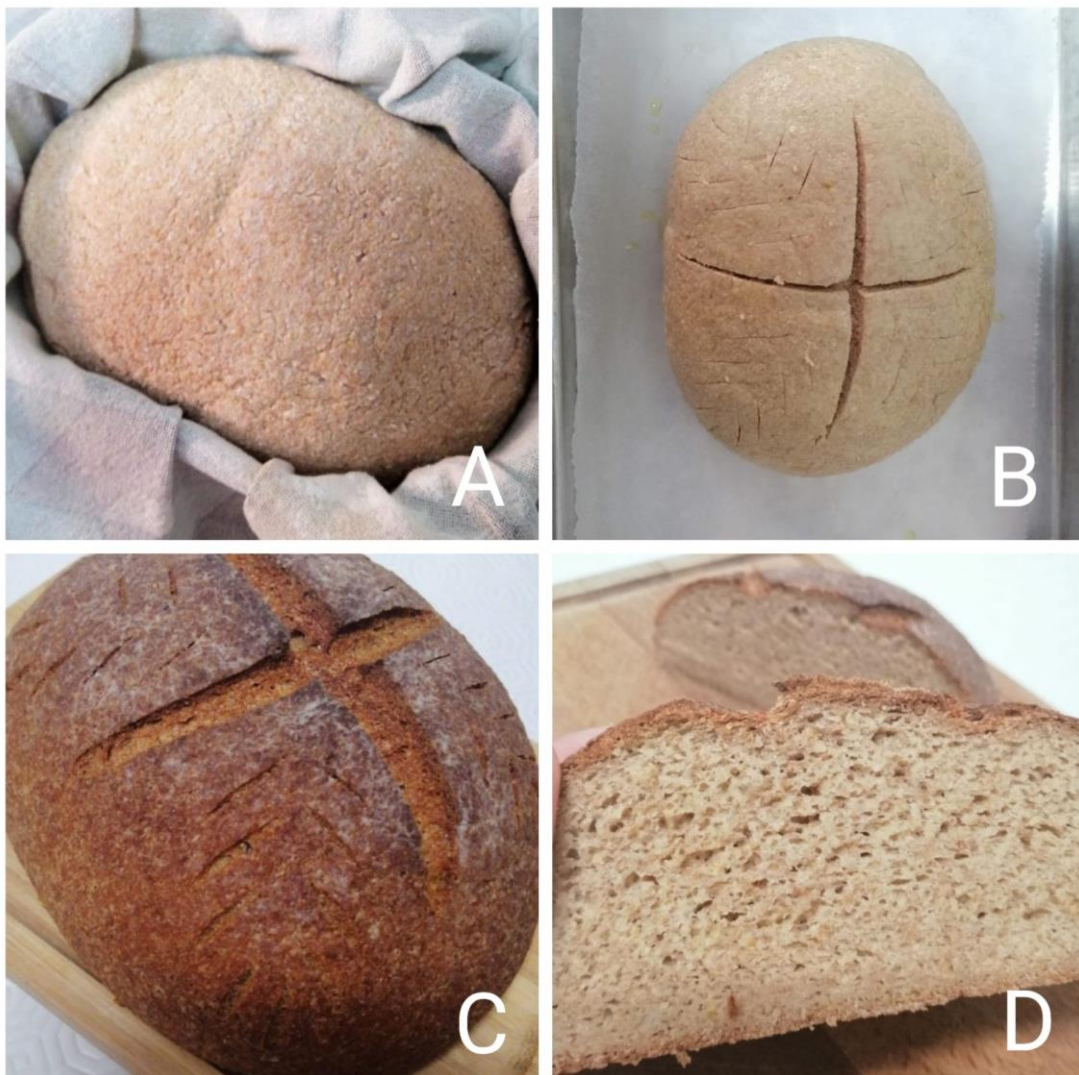


Figura 23 - Pão de grão de bico e tremçoço – (A): pão cru; (B): pão cru, com cortes; (C) pão asado; (D): miolo do pão.

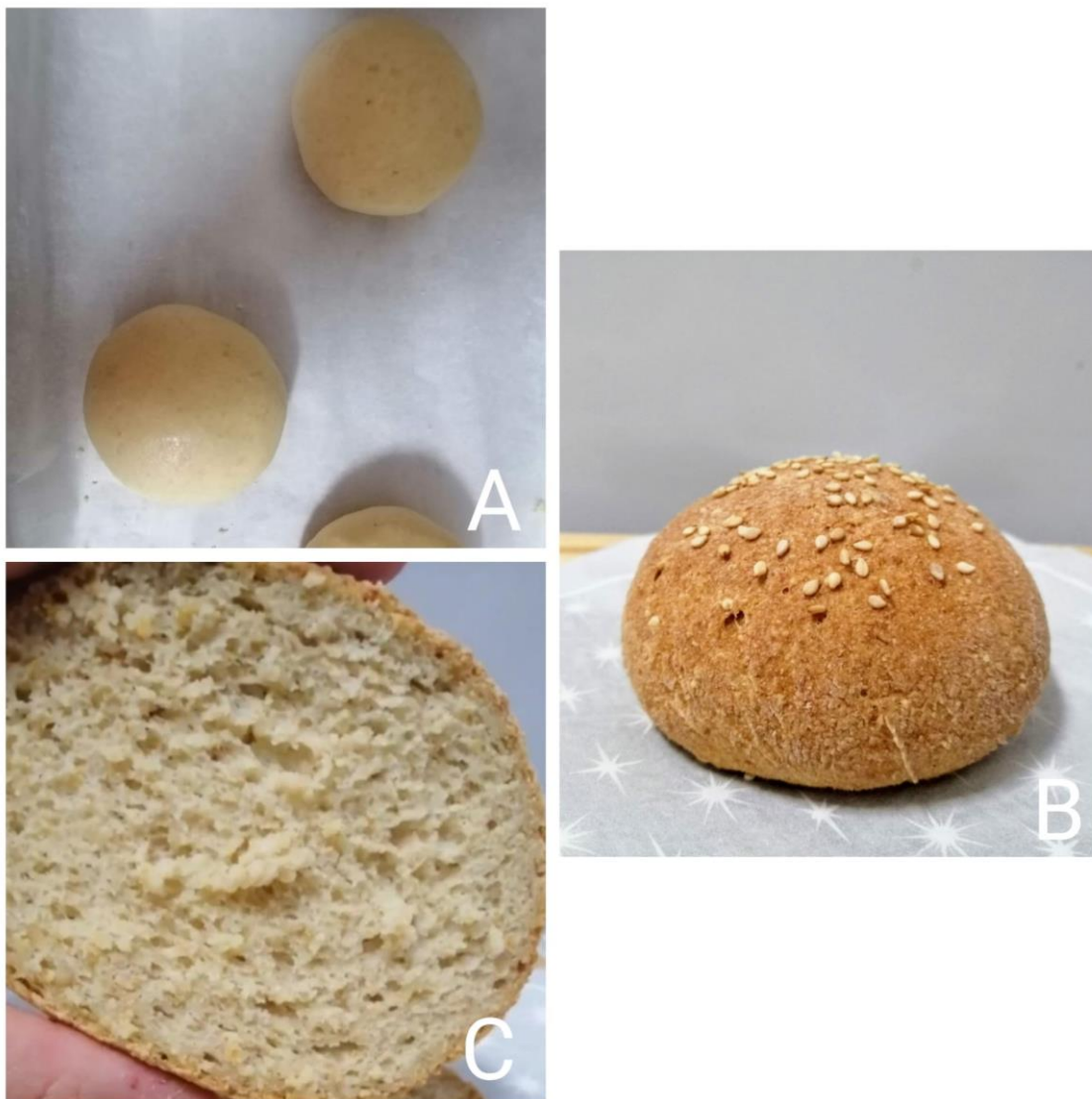


Figura 24 - Pão de sésamo - (A): pão cru; (B): pão assado; (C): miolo do pão.

Atualmente têm surgido muitos estudos voltados para o desenvolvimento de produtos de panificação sem glúten. Cada vez mais, as farinhas que até há pouco tempo eram pouco exploradas, vêm ganhando grande visibilidade principalmente pelo público celíaco.

Diversos estudos demonstram bons resultados com a utilização de farinhas isentas de glúten, como a farinhas de teff (HAGER et al., 2012; MARTI et al., 2017), grão de bico (MIÑARRO et al., 2012), arroz (PHONGTHAI et al., 2016), millet (SAYED et al., 2016) e quinoa (TURKUT et al., 2016).

