



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS, SAÚDE E TECNOLOGIA**  
**CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**LUANA PRISCILA AZEVEDO GUIMARÃES SILVA**

**DESENVOLVIMENTO DE PÃO DE FORMA SEM GLÚTEN COM FARINHAS  
MISTAS: EFEITO DE HIDROCOLÓIDES EM ATRIBUTOS SENSORIAIS**

**IMPERATRIZ**

**2016**

LUANA PRISCILA AZEVEDO GUIMARÃES SILVA

DESENVOLVIMENTO DE PÃO DE FORMA SEM GLÚTEN COM FARINHAS MISTAS:  
EFEITO DE HIDROCOLÓIDES EM ATRIBUTOS SENSORIAIS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos do Centro de Ciências Sociais, Saúde e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Adriana Crispim de Freitas

IMPERATRIZ

2016

Silva, Luana Priscila Azevedo Guimarães

Desenvolvimento de pão de forma sem glúten com farinhas mistas: efeito de hidrocolóides em atributos sensoriais./ Luana Priscila Azevedo Guimarães Silva. - Imperatriz, 2016.

71f. : il.

Orientadora: Profª Drª. Adriana Crispim de Freitas  
Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Curso de Bacharel em Engenharia de Alimentos, Centro de Ciências Sociais, Saúde e Tecnologia de Imperatriz (CCSST), Campus Avançado do Bom Jesus / Universidade Federal do Maranhão (UFMA), 2016.

1. Panificação sem glúten. 2. Doença celíaca. 3. Glúten. 4. Farinhas sem glúten 5. Delineamento experimental. I Título.

CDU 664.6

S586d

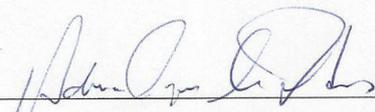
LUANA PRISCILA AZEVEDO GUIMARÃES SILVA

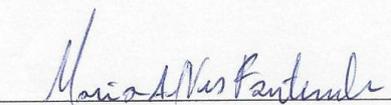
DESENVOLVIMENTO DE PÃO DE FORMA SEM GLÚTEN COM FARINHAS MISTAS:  
EFEITO DE HIDROCOLÓIDES EM ATRIBUTOS SENSORIAIS

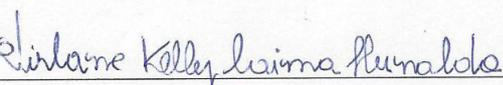
Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos do Centro de Ciências Sociais, Saúde e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Adriana Crispim de Freitas

APROVADO EM: 16/03/2016

  
\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Dra. Adriana Crispim de Freitas (Orientadora)  
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

  
\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria Alves Fontenele (Membro)  
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

  
\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Dra. Virlane Kelly Lima Hunaldo (Membro)  
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

À minha família, pelo amor e pelo apoio  
para a concretização dessa conquista.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ser o meu refúgio e minha fortaleza, e por ter permitido eu alcançar esta vitória em minha vida.

À minha família, meus pais Francisco e Fabiana, por serem meu apoio e por sempre acreditarem em mim, sem eles eu não teria a base de educação, perseverança, caráter, e respeito que tenho hoje. Agradeço pela confiança, e por estarem ao meu lado em todos os momentos difíceis que precisei, mas também nos momentos felizes.

Aos meus irmãos Taylana e Samuel, que são meus companheiros e uma das maiores alegrias e incentivos da minha vida.

À toda minha família, que de alguma forma me apoiaram de perto ou longe e me incentivaram a lutar por esse sonho.

À minha amiga Rachel Avelar, que esteve comigo desde o início da graduação, mais do que uma colega, é uma amiga. Foi com ela que compartilhei momentos bons e ruins, e construímos uma amizade que vai além da vida acadêmica.

Aos meus colegas Wallaff Sammk e Rafael Vilarins, que estiveram sempre comigo ao longo desses anos acadêmicos me dando apoio e me ajudando quando precisei.

Aos meus colegas Romário Campos e Renata Alves que me ajudaram no árduo trabalho de análises sensoriais, se esforçando e me apoiando.

À minha orientadora, Dra. Adriana Crispim de Freitas pelo aprendizado que me proporcionou, pelo esforço e atenção que teve comigo ao longo deste trabalho acadêmico.

À professora DSc. Marta Célia Dantas, pela competência, ensinamentos, aprendizado, momentos felizes, e conselhos que me proporcionou ao longo da iniciação científica.

À todo o corpo docente do curso de Engenharia de Alimentos da UFMA, pelos conhecimentos adquiridos, pela qualidade do ensino, e pela grande contribuição para a minha formação.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades. Lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

(Charles Chaplin).

## RESUMO

A doença celíaca é uma doença do intestino delgado, caracterizada pela intolerância permanente ao glúten, no qual seu tratamento mais adequado é a dieta isenta de glúten. Com o surgimento constante de casos diagnosticados, buscam-se alternativas para uma alimentação que se adequa ao público celíaco. Em consequência disto, a panificação sem glúten é considerada um desafio tecnológico e tem sido alvo de vários estudos. Substâncias denominadas de hidrocolóides são utilizadas como substitutos do glúten para modificar propriedades reológicas da massa e melhorar a qualidade do produto final. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi elaborar um pão de forma sem glúten com farinhas de arroz e banana verde e avaliar atributos sensoriais. Foi utilizado um planejamento composto rotacional ( $2^2$ ) com 3 pontos centrais, totalizando 11 ensaios sendo as variáveis independentes as proporções de dois hidrocolóides (Carboximetilcelulose e Goma xantana). Avaliaram-se essas variáveis por meio de análise sensorial com teste de escala hedônica e intenção de compra, com 60 provadores não treinados. Os resultados foram tratados no software STATISTICA versão 10 (Statsoft Inc., Tulsa, USA), adotando-se nível de significância de 5%. Nos ensaios designados como pontos centrais, foram obtidos pontos ótimos nos atributos textura e aparência do miolo. Para estes ensaios realizaram-se as análises físico-químicas de umidade, acidez, lipídios, proteínas, glicídios redutores em glicose, cinzas, e atividade de água. Os resultados mostraram que os valores de umidade e proteínas estão de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação, e o conteúdo de cinzas está dentro dos padrões para produtos de cereais. Quanto à intenção de compra todas as amostras apresentaram maiores porcentagens de notas nos quesitos “provavelmente compraria” e “certamente compraria”, validando a aceitação do produto pelos julgadores. Desta forma, conclui-se que os hidrocolóides tiveram função significativa nos atributos sensoriais do pão sem glúten, havendo também boa aceitabilidade deste produto, o que torna sua produção viável.