As fibras também apresentam aplicabilidade nas formulações isentas de glúten, como é o caso do psyllium, usado nas formulações desenvolvidas neste trabalho. O psyllium melhora a qualidade do pão por meio da formação de estruturas semelhantes a um filme durante o processo de amassadura. Retém água e retarda o envelhecimento do produto (CAPPA, 2013; MARIOTTI et al., 2009).

Além das três formulações de pão apresentadas até aqui, outras também foram desenvolvidas e resultaram em pães com boas propriedades tecnológicas e sensoriais. Estes produtos estão apresentados nos anexos deste trabalho (ingredientes e modo de preparo).

#### **4.4 Análise de custo dos produtos desenvolvidos**

Foi realizada uma análise do custo dos produtos, a partir do custo de cada ingrediente utilizado nas formulações.

Na tabela 8 estima-se que 200 g de massa mãe teve um custo total de 3 €, levando em consideração os gastos de todo o processo do seu desenvolvimento. Este valor aparenta ser relativamente alto, quando comparado com o fermento biológico industrial desidratado, vendido a 1,20 € em embalagens de 20 g. Porém, foi observado que 50 g de massa mãe equivale a 5 g de fermento biológico seco, ou seja, o fermento biológico utilizado nas preparações representa 10% do peso da massa mãe. Então, se pensarmos em dois pães, elaborados exatamente com os mesmos ingredientes (e quantidades), exceto o tipo de fermento: um elaborado com a massa mãe (100 g) e outro feito com o fermento biológico (10 g), iremos observar que, até a 6<sup>a</sup> vez da preparação, produzir com o fermento biológico seco é mais vantajoso financeiramente, porém a partir da 7<sup>a</sup> vez, nota-se que desenvolver os produtos com a massa mãe passa a ser mais interessante a nível de custos (tabela 8). Isso porque, o maior gasto com a massa mãe é com o seu desenvolvimento inicial. Após ter-se uma massa mãe forte e pronta para utilização, é necessário apenas alimentá-la à medida que for utilizada. Cada alimentação tem um custo de 0,25 € (com as farinhas e a água), de acordo com os valores dos ingredientes utilizados em sua elaboração.

Tabela 8 - Comparação do custo da massa mãe e do fermento industrial.

<b>Produção</b>	<b>Custo massa mãe (€)</b>	<b>Custo fermento biológico seco (€)</b>
<b>1<sup>a</sup></b>	3,00	1,20
<b>2<sup>a</sup></b>	3,25	
<b>3<sup>a</sup></b>	3,50	2,40
<b>4<sup>a</sup></b>	3,75	
<b>5<sup>a</sup></b>	4,00	3,60
<b>6<sup>a</sup></b>	4,25	
<b>7<sup>a</sup></b>	<b>4,50</b>	<b>4,80</b>
<b>8<sup>a</sup></b>	4,75	
<b>9<sup>a</sup></b>	5,00	6,00
<b>10<sup>a</sup></b>	5,25	

Na tabela 9, estimam-se os custos dos três pães elaborados neste trabalho. Os dois pães feitos com a massa mãe - pão de amêndoa e teff e pão de grão de bico e tremoço, tiveram como peso final 559 g e 600 g, respetivamente. O primeiro teve um custo de 3,79 € e o segundo 2,92 €. O outro pão foi feito utilizando o fermento biológico - pão de sésamo, que para 1200 g de produto teve um custo de 5,50 €.

Quando observamos o custo por 100 g de produto final, nota-se que entre os pães elaborados com a massa mãe, o pão de grão de bico e tremoço apresentou o valor mais reduzido (0,49 €/100 g). Porém, entre todas as formulações, o pão com melhor preço de custo foi o pão de sésamo (0,46 €/100 g). A formulação com o preço mais elevado foi o pão de amêndoa e teff (0,67 € por 100 g).

Tabela 9 - Análise de custo das formulações desenvolvidas.

<b>Produto</b>	<b>Custo total (€)</b>	<b>Peso total (g)</b>	<b>Custo por 100g (€)</b>
<b>Massa mãe</b>	3,00	200	1,50
<b>Pão de amêdoas e teff</b>	3,79	560	0,67
<b>Pão de grão de bico e tremoço</b>	2,97	600	0,49
<b>Pão de sésamo</b>	5,50	1200	0,46

Apesar de existirem já no mercado muitos pães sem glúten, a custos muito acessíveis, a produção com massa mãe e fermentação prolongada neste tipo de pães ainda é escassa, sendo considerado um elemento de inovação relevante. A maioria dos pães sem glúten encontrados no mercado que utilizam a massa mãe, também apresentam em sua composição a levedura industrial.

Por outro lado, é também de destacar o recurso a vários aditivos alimentares, como espessantes, emulsionantes e até conservantes, neste tipo de produtos comerciais.

Exemplos:

1. Pão caseiro – Schär (figura 25).

Ingredientes: Amido de milho, água, **massa mãe** (farinha de arroz, água), farinha de trigo sarraceno, farinha de arroz, xarope de arroz, fibra vegetal (psyllium), amido de arroz, óleo de girassol, proteína de soja, farinha de sorgo, espessante: hidroxipropilmetilcelulose, **fermento biológico**, sal, açúcar.



Figura 25 – Pão caseiro Schär.

2. Pão com sementes – Airos (figura 26).

Ingredientes: Água, amido de milho, **massa mãe** (farinha de arroz, água), sementes 7,5% (linho 3,7%, girassol 1,9%, painço 1,9%), amido de tapioca, óleo de girassol alto oleico 4,0%, xarope de arroz, farinhas de cereais 2,3% (trigo sarraceno 1,9%, linho 0,37%), farinha de alfarroba, fibra vegetal (psílio), proteína de batata, mel, **levadura**, espessante (hidroxipropilmetilcelulose), sal, emulsionantes (mono e diglicéridos de ácidos gordos, estearoíl-2-lactilato de sódio), conservantes (ácido sórbico, propionato de cálcio).



Figura 26 – Pão com sementes Airos.

3. Pão rústico – Auchan (figura 27).

Ingredientes: Água, amido de milho, **massa mãe** (farinha de arroz, água), amido de tapioca, óleo de girassol, xarope de arroz, farinha de quinoa, farinha de trigo sarraceno, fibra vegetal (psílio), proteína de arroz, **levadura**, açúcar, sal, espessante (hidroxipropilmetilcelulose), emulsionante (mono e diglicéridos de ácidos gordos), aroma, conservantes (ácido sórbico, propionato de cálcio).



Figura 27 – Pão rústico Auchan.

#### 4. Pão de forma de cereais – Schär (figura 28).

Ingredientes: Água, amido de milho, **massa mãe** 16% (farinha de arroz, água), amido de arroz, cereais 4.3% (farinha de milho-miúdo 2.6%, farinha de quinoa 1.7%), fibra de maçã, xarope de beterraba, óleo de girassol, xarope de arroz, flocos de soja 2.1%, sementes de girassol 2.1%, farelo de soja 1.9%, sementes de linho 1.9%, espessante: hidroxipropilmetilcelulose, flocos de milho-miúdo 1.4%, proteína de soja, **levedura**, sal marinho, mel.



Figura 28 – Pão de forma de cereais Schär.

Tabela 10 - Análise de custos dos pães sem glúten encontrados no mercado.

Pães - Marcas	Custo total do produto (€)	Custo por 100g (€)
Pão caseiro - Schär	4,11 (250 g)	1,64
Pão com sementes - Airos	3,19 (300 g)	1,06
Pão rústico - Auchan	2,89 € (300 g)	0,96
Pão de forma de cereais – Schär	3,55 € (300 g)	1,18

A partir desta pesquisa acerca dos pães sem glúten à venda no mercado (tabela 10), encontrou-se uma média de custo estimado em 1,21 € por 100 g de produto. Tal valor é significativamente elevado quando comparado aos pães sem glúten desenvolvidos neste trabalho, onde a média estimada ronda os 0,50 € por 100 g de produto.

## 4.5 Declaração nutricional

A declaração nutricional presente nos rótulos dos alimentos permite aos consumidores a seleção de uma dieta equilibrada, diminuindo assim a incidência de problemas de saúde relacionados com maus hábitos alimentares (CASSEMIRO, 2006), como obesidade, hipercolesterolemia, doenças cardiovasculares, certos tipos de câncer (NASCI-MENTO, 2001), alergias e intolerâncias alimentares, entre outros. Estima-se que metade das mortes por problemas vasculares e um terço dos cânceres poderiam ser prevenidos com uma alimentação adequada desde os primeiros anos de vida (SUKALAKAMALA et al., 2006). No entanto é primordial para comparação de produtos e seleção da dieta, o conhecimento nutricional (MARTINEZ et al., 2005).

### 4.5.1 Composição nutricional

Ao selecionar os ingredientes a utilizar no desenvolvimento das formulações de pão isento de glúten, foi dada uma atenção maior aos valores de proteína e fibra. O pão de amêndoa e teff e o pão de sésamo foram elaborados primeiramente e, a partir dos valores das proteína e fibra calculados, desenvolveu-se o pão de grão de bico e tremoço, visando melhorar os valores totais desses nutrientes.

Para tanto, utilizou-se como referência o Regulamento (CE) N.º 1924/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho de 20 de dezembro de 2006, relativo às alegações nutricionais e de saúde sobre os alimentos. O mesmo estabelece que:

- Uma alegação de que um alimento é uma **fonte de fibras**, ou qualquer alegação que possa ter o mesmo significado para o consumidor, só pode ser feita quando o produto contiver, no mínimo, 3 g de fibras por 100 g ou, pelo menos, 1,5 g de fibras por 100 kcal.
- Uma alegação de que um alimento é **rico em fibras**, ou qualquer alegação que possa ter o mesmo significado para o consumidor, só pode ser feita quando o produto contiver, no mínimo, 6 g de fibras por 100 g ou, pelo menos, 3 g de fibras por 100 kcal.

- Uma alegação de que um alimento é uma **fonte de proteínas**, ou qualquer alegação que possa ter o mesmo significado para o consumidor, só pode ser feita quando, pelo menos, 12% do valor energético do alimento for fornecido por proteínas.
- Uma alegação de que um alimento é **rico em proteínas**, ou qualquer alegação que possa ter o mesmo significado para o consumidor, só pode ser feita quando, pelo menos, 20 % do valor energético do alimento for fornecido por proteínas.

A partir destas informações, foi verificada a possibilidade de utilização das menções: fonte de fibras, rico em fibras, fonte de proteínas e rico em proteínas. Para cada um dos pães desenvolvidos foi elaborada a informação nutricional do produto (declaração nutricional e lista de ingredientes).

#### 4.5.1.1 Pão de amêndoa e teff

O pão de amêndoa e teff apresentou, em uma porção de 100 g, valor calórico equivalente a 228 kcal, 4,5 g de proteína e 5 g de fibra (tabela 11). Tais valores indicam que as proteínas totais representam 8% do valor energético do produto, não entrando nas classificações do regulamento (CE) N.º 1924/2006, relativas às proteínas. No entanto foi classificada como “Fonte de fibras”.

Tabela 11 - Informação nutricional do pão de farinha de amêndoa e teff.

PÃO DE AMÊNDOA E TEFF		
INFORMAÇÃO NUTRICIONAL		
Porção 100g		
	Quantidade por porção	% VD (*)
Valor Calórico	228 kcal 954 kJ	11,5 %
Hidratos de carbono	34 g	12,5 %
Proteínas	4,5 g	9,0 %
Gorduras Totais	7 g	10,5 %
G. Monoinsaturadas	4,5 g	13,0 %
G. Poli-insaturadas	2 g	13,0 %
Gorduras Saturadas	0,9 g	4,5 %
Fibra Alimentar	5 g	19,5 %
Sódio	353 mg	15,0 %

\* % Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2.000 kcal ou 8400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

Ingredientes: Polvilho doce, farinha de arroz, farinha de amêndoas, farinha de teff, fermento natural (farinha de aveia sem glúten, farinha de arroz e água), semente de linhaça moída, psyllium, azeite e sal.

#### 4.5.1.2 Pão de grão de bico e tremoço

O pão de grão de bico e tremoço apresentou, em uma porção de 100 g, valor calórico equivalente a 163 kcal, 7,8 g de proteínas e 7,3 g de fibras (tabela 12). Tais valores indicam que as proteínas totais representam 19,1% do valor energético do produto, sendo considerado um alimento “Fonte de proteínas”, de acordo com o regulamento (CE) N.º 1924/2006. Ainda com um valor de 7,3 g de fibras em 100 g do produto, este pão foi classificado como “Rico em fibras”.

Tabela 12 - Informação nutricional do pão de farinha de grão de bico e tremoço.

PÃO DE GRÃO DE BICO E TREMOÇO		
INFORMAÇÃO NUTRICIONAL		
Porção 100g		
	Quantidade por porção	% VD (*)
Valor Calórico	163 kcal 682 kJ	8,0 %
Hidratos de carbono	18,7 g	7,0 %
Proteínas	7,8 g	15,5 %
Gorduras Totais	5,7 g	8,0 %
G. Monoinsaturadas	1,9 g	5,5 %
G. Poli-insaturadas	2 g	13,0 %
Gorduras Saturadas	0,9 g	4,5 %
Fibra Alimentar	7,3 g	29,0 %
Sódio	396 mg	16,5 %

\* % Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2.000 kcal ou 8400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

Ingredientes: Amido de milho, farinha de grão de bico, farinha de aveia sem glúten, fermento natural (farinha de arroz, farinha de aveia sem glúten e água), farinha de tremoço, semente de linhaça moída, psyllium, azeite e sal.

#### 4.5.1.3 Pão de sésamo

O pão de sésamo apresentou, em uma porção de 100 g, valor calórico equivalente a 188,9 kcal, 6 g de proteínas e 4,6 g de fibras (tabela 13). Tais valores indicam que as proteínas totais representam 12,7% do valor energético do produto, sendo classificado como “Fonte de proteínas”, de acordo com o regulamento (CE) N.º 1924/2006. Foi também classificada como “Fonte de fibras” uma vez que em 100 gramas do produto obteve 4,6 g de fibras.

Tabela 13 - Informação nutricional do pão de sésamo.

PÃO DE SÉSAMO		
INFORMAÇÃO NUTRICIONAL		
Porção 100g		
	Quantidade por porção	% VD (*)
Valor Calórico	189 kcal 791 kJ	9,5 %
Hidratos de carbono	31,6 g	11,5 %
Proteínas	6 g	12,0 %
Gorduras Totais	3,9 g	5,5 %
G. Monoinsaturadas	1,4 g	4,0 %
G. Poli-insaturadas	1,1 g	7,0 %
Gorduras Saturadas	0,7 g	3,5 %
Fibra Alimentar	4,6 g	18,5 %
Sódio	349,8 mg	14,5 %

\* % Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2.000 kcal ou 8400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

Ingredientes: Farinha de aveia sem glúten, farinha de arroz, farinha de quinoa, amido de milho, ovo de galinha, psyllium, semente de linhaça moída, sésamo, fermento biológico seco, azeite e sal.

Ainda sobre as declarações nutricionais, um estudo de Wang (2017) comparou produtos convencionais e isentos de glúten a fim de identificar os valores energéticos, os macro nutrientes, fibras e sódio presentes nestes dois tipos de alimentos. A comparação pode ser efetuada a partir dos dados da tabela 14.

Tabela 14 - Comparação nutricional entre alimentos contendo glúten e isento de glúten. FONTE: Adaptada de Wang (2017).

<b>Conteúdo</b>	<b>Alimentos</b>	<b>Farinha</b>	<b>Pães</b>
<b>Energia (kJ)</b>	Com glúten	1428	1222
	Isento de glúten	1493	1385
<b>Proteína (g)</b>	Com glúten	9,77	10,0
	Isento de glúten	1,43	3,47
<b>Hidrato de carbono (g)</b>	Com glúten	71,03	55,8
	Isento de glúten	82,7	61,2
<b>Açúcares (g)</b>	Com glúten	4,87	4,77
	Isento de glúten	3,00	4,86
<b>Lípidos totais (g)</b>	Com glúten	1,61	3,86
	Isento de glúten	1,43	7,42
<b>Lípidos saturados (g)</b>	Com glúten	0,08	0,85
	Isento de glúten	0,28	3,03
<b>Fibra (g)</b>	Com glúten	5,23	-
	Isento de glúten	2,86	-
<b>Sódio (mg)</b>	Com glúten	0,00	-
	Isento de glúten	525	-

Os resultados apontam que, de modo geral, os produtos com glúten além de apresentarem um valor calórico mais reduzido, são também mais desfavorecidos em termos nutricionais. Em contrapartida, o presente trabalho exibiu formulações sem glúten que se apresentaram como boas fontes de nutrientes (principalmente proteínas e fibras), contribuindo positivamente para a saúde dos consumidores.