**Palavras-Chave:** Carboximetilcelulose. Goma xantana. Farinha de arroz. Farinha de banana verde. Delineamento experimental.

## ABSTRACT

Celiac disease is a disease of the small intestine, characterized by a permanent intolerance to gluten, for which the most appropriate treatment is the gluten-free diet. There is a steady rise of diagnosed cases in which alternatives are sought to a diet that fits celiac public. As a result, the baking gluten is considered a technological challenge and has been the subject of several studies. Substances called hydrocolloids are used as gluten substitute for modifying the rheological properties of the dough improving the quality of the final product. Thus, the aim of this study was to develop a gluten-free loaf of bread; made from rice flour and green banana, to evaluate sensory attributes. A planning rotational compound was used ( $2^2$ ) with three central points which totaled 11 trials being independent variables of two proportional hydrocolloids (carboxymethyl cellulose and xanthan gum). The variables were evaluated through sensory analysis with the hedonic scale test and purchase intent, with 60 untrained tasters. The results were processed with STATISTICA, software version 10 (STATSOFT Inc., Tulsa, USA), adopting a significance level of 5%. In trials designated as central points were obtained optimal points in the texture and appearance attributes of the crumb of bread. The tests were carried out through physico-chemical analysis of moisture, acidity, lipids, proteins, reducing carbohydrates into glucose, ash, and water activity. The results showed that the values of moisture and protein was within the established guidelines set, and the ash content was within the standards for cereal products. Regarding intention to purchase all samples showed higher percentages of grades in the categories "probably buy" and "definitely buy", validating the acceptance of the product by the judges. Thus, it is concluded that the hydrocolloid had asignificant role in the sensory attributes of gluten-free bread, also having good acceptance of this product, making their production feasible.

**Keywords:** Carboxymethyl. Xanthan gum. Rice flour. Green banana flour. Experimental design.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 Objetivo Geral.....	16
2.2 Objetivos Específicos .....	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
3.1 Glúten.....	17
3.2 Diagnóstico da doença celíaca .....	18
3.3 Prevalência da doença celíaca.....	19
3.4 O mercado de alimentos sem glúten .....	21
3.5 Panificação sem glúten .....	23
3.6 Ingredientes usuais e alternativos utilizados na panificação sem glúten .....	24
3.6.1 <i>Farinha de Arroz</i> .....	24
3.6.2 <i>Farinha de Banana Verde</i> .....	26
3.6.3 <i>Água</i> .....	28
3.6.4 <i>Fermento biológico</i> .....	29
3.6.5 <i>Sal</i> .....	29
3.6.6 <i>Açúcar</i> .....	30
3.6.7 <i>Gordura</i> .....	30
3.6.8 <i>Leite em pó</i> .....	30
3.6.9 <i>Ovos</i> .....	31
3.6.10 <i>Vinagre de maçã</i> .....	31
3.6.11 <i>Hidrocolóides</i> .....	31
3.6.11.1 <i>Goma Xantana</i> .....	32
3.6.11.2 <i>Carboximetilcelulose (CMC)</i> .....	34
3.6.12 <i>Amidos e féculas</i> .....	34
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	36
4.1 Matérias-primas .....	36
4.2 Formulação e processamento dos pães sem glúten.....	37
4.2.1 <i>Delineamento Experimental</i> .....	40
4.3 Análise Sensorial .....	41
4.4 Análises Físico-Químicas .....	43

4.4.1 Determinação de Umidade.....	43
4.4.2 Determinação de Acidez.....	43
4.4.3 Determinação de Lipídios .....	44
4.4.4 Determinação de Proteínas.....	44
4.4.5 Determinação de Carboidratos.....	45
4.4.6 Determinação de Cinzas .....	46
4.4.7 Atividade de água ( $A_w$ ).....	46
4.5 Análise estatística .....	47
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	48
5.1 Respostas do delineamento experimental das análises sensoriais .....	48
5.2 Intenção de Compra .....	54
5.3 Composição físico-química .....	56
6 CONCLUSÃO.....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61
APÊNDICES .....	71

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estrutura do glúten.....	17
Figura 2 - Paredes do Intestino delgado com vilosidades normais e com as vilosidades atrofiadas. ....	18
Figura 3 - Prevalência da doença celíaca ao redor do mundo. ....	20
Figura 4 - Custo da alimentação sem glúten no Brasil. ....	22
Figura 5 - Evolução dos diferentes estados de maturação dos frutos de banana verde e suas concentrações de açúcares e amido. ....	27
Figura 6 - Fluxograma do processamento dos pães sem glúten. ....	38
Figura 7 - Esponja de fermento obtida após descanso.....	39
Figura 8 - Homogeneização da massa em batedeira planetária (a) e pós-homogeneização da massa (b).....	39
Figura 9 - Etapa de pós-fermentação das massas. ....	40
Figura 10 - Etapa de assamento das massas. ....	40
Figura 11 - Disposição das amostras servidas aos provadores nos 11 ensaios de análises sensoriais. ....	42
Figura 12 - Diagrama de Pareto com os valores dos efeitos das variáveis independentes na Cor da casca, aroma, sabor, textura, aparência do miolo e impressão global. ....	50
Figura 13 - Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) em função CMC (carboximetilcelulose) e goma xantana para o atributo Aparência do miolo. ....	52
Figura 14 - Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) em função CMC (carboximetilcelulose) e goma xantana para o atributo Textura. ....	53
Figura 15 - Histograma de intenção de compra dos pães sem glúten elaborados em cada ensaio.....	55
Figura 16 - Pães sem glúten elaborados para as análises físico-químicas.....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química da banana verde e madura. ....	26
Tabela 2- Composição centesimal de farinhas e féculas utilizadas.....	36
Tabela 3 - Formulação dos pães sem glúten (base farinha/fécula).....	37
Tabela 4 - Variáveis independentes utilizadas em cada nível do planejamento.....	41
Tabela 5 - Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) para as variáveis estudadas dos pães sem glúten e seus códigos. ....	41
Tabela 6 - Médias e desvios padrão das variáveis respostas dos pães sem glúten.....	48
Tabela 7 - ANOVA para a Aparência do miolo. ....	51
Tabela 8 - ANOVA para a Textura. ....	52
Tabela 9 - Resultados da composição centesimal do pão sem glúten com melhor ponto ótimo. ....	56