## 5. Conclusões Gerais

Visando contribuir para a alimentação de pessoas que por algum motivo não consomem glúten, seja por alguma condição clínica ou por opção própria, foram desenvolvidas receitas de panificação sem glúten utilizando a massa mãe e também o fermento biológico industrial seco.

O grande desafio deste trabalho foi desenvolver a massa mãe sem glúten. Foram muitas tentativas falhadas até obter uma massa forte e pronta para ser trabalhada. A partir daí novos desafios surgiram, como o processo de produção dos pães utilizando este tipo de fermento. Foi preciso conhecer a fundo a massa mãe, para compreender o seu desenvolvimento, como o tempo de fermentação, estimado em 5 horas e a temperatura ideal, avaliada em 28°C.

No que respeita aos pães, foi necessário descobrir a melhor estratégia de cozedura para que o produto tivesse bom aspeto, sabor e textura. Após vários testes preliminares para selecionar as formulações e todas as condições de preparação, os pães com melhor aptidão tecnológica e valor nutricional foram selecionados e destacados neste trabalho.

Para ter conhecimento acerca da composição nutricional dos pães desenvolvidos e, com isso, ajustar alguns parâmetros, como os valores de proteína e fibra, foram desenvolvidas informações nutricionais para cada um dos pães. A partir destes resultados foi possível estabelecer as alegações nutricionais das formulações. O pão de grão de bico e tremço pode ter a alegação “Fonte de proteínas” e “Rico em fibras”, o pão de amêndoa e teff “Fonte de fibras” e o pão de sésamo “Fonte de proteínas” e “Fonte de fibras”.

Além da composição nutricional equilibrada, os pães também apresentaram bons atributos sensoriais. Todas as formulações desenvolvidas possuíram boa aparência, com crostas de cores a variar entre o castanho claro e o castanho escuro; alvéolos bem definidos, principalmente entre os pães elaborados com a massa mãe. Os pães de fermentação natural apresentaram sabor e aroma levemente acidificado, característico deste tipo de fermentação. Já o pão com fermento biológico industrial apresentou aroma adocicado com cheiro ligeiro do fermento empregue.

Em relação à textura, avaliada de modo empírico por observação e prova, verificou-se que todos os pães apresentaram resultados satisfatórios. Os pães feitos com a massa mãe cresceram muito durante a fermentação e o volume se manteve durante o processo de cozedura. O pão feito com o fermento biológico industrial cresceu menos durante o processo de fermentação, porém aumentou ainda mais o seu volume quando colocado no forno. Todos os pães apresentaram miolo macio, porém, dentre os de fermentação natural o que mais se destacou neste aspeto foi o pão de grão de bico e tremoço.

Os pães desenvolvidos apresentaram baixo custo, quando comparados aos pães sem glúten encontrados no mercado. Além disso todos foram considerados de fácil produção doméstica, sem utilização de espessantes, emulsionantes e conservantes.

Acredita-se que esta dissertação possa contribuir para uma melhor qualidade de vida de pessoas que apresentam algum tipo de restrição ao glúten. O presente trabalho faz uma revisão sobre alguns dos diversos substitutos da farinha de trigo, e deu origem a formulações e modos de preparação que resultam em produtos isentos de glúten com boas propriedades sensoriais e nutricionais, quando comparados com produtos análogos existentes no mercado. O objetivo é instigar a vontade de mais pessoas produzirem em suas casas o seu próprio produto e, desta forma, evitar as contaminações cruzadas (geradas em restaurantes e indústrias) e também proporcionar mais saúde, partindo do pressuposto de que ingerir produtos caseiros, e por isso menos aditivados, podem contribuir para uma vida mais saudável.

Novos estudos serão realizados futuramente para avaliar os aspetos microbiológicos, reológicos e sensoriais dos produtos desenvolvidos, buscando progressivamente o aperfeiçoamento das formulações.

## 6. Referências Bibliográficas

ACELBRA. Associação dos celíacos do Brasil. Disponível em: <<http://www.ancelbra.org.br/2004/>>. Acesso em: 11 agosto, 2020.

AHRNÉ, L., ANDERSSON, C. G., FLOBERG, P., ROSÉN, J., & LINGNERT, H. (2007). Effect of crust temperature and water content on acrylamide formation during baking of white bread: steam and falling temperature baking. *LWT-Food Science and Technology*, 40(10), 1708-1715.

ALAUNYTE, I., STOJCESKA, V., PLUNKETT, A., AINSWORTH, P., & DERBYSHIRE, E. (2012). Improving the quality of nutrient-rich Teff (*Eragrostis tef*) breads by combination of enzymes in straight dough and sourdough breadmaking. *Journal of Cereal Science*, 55(1), 22-30.

AMENDOLA, J., & REES, N. (2003). *Understanding baking: the art and science of baking 3rd edition*. John Wiley & sons Inc.

ANDRADE, A. M. D., PASSOS, P. R. D. A., MARQUES, L. G. D. C., OLIVEIRA, L. B., VIDAURRE, G. B., & ROCHA, J. D. D. S. (2004). Pirólise de resíduos do coco-da-baía (*Cocos nucifera* Linn) e análise do carvão vegetal. *Revista Árvore*, 28(5), 707-714.

ANJO, D. F. C. (2020). Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. *Jornal Vascular Brasileiro*, 3(2), 145-154.

APLEVICZ, K. S., & DEMIATE, I. M. (2007). Caracterização de amidos de mandioca nativos e modificados e utilização em produtos panificados. *Food Science and Technology*, 27(3), 478-484.

AQUINO, V. C. D. (2012). *Estudo da estrutura de massas de pães elaboradas a partir de diferentes processos fermentativos* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

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.

ARENDRT, E., & DAL BELLO, F. (EDS.). (2011). *Gluten-free cereal products and beverages*. Elsevier.

ARENDRT, E. K., MORONI, A., & ZANNINI, E. (2011). Medical nutrition therapy: use of sourdough lactic acid bacteria as a cell factory for delivering functional biomolecules and food ingredients in gluten free bread. In *Microbial Cell Factories* (Vol. 10, No. S1, p. S15). BioMed Central.

BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. (2014). A Cultura do Milho. Texto de apoio para as Unidades Curriculares de Sistemas e Tecnologias Agropecuários, Tecnologia do Solo e das Culturas, Noções Básicas de Agricultura e Fundamentos de Agricultura Geral. Escola de Ciências e Tecnologia/ Universidade de Évora, Évora.

BERTRAND, E., EL BOUSTANY, P., FAULDS, C. B., & BERDAGUE, J. L. (2018). The maillard reaction in food: an introduction. In: G. W. Smithers (Ed.), *Reference module in food science*. Netherlands: Elsevier.

BLUMER, S. A. G. (2002). Enriquecimento com ferro em levedura *Saccharomyces cerevisiae* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

BORGES, J. T. D. S., PIROZI, M. R., CHAVES, J. B. P., GERMANI, R., & DE PAULA, C. D. (2011). Caracterização físico-química e reológica de farinhas mistas de trigo e linhaça. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 29(2).

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 (Master's dissertation, Instituto Superior de Agronomia/Universidade Nova de Lisboa).

BRANDT, M. J. (2001). Mikrobiologische Wechselwirkungen von technologischer Bedeutung (Doctoral dissertation, Ph. D. thesis. University of Hohenheim, Stuttgart, Germany).

BRAZACA, S. G. C., & DA SILVA, F. C. (2003). Enhancers and inhibitors of iron availability in legumes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58(3), 1-8.

BREDARIOL, P. (2019). Controlar os parâmetros de assamento (tempo, temperatura, umidade) pode permitir a melhoria de algumas propriedades físicas e nutricionais de pães (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

CAI, X., HONG, Y., GU, Z., & ZHANG, Y. (2011). The effect of electrostatic interactions on pasting properties of potato starch/xanthan gum combinations. *Food Research International*, 44(9), 3079-3086.

CALLADO, N. H., & PAULA, D. R. (1999). Gerenciamento de resíduos de uma indústria de processamento de coco—estudo de caso. In *20º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*. Rio de Janeiro.

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*, 98(2), 1657-1666.

CAPRILES, V. D., & ARÊAS, J. A. G. (2011). Avanços na produção de pães sem glúten: aspectos tecnológicos e nutricionais. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 29(1).

CARVALHO, M. R. A. C. P., & COELHO, N. R. A. (2009). Leite de Coco: aplicações funcionais e tecnológicas. *Revista EVS-Revista de Ciências Ambientais e Saúde*, 36(4), 851-865.

CARVALHO, R. D. (2007). Industrialização do coco–beneficiamento (produção de coco ralado e leite de coco). *Dossiê técnico–Rede de Tecnologia da Bahia*.

CASSEMIRO, I. A., COLAUTO, N. B., & LINDE, G. A. (2006). Rotulagem nutricional: quem lê e por quê?. *Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR*, 10(1).

CATALANI, L. A., KANG, E. M. S., DIAS, M. C. G., & MACULEVICIUS, J. (2003). Fibras alimentares. *Rev Bras Nutr Clin*, 18(4), 178-82.

CLARKE, C. I., SCHOBER, T. J., & ARENDT, E. K. (2002). Effect of single strain and traditional mixed strain starter cultures on rheological properties of wheat dough and on bread quality. *Cereal Chemistry*, 79(5), 640-647.

Codex Alimentarius Commission (2006). Joint Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization Food Standards Program. Report of the Twenty- Seventh Session of the Codex Committee on Methods of Analysis and Sampling. ALINORM 06/29/23.

Commission of the European Communities, 2009. Commission Regulation (EC) No 41/2009 of 20 January 2009 concerning the composition and labelling of foodstuffs suitable for people intolerant to gluten. Official Journal of the European Union, pp. 16/13-16/15.

Companhia Nacional de Abastecimento (2015). A cultura do arroz / organizador Aroldo Antonio de Oliveira Neto. – Brasília: Conab.

CORREA, A. C. 2014. Perfil sensorial e direcionadores de preferência em bebida de caju (*Anacardium occidentale* L.) com finalidade dietética, adicionada de psyllium. (Master's dissertation. Universidade Estadual de Campinas).

CORSETTI, A., & SETTANNI, L. (2007). Lactobacilli in sourdough fermentation. *Food Research International*, 40(5), 539-558.

DA SILVA, D. B., GUERRA, A. F., DA SILVA, A. C., & Póvoa, J. S. R. (2002). Avaliação de genótipos de mourisco na região do cerrado. *Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)*.

DA SILVA, N. A. B., SILVA, J. C., DOS REIS SILVA, S. L., GONÇALVES, A. C. A., DA SILVA, W. A., PIRES, C. V., & TROMBETE, F. M. (2019). Desenvolvimento e avaliação sensorial de massa de pizza sem glúten, fonte de fibras e adicionada de psyllium. *Caderno de Ciências Agrárias*, 11, 1-8.

DAKHARA, S. L., ANAJWALA, C. C., & SELOTE, V. S. (2012). Fibrous drugs for curing various common health problems. *Pharmacognosy reviews*, 6(11), 16.

DAVIS, C. M. (2009). Food allergies: clinical manifestations, diagnosis, and management. *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care*, 39(10), 236-254.

DE CARVALHO, E. P., CANHOS, V. P., RIBEIRO, V. E., & DE CARVALHO, H. P. (1996). Polvilho azedo: aspectos físicos, químicos e microbiológicos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 31(2), 129-137.

TACO. Tabela Brasileira de Composição De Alimentos. (2011) 4ª edição revisada e ampliada. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação (NEPA). Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

DE FRANCISCHI, M. L. P., SALGADO, J. M., & LEITAO, R. F. F. (1994). Chemical, nutritional and technological characteristics of buck wheat and non-prolamine buckwheat flours in comparison of wheat flour. *Plant Foods for Human Nutrition*, 46(4), 323-329.

DE MORI, C., FONTANELI, R. S., & DOS SANTOS, H. P. (2012). Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da aveia. *Embrapa Trigo-Documentos (INFOTECA-E)*.

DE VUYST, L., & NEYSENS, P. (2005). The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1-3), 43-56.

DENARDIN, C. C., SILVA, L. P., STORCK, C. R., & NÖRNBERG, J. L. (2008). Composição mineral de cultivares de arroz integral, parboilizado e branco. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 15(2), 125-130.

DIAS, A. A. (2007). Substitutos de gordura aplicados em alimentos para fins especiais. Monografia (Especialização em Tecnologia dos Alimentos). Universidade de Brasília. Centro de Excelência em Turismo, Brasília.

DO NASCIMENTO, K. D. O., PAES, S. D. N. D., DE OLIVEIRA, I. R., REIS, I. P., & AUGUSTA, I. M. (2018). Teff: suitability for different food applications and as a raw material of gluten-free, a literature review. *J. Food Nutr. Res*, 6, 74-81.

EL KHOURY, D., BALFOUR-DUCHARME, S., & JOYE, I. J. (2018). A review on the gluten-free diet: technological and nutritional challenges. *Nutrients*, 10(10), 1410.

EMBRAPA. Amido de milho. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fdyq37cz02wx5a900e1ge5iy19bgd.html>>. Acesso em: 23 set. 2020.

FAO. Statistician trade statistics, worldwide about buckwheat (2000). Rome.

FAO/WHO. Food and Agriculture Organization/ World Health Organization. Codex Alimentarius. Disponível em: Acesso em 30 setembro 2020.

FARIAS, J. N., DO NASCIMENTO, F. P. B., SALVADOR, A. A., DA SILVA, A. A. N., DOS ANJOS TAMASIA, G., ROSSETTI, F. X., ... & VICENTINI, M. S. (2019). Desenvolvimento de biscoitos integrais à base de farinha de alfarroba como uma alternativa para substituição do cacau em pó. *International Journal of Nutrology*, 12(01), 041-047.

FERREIRA, A. C. P., BRAZACA, S. G. C., & ARTHUR, V. (2006). Alterações químicas e nutricionais do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) cru irradiado e submetido à cocção. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 26(1), 80-88.

FLANDER, L., ROUAU, X., MOREL, M. H., AUTIO, K., SEPPÄNEN-LAAKSO, T., KRUIUS, K., & BUCHERT, J. (2008). Effects of laccase and xylanase on the chemical and rheological properties of oat and wheat doughs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(14), 5732-5742.

FRANCO, V. A.; SILVA, F. A.; SOARES, M. J. (2015). Desenvolvimento de pão sem glúten com farinha de arroz e de batata-doce. (Master's dissertation, Escola de agronomia/Universidade Federal de Goiás).

GALLAGHER, E. (ED.). (2009). *Gluten-free food science and technology*. John Wiley & Sons.

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*, 15(3-4), 143-152.

GHARIBZAHEDI, S. M. T., MOUSAVI, S. M., HAMED, M., KHODAIYAN, F., & RAZAVI, S. H. (2012). Development of an optimal formulation for oxidative stability of walnut-beverage emulsions based on gum arabic and xanthan gum using response surface methodology. *Carbohydrate Polymers*, 87(2), 1611-1619.

GIBSON, G. R., & ROBERFROID, M. B. (1995). Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *The Journal of nutrition*, 125(6), 1401-1412.

GIUNTINI, E. B. (2005). Tabela brasileira de composição de alimentos TBCA-USP: 2001-2004.

GIUNTINI, E. B., LAJOLO, F. M., & MENEZES, E. D. (2003). Potencial de fibra alimentar em países ibero-americanos: alimentos, produtos e resíduos. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 53(1), 14-20.

GREEN, P. H., & JABRI, B. (2003). Coeliac disease. *The Lancet*, 362(9381), 383-391.

GUTKOSKI, L. C., & PEDÓ, I. (2000). Aveia: composição química, valor nutricional e processamento. *Livraria Varela*.

HAAS, R. V. (2019). Elaboração e análise físico-química e sensorial de bolos sem glúten com diferentes concentrações de teff (*Eragrostis tef*) como alternativa para celíacos. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil.