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a ingestão de glúten tem sido associada com uma gama de desordens clínicas. A intolerância ao glúten tem emergido gradualmente como um fenômeno epidemiologicamente relevante, com uma prevalência global estimada em torno de 5% (ELI *et al.*, 2015).

O glúten representa uma mistura das proteínas, gliadina e glutenina, que se encontram numa diversidade de cereais, sendo a primeira a responsável pela etiologia da doença (SHAN *et al.*, 2002). No entanto 1% da população está impossibilitada de comer alimentos que contêm farinha de trigo, cevada, malte, centeio e aveia, por serem portadores da doença celíaca (ALENCAR, 2014).

A doença celíaca é uma enfermidade autoimune crônica, diagnosticada em todas as faixas etárias, associada à má absorção intestinal e com manifestações extra-intestinais cada vez mais frequentes (SANTOS *et al.*, 2014). Estas alterações ocorrem pela ingestão do glúten, fração proteica presente no trigo, cevada, centeio e, possivelmente, na aveia, em indivíduos geneticamente predispostos (FASANO *et al.*, 2008).

Poucos estudos foram publicados avaliando a obediência à dieta, o conhecimento da doença e seu tratamento. Contudo, esses estudos evidenciaram a positiva relação de que quanto maior o conhecimento da doença celíaca e de seu tratamento, maior o grau de obediência à dieta isenta de glúten (WELLER, 2013).

Para os portadores da doença celíaca a ingestão de produtos que contêm glúten danifica a superfície mucosa do intestino, dificultando a absorção de nutrientes pelo organismo (RAMOS *et al.*, 2012). O desenvolvimento de novos produtos por meio da utilização de matérias primas isentas de glúten e com valor nutricional agregado é fundamental para melhorar o aspecto nutricional da alimentação do celíaco (PAPPEN, 2013). No mercado brasileiro a oferta de alimentos isentos de glúten ainda é escassa, e a contaminação cruzada de preparações sem glúten com outras matérias-primas que o contém ocorre frequentemente, não sendo garantida sua segurança, trazendo muitas dificuldades para os celíacos adquirir ou comprar produtos seguros, pois o contato com traços de glúten pode desencadear reações severas em portadores da doença (VIEIRA; MORESCO, 2015). O pão está inserido na base da pirâmide alimentar, que é constituída de carboidratos, tendo assim seu consumo elevado, por ser rico nesta fonte de energia. É considerado um alimento acessível a todas as classes sociais, e pode ser encontrado em estabelecimentos de alto padrão, como

também produzido em casa de forma artesanal. Este alimento está presente em diversos países em suas diferentes variações (CUNHA, 2012).

Segundo a RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005 pães são produtos obtidos da farinha de trigo ou de outras farinhas, adicionados de líquido, resultantes do processo de fermentação ou não e cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que não descaracterizem os produtos, e podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos.

Com a alteração do cotidiano e com a evolução dos tempos, o pão sofreu avanços tecnológicos adaptando-se às novas necessidades dos consumidores e a novos grupos de mercado. Um desses grupos que tem vindo a crescer é o dos doentes celíacos, um grupo que vê restringido o consumo do pão de trigo ou de outros cereais que possuam “glúten”. Para dar resposta a este setor têm vindo a surgir os pães chamados de pães sem glúten, que representam um grande desafio para a indústria alimentar. Ainda hoje se trabalha para obter pães sem glúten com boas características sensoriais e físicas, de modo a aproximar-se das características do pão de trigo (NOBRE, 2013).

Nos últimos anos, percebeu-se um crescente interesse para o desenvolvimento de produtos alimentícios isentos de glúten com melhores padrões de qualidade. Para isso, buscam-se alternativas com potencial para desempenhar as propriedades do glúten, mesmo que parcialmente (NASCIMENTO, 2014), como a utilização hidrocolóides na formação destes produtos.

Normalmente, a escolha do hidrocolóide é feita de acordo com características desejadas do produto final, e a combinação destes, é muito utilizada na panificação sem glúten. Na preparação do pão isento de glúten, os hidrocolóides são utilizados para reproduzir o comportamento visco elástico do glúten, aumentar a estabilidade das bolhas de gás com o aumento da viscosidade e interagir em propriedades de gelatinização/retrogradação do amido (SILVA, 2014). E sensorialmente, os hidrocolóides produzem benefícios no volume, maciez, e textura de produtos (NASCIMENTO, 2014).

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi elaborar um pão de forma sem glúten com farinhas de arroz e banana verde utilizando os hidrocolóides Carboximetilcelulose e goma xantana, e avaliar atributos sensoriais.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Desenvolver um pão sem glúten tipo forma utilizando hidrocolóides, e avaliar seus atributos sensoriais utilizando um planejamento experimental.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Avaliar formulações de pão tipo forma em diferentes concentrações de hidrocolóides através do planejamento experimental.

Analisar sensorialmente os pães nas diferentes formulações, através de testes de aceitação de atributos.

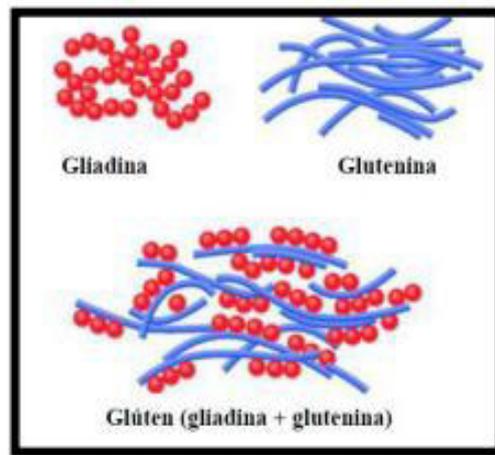
Realizar análises físico-químicas da formulação na região do ponto ótimo.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Glúten

O glúten corresponde à fração proteica dos grãos de trigo, centeio, cevada e aveia. Tal fração é composta por dois grupos, as prolaminas (gliadina), que são a parte proteica solúvel em solução álcool-água, e as glutelinas (glutenina), insolúveis em solução etanoica, de acordo com a Figura 1 (WIESER, 2007). A fração prolaminica pode receber diferentes denominações em cada tipo de cereal. No trigo é a gliadina; na cevada, hordeínas; no centeio, secalins; e na aveia, aveninas (HABOUBI; TAYLOR; JONES, 2006). As gluteninas são subdividas em razão do seu peso molecular em baixo e alto peso molecular. As gliadinas são subdividas em  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , e  $\omega$  -gliadinas (KUPFER; JAABRI, 2012).

Figura 1 - Estrutura do glúten.



Fonte: Adaptado de Castro, Barros e Medina (2013).

O glúten é fundamental na produção de pães, pois permite a retenção de gases gerados no interior das moléculas dos cereais, particularmente do trigo, durante a fermentação biológica, permitindo a expansão e maciez da massa (sendo um fenômeno popularmente conhecido como crescimento do pão) (CESINO, 2012). Ele desempenha um papel único e fundamental nas características da qualidade de produtos de panificação, uma vez que a ele é atribuída a habilidade higroscópica, bem como as características de coesividade, viscosidade e elasticidade da massa (WIESER, 2007). Neste contexto suas principais frações proteicas exercem funções divergentes: quando hidratadas, as gliadinas, proteínas monoméricas,

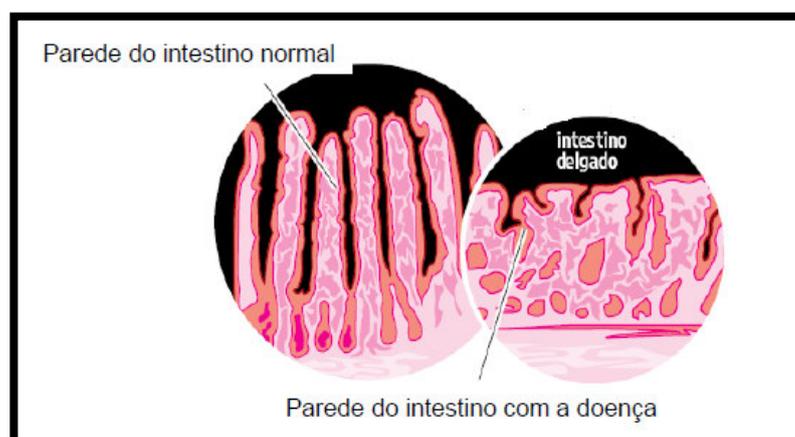
contribuem principalmente com a viscosidade e extensibilidade do sistema da massa, enquanto as gluteninas, moléculas poliméricas, são as responsáveis pela coesividade e elasticidade. Além do mais, desempenham efeito positivo sobre o volume específico dos pães, e a razão gliadina/glutenina está positivamente associada com a firmeza do miolo. Desta forma, uma mistura adequada de ambas é essencial para um produto com boa qualidade final (BARAK; MUDGIL; KHATKAR, 2013). Essas características permitem que a massa armazene dióxido de carbono produzido pela levedura. A retenção de gás proporciona aumento de volume e conseqüente aspecto esponjoso e leveza do produto final (OFFREDE, 2015).

### 3.2 Diagnóstico da doença celíaca

A doença celíaca (DC) é caracterizada pela intolerância à ingestão ao glúten, que está contido em cereais como cevada, centeio, trigo e malte, que acomete em indivíduos geneticamente predispostos e apresenta um processo inflamatório que envolve a mucosa do intestino delgado, levando à atrofia das vilosidades intestinais, má absorção e uma variedade de manifestações clínicas, como mostrado na Figura 2 (SILVA; FURLANETTO, 2010).

A DC ocorre devido à interação entre os derivados de grãos, fatores imunes e composição genética de um indivíduo (ROSTOM; MURRAY; KAGNOFF, 2006), e pode ainda estar associada a outras comorbidades, como diabetes tipo 1, hipotireoidismo, síndrome de Down e síndrome de Turner. (BARKER; LIU, 2008).

Figura 2 - Paredes do Intestino delgado com vilosidades normais e com as vilosidades atrofiadas.



Fonte: Salas (2011).

A doença celíaca pode se manifestar nas seguintes formas clínicas: clássica, não clássica ou atípica, silenciosa ou assintomática, potencial e latente (BAPTISTA, 2006).

A forma clássica é caracterizada por manifestações gastrointestinais dando início entre 6 e 24 meses de idade. Os pacientes geralmente apresentam comprometimento do crescimento, diarreia crônica, distensão abdominal, perda de massa muscular, falta de apetite e depressão. A forma não clássica, se manifesta em crianças com faixa etária de 5 a 7 anos de idade, e essas crianças tendem a apresentar sintomas intestinais, tais como náuseas, vômitos, inchaço e prisão de ventre, ou sintomas extra-intestinais, tais como baixa estatura, atraso puberal, deficiência de ferro, anemia, defeitos do esmalte dentário e dermatite (FASANO, 2005).