HAGER, A. S., WOLTER, A., CZERNY, M., BEZ, J., ZANNINI, E., ARENDT, E. K., & CZERNY, M. (2012). Investigation of product quality, sensory profile and ultrastructure of breads made from a range of commercial gluten-free flours compared to their wheat counterparts. *European Food Research and Technology*, 235(2), 333-344.

HAMMES, W. P., & GÄNZLE, M. G. (1998). Sourdough breads and related products. In *Microbiology of Fermented Foods* (pp. 199-216). Springer, Boston, MA.

HOMEM, R. V., JOAQUIM, A. D. S., KOMEROSKI, M. R., SILVA, H. P. D., EVANGELISTA, S. M., & OLIVEIRA, V. R. D. (2018). Qualidade nutricional e tecnológica de farinha de tef (*Eragrostis tef*) em preparações: uma revisão. *Simpósio de Segurança Alimentar (6.: 2018: Gramado, RS).[Anais][recurso eletrônico]. Gramado: SBCTA-RS, 2018.*

HOPMAN, E., DEKKING, L., BLOKLAND, M. L., WUISMAN, M., ZUIJDERDUIN, W., KONING, F., & SCHWEIZER, J. (2008). Tef in the diet of celiac patients in The Netherlands. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 43(3), 277-282.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Programa de Orçamento Familiar. Tabela de composição nutricional dos alimentos consumidos no Brasil, 2008-2009. Disponível em < [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicao-de-vida/pof/2008\\_2009\\_composicao\\_nutricional/tab\\_2.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicao-de-vida/pof/2008_2009_composicao_nutricional/tab_2.pdf)>. Acesso em 25/10/2020.

ITAGI, S., NAIK, R., & YENAGI, N. (2013). Versatile little millet therapeutic mix for diabetic and non diabetics. *Asian Journal of Science and Technology*, 4(10), 33-35.

JOSHI, B. D.; PADODA, R. S. Buckwheat in Índia. Phagli: National Bureau of Plant Genetic resources Regional Station, 1991. 117 p.

KARUPPASAMY, P., MALATHI, D., BANUMATHI, P., VARADHARAJU, N., & SEETHARAMAN, K. (2013). Evaluation of quality characteristics of bread from kodo, little and foxtail millets. *International Journal of Food and Nutritional Sciences*, 2(2), 35.

LE-BAIL, A., LERAY, D., LUCAS, T., MARIANI, S., MOTTOLLESE, G., & JURY, V. (2011). Influence of the amount of steaming during baking on the kinetic of heating and on selected quality attributes of bread. *Journal of Food Engineering*, 105(2), 379-385.

LEBWOHL, B., SANDERS, D. S., & GREEN, P. H. (2018). Coeliac disease. *The Lancet*, 391(10115), 70-81.

LEONARD, M. M., SAPONE, A., CATASSI, C., & FASANO, A. (2017). Celiac disease and nonceliac gluten sensitivity: a review. *Jama*, 318(7), 647-656.

LIU, S. M., RESENDE, P. V. G., BAHIA, M., PENNA, F. J., FERREIRA, A. R., LIU, P. M. F., ... & JÚNIOR, M. A. F. A. (2014). Doença celíaca. *Rev. Med*, 24(2), 38-45.

LÖNNER, C., & PREVE-AKESSON, K. (1989). Effects of lactic acid bacteria on the properties of sour dough bread. *Food Microbiology*, 6(1), 19-35.

LOPES, C. D. O., DESSIMONI, G. V., COSTA DA SILVA, M., VIEIRA, G., & PINTO, N. A. V. D. (2009). Aproveitamento, composição nutricional e antinutricional da farinha de quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Alimentos e nutrição*, 20(4), 669-675.

LOPES, D. J. M. (2018). Doença Celíaca: Do Conceito à Abordagem Terapêutica. (Master's dissertation, Universidade da Beira Interior).

MACEDO T. M. B, SCHMOURLO G, VIANA KDAL. Fibra alimentar como mecanismo preventivo de doenças crônicas e distúrbios metabólicos. *Rev UNI*. 2012; (2): 67-77.

MACIEL, L. M. B., PONTES, D. F., & RODRIGUES, M. D. C. P. (2009). Efeito da adição de farinha de linhaça no processamento de biscoito tipo cracker. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 19(4), 385-392.

MAIA, D. J., BARRO, O. M., CUNHA, M. V., DOS SANTOS, R. G., & CONSTANT, L. P. (2015). Estudo da aceitabilidade do pão de forma enriquecido com farinha de resíduo da polpa de coco. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais* 17 (1), 1-9.

MANARA, W., & RIBEIRO, N. D. (1992). Grão-de-bico. *Ciência Rural*, 22(3), 359-365.

MANNURAMATH, M., YENAGI, N., & ORSAT, V. (2015). Quality evaluation of little millet (*Panicum miliare*) incorporated functional bread. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 8357-8363.

MARIOTTI, M., LUCISANO, M., PAGANI, M. A., & NG, P. K. (2009). The role of corn starch, amaranth flour, pea isolate, and Psyllium flour on the rheological properties and the ultrastructure of gluten-free doughs. *Food Research International*, 42(8), 963-975.

MARTI, A., MARENCO, M., BONOMI, F., CASIRAGHI, M. C., FRANZETTI, L., PAGANI, M. A., & IAMETTI, S. (2017). Molecular features of fermented teff flour relate to its suitability for the production of enriched gluten-free bread. *LWT*, 78, 296-302.

MARTINBIANCO, F. Desenvolvimento da tecnologia para a produção de pão *sourdough*: aspectos da produção de inóculo e qualidade sensorial de pães (2011). (Master's dissertation, Universidade Federal do Rio Grande do Sul).

MARTINEZ, S.; HENMI, K. H.; ROVARON, T. C. Marketing nutricional em educação escolar. *Rev. Nutrição Pauta*, v.13, n. 73, p. 4-8, 2005.

MEUSER, F., BRÜMMER, J. M., & SEIBEL, W. (1994). Bread varieties in central Europe. *Cereal foods world*, 39(4), 222-230.

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(2), 476-481.

MONTEIRO, S. Z. (2013). Utilização de mesclas de farinhas de arroz, Inhame e quinoa na elaboração de disco de pizza pré assado sem glúten e sem lactose. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MURPHY, J. P., & HOFFMAN, L. A. (1992). The origin, history, and production of oat. *Oat science and Technology*, 33, 1-28.

NAKAMURA, I. M., & PARK, Y. K. (1975). Some Physico-chemical Properties of Fermented Cassava Starch ("Polvilho Azedo"). *Starch-Stärke*, 27(9), 295-297.

NAQASH, F., GANI, A., GANI, A., & MASOODI, F. A. (2017). Gluten-free baking: Combating the challenges-A review. *Trends in Food Science & Technology*, 66, 98-107.

NASCIMENTO, A. B. (2014). Desenvolvimento de produto alimentício sem glúten elaborado a partir da percepção de consumidores celíacos. (Doctoral dissertation, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias).

NASCIMENTO, S. P. (2001). Rotulagem nutricional. *Rev. Hig. Alimentar*, v. 15, n. 83, p.71-75.

NASR, I. H., & WAHSHI, H. A. (2017). Food intolerance versus food allergy. *J Integr Food Sci Nutr*, 1, 1-3.

NEVES, M. C. P., COELHO, I. D. S., & DE ALMEIDA, D. L. (2005). Araruta: Resgate de um cultivo tradicional. *Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico*.

NOBRE, M. F. (2014). *Produção de pão a partir de farinhas estremes de aveia* (Doctoral dissertation, Instituto Superior de Agronomia/Universidade de Lisboa).

OLIVEIRA, T. D., PIROZI, M. R., & BORGES, J. D. S. (2008). Elaboração de pão de sal utilizando farinha mista de trigo e linhaça. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 18(2), 141-150.

ORNELLAS, L. H. (2001). Técnica dietética: seleção e preparo de alimentos. In *Técnica Dietética: Seleção e Preparo de Alimentos* (pp. 350-350).

ORTOLANI, C., & PASTORELLO, E. A. (2006). Food allergies and food intolerances. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, 20(3), 467-483.

OVANDO-MARTÍNEZ, M., WHITNEY, K., REUHS, B. L., DOEHLERT, D. C., & SIMSEK, S. (2013). Effect of hydrothermal treatment on physicochemical and digestibility properties of oat starch. *Food Research International*, 52(1), 17-25.