A forma assintomática ou silenciosa acomete principalmente em familiares de primeiro grau de pacientes celíacos (ARAÚJO *et al.*, 2010). Alguns pacientes referem sensação de bem estar geral e melhora no rendimento escolar após a dieta isenta de glúten, o que mostra que não se trata de casos totalmente assintomáticos (BAPTISTA, 2006).

A forma latente é caracterizada nos pacientes com diagnóstico prévio de DC que responderam satisfatoriamente a dieta isenta de glúten e permanecem assintomáticos, após a reintrodução de dieta com glúten. Incluem-se, também, nesse grupo os pacientes assintomáticos, com histologia normal do intestino delgado, que posteriormente desenvolverão DC (ROSTOM; MURRAY; KAGNOFF, 2006).

O diagnóstico de DC é feito por associações de avaliações clínicas, laboratoriais e histológicas. (BEYER *apud* CESINO, 2012). Os sintomas, mortalidade, e risco de malignidade podem ser reduzidos por inclusão de uma dieta livre de glúten (KELLY *et al.*, 2015).

A alimentação do celíaco diagnosticado, entretanto, se remete a um constante problema da reduzida oferta de alimentos farináceos permitidos e na presença comercial de ampla gama de produtos industrializados com traços de glúten. Para o celíaco, o consumo de alimentos com glúten, mesmo que em minúsculas quantidades, agrava a sua condição patológica e deteriora seu estado nutricional (MARCÍLIO; AMAYA-FARFAN; SILVA, 2005).

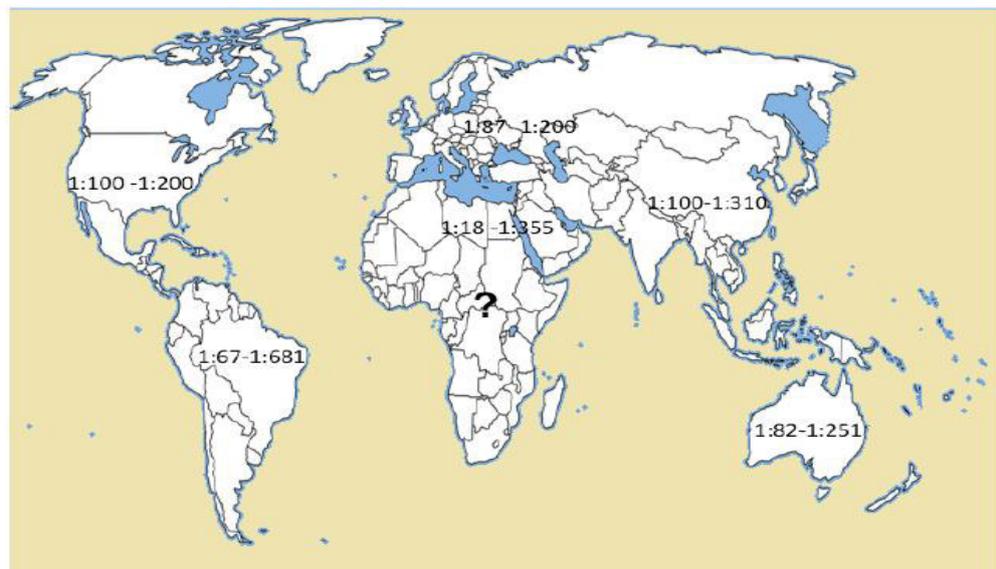
### **3.3 Prevalência da doença celíaca**

A doença celíaca tem cerca de 1% de prevalência na população mundial (KELLY, *et al.*, 2015). Afeta entre 0,5% a 1,0% das populações europeias, que na maioria dos casos permanecem sem diagnóstico. (FASANO, 2008). Para os autores Nascimento, Barbosa e Takeiti (2012) esta doença afeta 1 em cada 1.500 habitantes em toda a Europa, constituindo um problema comum nesses países. No Brasil atinge uma frequência de 1 para cada 681 pessoas e demonstra que é relativamente comum em nosso país.

De acordo com Araújo *et al.*, (2010) há estimativas de que no Brasil existam 300 mil pessoas portadores da doença, sendo que a maior incidência ocorre na Região Sudeste, porém, o Sul do Brasil por possuir uma característica altamente miscigenada de sua população com forte ascendência europeia, apresenta grande prevalência da DC, sendo pertinente os estudos com familiares de celíacos dessa população.

Em seu trabalho Gujral, Freeman e Thomsom (2012) destacaram que a forte tendência de pessoas celíacas espalhadas pela área do Mediterrâneo (Norte África, Europa do Sul), Europa Central, Velho Continente, atingindo também o Norte da Europa (Irlanda, Dinamarca e os países escandinavos), se deve a uma pequena região chamada “Crescente Fértil” do Oriente Médio, onde tribos nômades por cerca de 10.000 anos atrás, cultivavam grãos de trigo e cevada devido à condições ambientais favoráveis. Com o passar do tempo essas tribos acabaram migrando para o Mediterrâneo e Europa Central, evidenciando o crescente histórico de celíacos nessa região. A Figura 3 mostra como está distribuída a doença celíaca ao redor do mundo.

Figura 3 - Prevalência da doença celíaca ao redor do mundo.



Fonte: Adaptado de Gujral *et al.*,(2012).

Segundo a Associação de Celíacos do Brasil (ACELBRA, 2004), a doença celíaca geralmente se manifesta na infância, entretanto, pode surgir em qualquer idade, inclusive na fase adulta.

A DC pode ser considerada, mundialmente, como sendo um problema de saúde pública, principalmente devido à alta prevalência, frequente associação com morbidade variável e não-específica e, em longo prazo, à probabilidade aumentada de aparecimento de complicações graves, principalmente osteoporose e doenças malignas do trato gastroentérico (PRATESI; GANDOLFI, 2005).