PACE, T. (1964). Cultura do trigo sarraceno: história, botânica e economia. Ministério da Agricultura, Serviço de Informação Agrícola.

PÁDUA, I., RENATA, B., PEDRO, M., ANDRÉ, M. (2016). Alergia Alimentar Na Restauração. Programa Nacional para a Promoção da Alimentação Saudável, 1–80.

PAES, Maria Cristina Dias. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. *Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)*, 2006.

PAIXÃO, S. (2018). *Sem glúten com Paixão*. Lua de papel Editora.

Papalia, Í. D. S. (2017). Substituição de amido de mandioca por amido de araruta e de arroz em pão de queijo congelado (Master's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná).

PASTORIZA, S., QUESADA, J., & RUFÍAN-HENARES, J. A. (2018). Lactose and Oligosaccharides: Maillard Reaction. In: *Reference module in food science*. Elsevier, Amsterdam.

PETRULÁKOVÁ, M., & VALÍK, E. (2015). Food allergy and intolerance. *Acta Chimica Slovaca*, 8(1), 44-51.

PHONGTHAI, S., D'AMICO, S., SCHOENLECHNER, R., & RAWDKUEN, S. (2016). Comparative study of rice bran protein concentrate and egg albumin on gluten-free bread properties. *Journal of Cereal Science*, 72, 38-45.

POLANCO, I.; MOLINA, M.; PIETRO, G.; CARRACO, S.; LAMA, R. Dieta y enfermedad celíaca. *Alimentaria*, Madrid, v. 33, n. 264, p. 91-93, 1995.

PONTES, A. C. B. (2018). Desenvolvimento de pães sem glúten a partir de farinhas pouco exploradas (Master's dissertation, Faculdade de Ciências e Tecnologias/Universidade Nova de Lisboa).

PRADEEP, S. R., & GUHA, M. (2011). Effect of processing methods on the nutraceutical and antioxidant properties of little millet (*Panicum sumatrense*) extracts. *Food Chemistry*, 126(4), 1643-1647.

PATRIGNANI, M., RINALDI, G. J., RUFÍAN-HENARES, J. Á., & LUPANO, C. E. (2019). Antioxidant capacity of Maillard reaction products in the digestive tract: An in vitro and in vivo study. *Food Chemistry*, 276, 443-450.

PRATESI, R., & GANDOLFI, L. (2005). Doença celíaca: a afecção com múltiplas faces. *Jornal de Pediatria*, 81(5), 357-358.

PREICHARDT, L. D., VENDRUSCOLO, C. T., GULARTE, M. A., & MOREIRA, A. S. (2009). Efeito da goma xantana nas características sensoriais de bolos sem glúten. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 3(1), 70-76.

PULIDO, O. M., GILLESPIE, Z., ZARKADAS, M., DUBOIS, S., VAVASOUR, E., RASHID, M., ... & GODEFROY, S. B. (2009). Introduction of oats in the diet of individuals with celiac disease: a systematic review. *Advances in food and nutrition research*, 57, 235-285.

RAMALHOSA, E. C. D. (2017). Amendoeira: Estado da Transformação. Frutos Secos: da produção à comercialização. Centro Nacional de Competências dos Frutos Secos. Editor CNCFS. Portugal 2020: Projeto Portugal Nuts. Manual Técnico.

RAUEN, M. S., BACK, J. C. D. V., & MOREIRA, E. A. M. (2005). Doença celíaca: sua relação com a saúde bucal. *Revista de Nutrição*, 18(2), 271-276.

REGULAMENTO (CE) N.º 1924/2006 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 20 de Dezembro de 2006.

RIBEIRO, A. C., & SILVA, A. P. (2020). Manual prático da amendoeira. CNFS - Centro Nacional de Competências dos Frutos Secos. Impressão: Instituto Politécnico de Bragança

RODRIGUES, C. M., & OLIVEIRA, V. R. (2010). Utilização de farinha de trigo sarraceno em associação com farinha de arroz e soja na elaboração de minipizzas Buckwheat flour associated to Rice and soy flour to make mini pizzas. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 21(1), 21-24.

RODRIGUES, J. A. R., & MORAN, P. J. S. (2001). Reduções enantiosseletivas de cetonas utilizando-se fermento de pão. *Química Nova*, 24(6), 893-897.

RODRIGUES, L. G. (2016). *Desenvolvimento de pão com fermentação natural "sourdough" adicionado de farinha de painço* (Bachelor's Thesis. Universidade Tecnológica Federal do Paraná).

ROSELL, C. M., BARRO, F., SOUSA, C., & MENA, M. C. (2014). Cereals for developing gluten-free products and analytical tools for gluten detection. *Journal of Cereal Science*, 59(3), 354-364.

SA, C. (2014). Agricultural Sample Survey for 2013/14. *Addis Ababa, Ethiopia*.

SABUNDJIAN, I. T. (2007). *Avaliação do processamento de fermento biológico seco por radiação Gama* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

SANTOS, M. R. D. (2017). *Adição de hidrocolóides em pães sem glúten seguido de enriquecimento com polpa de abacate (Persea americana Mill)* (Bachelor's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná).

SAUERESSIG, A. L. C., KAMINSKI, T. A., & ESCOBAR, T. D. (2016). Inclusão de fibra alimentar em pães isentos de glúten. *Brazilian Journal of Food Technology*, 19.

SAYED, H. S., SAKR, A. M., & HASSAN, N. M. M. (2016). Effect of Pseudo Cereal Flours on Technological, Chemical and Sensory Properties of Pan Bread. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 11, 10-17.

SCHUBERT, S. (2017). *Utilização de farinha de grão de bico (Cicer arietinum) para a formulação de pão sem glúten* (Bachelor's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná).

SDEPANIAN, V. L., MORAIS, M. B. D., & FAGUNDES-NETO, U. (1999). Doença celíaca: a evolução dos conhecimentos desde sua centenária descrição original até os dias atuais. *Arquivos de Gastroenterologia*, 36(4), 244-257.

SILVA, A. (2018). *O livro do pão sem glúten*. Manuscrito Editora.

SILVA, L. P. A. G. (2016). Desenvolvimento de pão de forma sem glúten com farinhas mistas: efeito de hidrocolóides em atributos sensoriais. Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do grau de Bacharel (Engenharia de alimentos), Centro de Ciências Sociais, Saúde e tecnologia de Imperatriz (CCDDT), Campus do Bom Jesus/Universidade Federal do Maranhão.

SILVA, M. C., THIRÉ, R. M., PITA, V. J., CARVALHO, C. W., & ANDRADE, C. T. (2004). Processamento de amido de milho em câmara de mistura. *Food Science and Technology*, 24(2), 303-310.

SILVA, P. A., CUNHA, R. L., LOPES, A. S., & PENA, R. D. S. (2013). Caracterização de farinhas de tapioca produzidas no estado do Pará. *Ciência Rural*, 43(1), 185-191.

SILVA, P. A., MELO, W. S., CUNHA, R. L., CUNHA, E. F. M., LOPES, A. S., & PENA, R. S. (2012). Obtenção e caracterização das féculas de três variedades de mandioca produzidas no Estado do Pará. In *Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 19., 2012, Búzios. Anais... São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Química, 2012.

SIMON, A. (2014). Elaboração de brownie de chocolate sem glúten com a utilização de farinha de arroz e trigo sarraceno. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de alimentos), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

SPAENIJ-DEKKING, L., KOOY-WINKELAAR, Y., & KONING, F. (2005). The Ethiopian cereal tef in celiac disease. *New England Journal of Medicine*, 353(16), 1748-1749.

STOLZ, P. (1999). Mikrobiologie des sauersteiges. *Handbuch Sauerteig: Biologie, Biochemie, Technologie*, 35-60.

SUKALAKAMALA, S., & BRITTIN, H. C. (2006). Food practices, changes, preferences, and acculturation of Thais in the United States. *Journal of the American Dietetic Association*, 106(1), 103-108.

TURKUT, G. M., ÇAKMAK, H., KUMCUOĞLU, S., & TAVMAN, S. (2016). Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*, 69, 174e181.

VAN DER MAESEN, L. J. G. (1987). Origin, history and taxonomy of chickpea. In *The chickpea* (pp. 11-34).