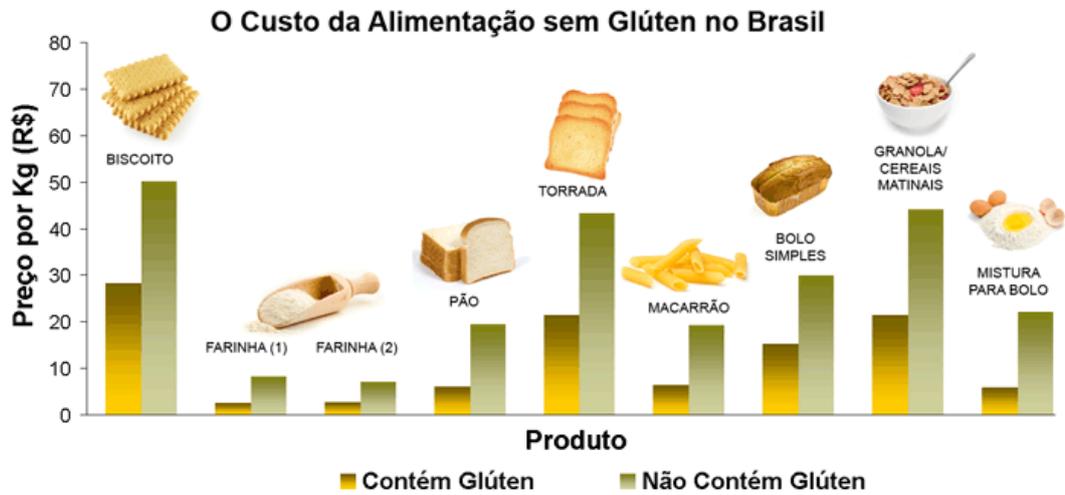
### **3.4 O mercado de alimentos sem glúten**

Alimentos como biscoitos, massas, pizzas e bolos sem glúten, que podem ser incluídos nas dietas dos pacientes com doença celíaca, são muitas vezes baseadas em amidos puros, resultando em um paladar seco, arenoso e qualidade alimentar pobre (RAMOS; BARRETO; SANDRI, 2012). No entanto, o mercado de alimentos sem glúten ainda é deficiente quanto à oferta de produtos nutricionalmente ricos e sensorialmente atrativos (MATTOS *et al.*, 2015).

Segundo Beltrão (2014), no cenário brasileiro, o mercado de produtos sem glúten cresce apoiado na necessidade dos portadores da doença celíaca — que têm intolerância a essa proteína — e no hábito de se consumir produtos mais saudáveis. No estado de São Paulo, o aumento foi de 120% de produtos sem a proteína. O resultado foi de empresários do ramo faturando milhões e a expansão da oferta das mercadorias. O setor cresceu entre 20% e 30% por ano de 2009 a 2013. De acordo com a Revista de notícias Pequenas Empresas e Grandes Negócios, edição Abril/2011, o segmento de alimentos sem glúten tem tendência alta no mercado que movimenta cerca de R\$ 15 bilhões ao ano.

A Figura 4 mostra o preço médio (R\$/Kg) dos produtos com glúten e seus similares sem glúten em cada um dos gêneros alimentícios. A pesquisa foi feita com um total de 443 produtos, pertencentes à 130 marcas, e provenientes de 17 locais. Dentre os 7 gêneros alimentícios investigados, os produtos sem glúten foram mais caros em todos os casos, com diferenças de preço variando, em média, entre 57% (bolo) e 223% (pão). Apesar de mais caros, a diferença de preço para itens como ‘bolo’, ‘torrada’ e ‘biscoitos’ é menor do que a diferença de preço entre itens como ‘farinha’ e ‘pão’ (possivelmente em função do valor mais baixo dos itens contendo glúten nestas últimas categorias).

Figura 4 - Custo da alimentação sem glúten no Brasil.



Fonte: Paim e Schuck (2010).

Mesmo com o avanço e intenso crescimento no mercado, os produtos sem glúten são considerados pouco atrativos, apresentando qualidade baixa e características sensoriais desagradáveis (NOBRE, 2015), o que os tornam alimentos mais difíceis de serem aceitos por boa parte da população.

Segundo a Comissão Alimentar Codex Alimentarius, da Organização Mundial de Saúde (OMS) em conjunto com a Organização de Alimento e Agricultura (FAO), 'alimentos isentos de glúten' consistem em ou são feitos de um ou mais ingredientes que não contêm trigo (todas as espécies *Triticum*), centeio, cevada e aveia ou suas variedades cruzadas, e em que o nível de glúten não exceda 20 mg/Kg no total, baseando-se no alimento como vendido ao consumidor (CODEX, 2008).

Segundo Araújo (2010) os celíacos relatam que a oferta de alimentos sensorialmente apropriados é restrita, o que torna a dieta monótona, e que os produtos disponíveis no mercado são normalmente de alto custo. Em estudos feitos por Martins, Pinto, Gomes (2014), em um grupo de celíacos portugueses, onde a maioria desse público, quando questionados acerca da realização de refeições fora de casa, 53,8% dos inquiridos responderem ter diminuído a sua frequência após o diagnóstico de DC, enquanto apenas 3,6% referiram ter aumentado esta frequência. A explicação foi de que essa frequência tem a ver com o fato dos inquiridos não se sentirem seguros nas escolhas alimentares, dada a natureza restritiva da dieta isenta de glúten. A obediência da dieta isenta de glúten é maior quando há conhecimento da doença e de seu tratamento (CESINO, 2010).

Em virtude das dificuldades de tornar a prática da alimentação isenta de glúten, no Brasil, a Lei nº 10674, de 16 de maio de 2003, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) obriga que os produtos alimentícios industrializados informem sobre a presença de glúten, como medida preventiva e de controle da doença celíaca. Deste modo, todos os alimentos industrializados deverão conter em seu rótulo e bula, obrigatoriamente, as inscrições "contém Glúten" ou "não contém Glúten", conforme o caso sendo advertência impressa no rótulo da embalagem com caracteres em destaque, nítidos e de fácil leitura. Em consequência, torna-se mais fácil e segura a identificação de alimentos que possam ser consumidos por esse tipo de grupo.

Falta definir como lei a obrigatoriedade de avisos alertando a presença de glúten nos alimentos prontos servidos em restaurantes que disponibilizem refeições por peso/Bufet, e em suas cartas de apresentação de pratos (cardápios). A conscientização no setor de alimentação deve ser feita a fim de incluir os celíacos e garantir uma alimentação livre de contaminação cruzada (CESINO, 2010).

### **3.5 Panificação sem glúten**

O processo de panificação inclui a interação de matérias-primas, equipamentos, procedimentos e pessoas em um ambiente específico. O produto final, que resulta dessa interação, depende das características de cada um dos componentes do processo citados. Também depende das exigências e das expectativas do consumidor (CAUVAIN; YOUNG, 2009).

A tecnologia de produzir pães sem trigo tem muito em comum com a produção de pães “sem glúten”, para pessoas que sofrem de desarranjos ou alergias dietéticas devido ao glúten das farinhas de trigo e centeio. Os métodos de mistura para as massas de pão sem trigo podem variar do básico (método manual) ao mecânico, planetário, e até proporcionado por amassadeiras contínuas e de alta velocidade tipo massa para bolo (CAUVAIN; YOUNG, 2009).

O glúten, responsável pelas propriedades de extensibilidade, elasticidade, viscosidade e retenção de gás da massa contribui para a aparência e estrutura do miolo dos pães. Por isso, a obtenção de produtos isentos de glúten torna-se tecnologicamente difícil, sendo muitas vezes necessária a combinação de diversos ingredientes e alteração dos processos tradicionais. A massa sem glúten não tem capacidade de reter o gás gerado durante

a fermentação e o forneamento, originando pão com baixo volume específico e miolo firme e borrachudo. (CAPRILES; ARÊAS, 2011). Neste caso, o componente principal de formação da estrutura da farinha será baseado no amido nativo do cereal, enriquecido às vezes com outros estabilizadores para garantir a estabilidade das bolhas de gás “na massa”. O fermento e a geração do dióxido de carbono pela fermentação serão ingredientes essenciais nas formulações e nos métodos de processamento afins. (CAUVAIN; YOUNG, 2009).

As gomas, os estabilizadores e o amido pré-gelatinizado podem ser utilizados para proporcionar parte ou toda a oclusão do gás e estabilização dos mecanismos necessários. A adição de uma fonte de proteínas por certos cereais, como claras de ovo em pó, ou farinhas de legumes, também é útil no ajuste do aquecimento da “massa” do pão sem trigo, impedindo o colapso do produto (CAUVAIN; YOUNG, 2009).

Reis (2015) mostrou que pães com amidos cerosos, pré-gelatinizados e com granulometria fina têm um efeito mais positivo na textura, ao contrário do amido ceroso e nativo e com granulometria normal, indicando que a pré-gelatinização é vantajosa quando se pretende incorporar este tipo de amido no pão. Para esta mesma autora, a substituição do glúten, presente na farinha de trigo, e, por conseguinte no pão, por outros componentes como hidrocolóides e amidos de cereais, tem sido cada dia mais um desafio para a indústria.

Por faltarem produtos industrializados especiais sem glúten no mercado brasileiro, a maior parte das preparações do cardápio do paciente celíaco é caseira, demandando tempo e dedicação para o preparo. O desenvolvimento de um pão sem glúten deve incentivar a fabricação de produtos desta natureza para o uso diário atendendo a essa parcela especial de consumidores (SILVA *et al.*, 2006).

### **3.6 Ingredientes usuais e alternativos utilizados na panificação sem glúten**

#### **3.6.1 Farinha de Arroz**

O arroz (*Oriza Sativa L.*) é um dos principais cereais do mundo, sendo bastante consumido por cerca de 50% da população mundial. O grão é constituído de amido. O amido proporciona propriedades de textura nos alimentos, sendo amplamente utilizado como agente espessante, estabilizante, geleificante, agente de volume e retenção de água. Amidos de fontes vegetais, como trigo, milho, arroz, batata têm recebido bastante atenção em relação à estrutura e propriedades físico-químicas (FERREIRA, 2012).

O Brasil possui grande vantagem em relação à produção interna de arroz, pois, com a grande abundância do grão, a produção de subprodutos se torna mais propícia, diminuindo a dependência que o país possui com relação à importação da farinha de trigo (HEISLER *et al.*, 2009).

O arroz é um cereal com restritos processos de transformação para produtos destinados ao consumo humano. Entretanto, no seu processo de beneficiamento geram-se subprodutos, como o grão quebrado, matéria-prima para a produção da farinha de arroz. Esta farinha possui potencial para o desenvolvimento de produtos que atendam nichos específicos, devido à ausência de glúten, característica esta, fundamental para celíacos (OLIVEIRA *et al.*, 2011). A utilização da farinha de arroz como base para novos alimentos representa nova alternativa, agregando valor aos coprodutos como a quireira (FONSECA *et al.*, 2014).

A farinha de arroz é utilizada em vários países para elaboração de produtos diversificados, devido a algumas propriedades, nos quais constam ser hipoalergênico e ter um sabor suave. Além disso, suas vantagens em relação ao trigo estão em um maior conteúdo de lisina e suas glutelinas têm um perfil de aminoácidos mais balanceado comparado à prolamina do trigo, que é deficiente em lisina e triptofano (SOUZA *et al.*, 2014).

Na farinha de arroz, os carboidratos representados pelo amido, são responsáveis pelas propriedades do produto final, sendo a mais importante delas, a gelatinização. O segundo componente em maior quantidade na estrutura da farinha de arroz é a proteína, respondendo por cerca de 7 a 9 % da sua composição. Na legislação brasileira, a farinha de arroz também pode ser vendida como amido de arroz, devido ao seu alto teor de amido e dificuldade de se extrair as proteínas (SEVERO; MORAES; RUIZ, 2010).