VELAME, D., FERREIRA, C., PEIXOUTO, Y., RAMALHO, E., SANTOS, V. D. S., & de OLIVEIRA, E. J. (2012). Diversidade genética de cultivares de mandioca com base em marcadores ISSR. In *Embrapa Mandioca e Fruticultura-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 2., 2012, Belém, PA. Anais... Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos, 2012. 1 CD-ROM.

VELÁZQUEZ, N., SÁNCHEZ, H., OSELLA, C., & SANTIAGO, L. G. (2012). Using white sorghum flour for gluten-free breadmaking. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(4), 491-497.

VON STOKAR, W. (1956). Der ursprung unseres hausbrotes. *Brot und Gebäck*, 10, 11-16.

WALTER, M., MARCHEZAN, E., & AVILA, L. A. D. (2008). Arroz: composição e características nutricionais. *Ciência Rural*, 38(4), 1184-1192.

WANG, K., LU, F., LI, Z., ZHAO, L., & HAN, C. (2017). Recent developments in gluten-free bread baking approaches: a review. *Food Science and Technology*, 37, 1-9.

ZANDONADI, R. P. (2006). Psyllium como substituto de glúten. (Master's dissertation, Faculdade de Ciências da Saúde/Universidade de Brasília).

ZOPF, Y., HAHN, E. G., RAITHEL, M., BAENKLER, H. W., & SILBERMANN, A. (2009). The differential diagnosis of food intolerance. *Deutsches Ärzteblatt International*, 106(21), 359

# **Anexos**

## **Anexo A – Receitas**

## **Pão de milho miúdo e quinoa**

### Ingredientes:

- 85 g de farinha de amido de milho,
- 50 g de farinha de milho miúdo,
- 40 g de farinha de quinoa,
- 50 g de farinha de aveia sem glúten,
- 30 g de linhaça triturada,
- 10 g de psyllium,
- 50 g fermento natural
- 5 g de sal
- 1 fio de azeite
- 280 mL de água

### Modo de preparo:

Comece por preparar os secos. Numa taça grande, coloque as farinhas, o psyllium e o sal, e com a ajuda de umas varas misture tudo muito bem. Reserve.

Em outra taça prepare os líquidos. Coloque a água morna e a massa mãe, e mexa até estar tudo muito bem misturado.

Junte os líquidos aos secos e misture até a massa estar ligada e bem misturada. Deixe repousar durante 3 minutos.

Volte a mexer e, em seguida, deite a massa na bancada previamente polvilhada com farinha de arroz, amasse-a ligeiramente e molde o pão. Se necessário, junte um pouco mais de farinha, mas não muita.

Coloque a massa em um cesto (ou numa taça), previamente forrado com um pano leve, ou com película aderente, e deixe levedar entre 4 a 5 horas ou até que pare de crescer.

Pré-aqueça o forno a 200°C.

Desenforme o pão e coloque-o em um tabuleiro, forrado com papel vegetal, polvilhe um pouco mais de farinha por cima e dê-lhe cortes para que abra no forno.

Leve ao forno a 250°C durante cerca 20 minutos, depois reduza a temperatura para 190°C e deixe por mais 20 minutos. (vá vigiando pois vai depender da potência do forno).

Retire o pão do forno e coloque-o sobre uma grelha até que arrefeça totalmente. Só deve cortar depois de frio.



## **Pão de aveia e quinoa**

### Ingredientes:

- 85 g de amido de milho,
- 50 g de farinha de arroz,
- 40 g de farinha de quinoa,
- 50 g de farinha de aveia sem glúten,
- 30 g de linhaça triturada,
- 10 g de psyllium,
- 50 g fermento natural
- 5 g de sal
- 1 fio de azeite
- 280 mL de água

### Modo de preparo:

Comece por preparar os secos. Numa taça grande, coloque as farinhas, o psyllium e o sal, e com a ajuda de umas varas misture tudo muito bem. Reserve.

Em outra taça prepare os líquidos. Coloque a água morna e a massa mãe, e mexa até estar tudo muito bem misturado.

Junte os líquidos aos secos e misture até a massa estar ligada e bem misturada. Deixe repousar durante 3 minutos.

Volte a mexer e, em seguida, deite a massa na bancada previamente polvilhada com farinha de arroz, amasse-a ligeiramente e molde o pão. Se necessário, junte um pouco mais de farinha, mas não muita.

Coloque a massa em um cesto (ou numa taça), previamente forrado com um pano leve, ou com película aderente, e deixe levedar entre 4 a 5 horas ou até que pare de crescer.

Pré-aqueça o forno a 200°C.

Desenforme o pão e coloque-o em um tabuleiro, forrado com papel vegetal, polvilhe um pouco mais de farinha por cima e dê-lhe cortes para que abra no forno.

Leve ao forno a 250°C durante cerca 20 minutos, depois reduza a temperatura para 190°C e deixe por mais 20 minutos. (vá vigiando pois vai depender da potência do forno).

Retire o pão do forno e coloque-o sobre uma grelha até que arrefeça totalmente. Só deve cortar depois de frio.



## **Pão de arroz e amêndoas**

### Ingredientes:

- 85 g de farinha de araruta,
- 50 g de farinha de arroz,
- 40 g de farinha de amêndoas,
- 50 g de farinha de aveia sem glúten,
- 30 g de linhaça triturada,
- 10 g de psyllium,
- 50 g fermento natural
- 5 g de sal
- 1 fio de azeite
- 280 mL de água

### Modo de preparo:

Comece por preparar os secos. Numa taça grande, coloque as farinhas, o psyllium e o sal, e com a ajuda de umas varas misture tudo muito bem. Reserve.

Em outra taça prepare os líquidos. Coloque a água morna e a massa mãe, e mexa até estar tudo muito bem misturado.

Junte os líquidos aos secos e misture até a massa estar ligada e bem misturada. Deixe repousar durante 3 minutos.

Volte a mexer e, em seguida, deite a massa na bancada previamente polvilhada com farinha de arroz, amasse-a ligeiramente e molde o pão. Se necessário, junte um pouco mais de farinha, mas não muita.

Coloque a massa em um cesto (ou numa taça), previamente forrado com um pano leve, ou com película aderente, e deixe levedar entre 4 a 5 horas ou até que pare de crescer.

Pré-aqueça o forno a 200°C.

Desenforme o pão e coloque-o em um tabuleiro, forrado com papel vegetal, polvilhe um pouco mais de farinha por cima e dê-lhe cortes para que abra no forno.

Leve ao forno a 250°C durante cerca 20 minutos, depois reduza a temperatura para 190°C e deixe por mais 20 minutos. (vá vigiando pois vai depender da potência do forno).

Retire o pão do forno e coloque-o sobre uma grelha até que arrefeça totalmente. Só deve cortar depois de frio.



## **Pão de milho-miúdo e grão de bico**

### Ingredientes:

- 85 g de farinha de amido de milho,
- 50 g de farinha de grão de bico,
- 40 g de farinha de milho-miúdo,
- 50 g de farinha de tremçoço,
- 30 g de linhaça triturada,
- 10 g de psyllium,
- 50 g fermento natural
- 5 g de sal
- 1 fio de azeite
- 280 mL de água

### Modo de preparo:

Comece por preparar os secos. Numa taça grande, coloque as farinhas, o psyllium e o sal, e com a ajuda de umas varas misture tudo muito bem. Reserve.

Em outra taça prepare os líquidos. Coloque a água morna e a massa mãe, e mexa até estar tudo muito bem misturado.

Junte os líquidos aos secos e misture até a massa estar ligada e bem misturada. Deixe repousar durante 3 minutos.

Volte a mexer e, em seguida, deite a massa na bancada previamente polvilhada com farinha de arroz, amasse-a ligeiramente e molde o pão. Se necessário, junte um pouco mais de farinha, mas não muita.

Coloque a massa em um cesto (ou numa taça), previamente forrado com um pano leve, ou com película aderente, e deixe levedar entre 4 a 5 horas ou até que pare de crescer.

Pré-aqueça o forno a 200°C.

Desenforme o pão e coloque-o em um tabuleiro, forrado com papel vegetal, polvilhe um pouco mais de farinha por cima e dê-lhe cortes para que abra no forno.

Leve ao forno a 250°C durante cerca 20 minutos, depois reduza a temperatura para 190°C e deixe por mais 20 minutos. (vá vigiando pois vai depender da potência do forno).

Retire o pão do forno e coloque-o sobre uma grelha até que arrefeça totalmente. Só deve cortar depois de frio.