Cereais sem glúten, como o arroz, não preenchem as necessidades indispensáveis para processar produtos fermentados panificáveis, pois, quando a farinha de arroz é amassada com água, não ocorre a formação de uma massa visco elástica que retém o CO<sub>2</sub> formado durante a fermentação e, conseqüentemente, o produto resultante tem baixo volume específico e apresenta características muito distintas do pão de trigo (STORCK *et al.*, 2009). Geralmente, esses produtos apresentam problemas de qualidade, sendo alguns deles: volume, textura, cor e estrutura do miolo. Para isso, acompanhada da fabricação de pães, bolos e massas é necessária a adição de outra fonte de proteína em condições dependentes das características do produto desejado (TURABI; SUMMU; SAHIN, 2010).

Montes (2014) desenvolveu um biscoito à base de farinha de tapioca e arroz adicionado de açúcar mascavo, analisando propriedades físico-químicas, sensoriais e nutricionais. O biscoito apresentou satisfatório perfil físico-químico e nutricional dentro dos

padrões legais e relevante aceitação sensorial, com uma aceitação satisfatória de público (n=90), podendo ser uma alternativa para diversos tipos de pessoas com restrição alimentar, de se nutrirem de alimentos com boa qualidade nutricional, sensorial, e isentos de glúten.

### 3.6.2 *Farinha de Banana Verde*

A banana pertence à classe Monocotyledoneae, ordem Scimitales, família Musaceae e subfamília Musoideae, que possui dois gêneros: o gênero *Musa*, com o maior número de espécies e onde se encontram os frutos comestíveis e de interesse tecnológico e o gênero *Ensete* com frutos ornamentais (ORMENESE, 2010).

É uma fruta bastante consumida em todo o mundo, e é muito produzida em países tropicais. O Brasil é o quarto maior produtor no mundo em mais de 7 milhões de toneladas, produzido por sistemas de cultivo convencional. Devido ao grande consumo de trigo importado no país, este pode ser mesclado com outros cereais vegetais que possuem alto teor de amido, e menor custo (BORGES; PEREIRA; LUCENA, 2009; BEZERRA et al., 2013).

A banana verde é rica em sais minerais e proteínas, e possui teor de sólidos totais superior ao total de sólidos da fruta madura. Isso se deve à absorção de água da casca pela polpa, aumentando assim, a umidade da polpa da fruta quando madura (ANDRADE, 2013). A Tabela 1 mostra a composição química da banana, ao decorrer do seu amadurecimento.

Tabela 1 - Composição química da banana verde e madura.

	<b>Banana Madura</b>	<b>Banana Verde</b>
<b>Calorias (p/g)</b>	122	95
<b>Glicídios (g)</b>	28,70	22
<b>Proteínas (g)</b>	1,4	1,3
<b>Lipídios (g)</b>	0,2	0,2
<b>Ca (mg)</b>	8	21
<b>P (mg)</b>	35	26

Fonte: (ANDRADE, 2013).

Quando verde, a polpa da banana não apresenta sabor. Os frutos apresentam alto teor de amido e baixo teor de açúcares e compostos aromáticos, e são ricos em flavonoides que

atuam na proteção da mucosa gástrica (RAMOS; LEONEL; LEONEL, 2009), de acordo com a Figura 5.

Figura 5 - Evolução dos diferentes estados de maturação dos frutos de banana verde e suas concentrações de açúcares e amido.



Fonte: Mendez (2013).

Cerca de 20% do total de amido, dependendo da espécie da banana, 84% pode se encontrar em forma de amido resistente. O amido resistente é resultado da degradação do amido não absorvido pelo intestino delgado, apresentando características semelhantes às fibras insolúveis (OI; TAMBOURGI; MORAES, 2014). Segundo Ranieri e Delani (2014) o amido resistente não é digerido pelo processo digestivo e desta forma apresenta algumas ações benéficas para o corpo, dentre elas podemos citar: efeitos sobre a resposta glicêmica; fonte de fibra; fermentação colônica pelas bifidobactérias; produção de ácidos graxos de cadeia curta; aumento do bolo fecal; prevenção do câncer de cólon intestinal entre outras.

Uma das formas de aproveitamento da banana verde consiste em utilizá-la na forma de farinha, uma vez que a sua vida útil passa a ser mais longa, a banana, quando se encontra verde, é mais facilmente transportada e armazenada por mais tempo se comparada à banana madura (SANTOS, 2010). A substituição parcial da farinha de trigo por farinha de banana verde em pães poderia promover ainda a redução do custo da matéria prima, por ser o preço da banana inferior ao do trigo (BORGES; PEREIRA; JÚNIOR, 2010).

A farinha de banana verde é obtida através da secagem em estufa, com controle de temperatura e umidade, e em seguida pulverizada (TEIXEIRA, 2011). Deve apresentar características como sabor brando sem amargor ou adstringência, absolutamente isenta de

fibras, cascas, partículas escuras, fungos, bolores ou insetos, e deve possuir cor ligeiramente amarelada, além de composição nutricional adequada (BORGES, 2007 *apud* GIACOBBO, 2013).

Gomes e Ferreira (2013) constataram que a adição de 20% de farinha de banana verde como substituto da farinha de trigo em pães resultou em produtos com características nutricionais aprimoradas, características físicas, químicas e sensoriais adequadas e vida útil de pelo menos seis dias. Tecnicamente, os pães adicionados de farinha de banana verde apresentaram menor volume específico e coloração mais amarronzada do miolo, características de produtos integrais.

Em outro estudo feito por Silva *et al.*, (2014) foram avaliadas características físico-químicas e sensoriais de pães produzidos com substituição parcial da farinha de trigo por farinha de banana verde, com formulações de: 100% de farinha de trigo, 8% de farinha de trigo por farinha de banana verde e 12% de substituição de farinha de trigo por farinha de banana verde. Nos quesitos cinzas, lipídios e volume específico, houveram diferenças significativas. A análise sensorial indicou que cor e aroma foram influenciados negativamente pela farinha de banana verde, no entanto, as amostras foram bem aceitas pelos provadores. Nutricionalmente, a farinha de banana verde tornou o pão mais rico em fibras, e considerando todos os aspectos sensoriais, nutricionais e tecnológicos, pode ser recomendada a adição de farinha de banana verde em pão francês ao nível de 12%. Outra constatação dos autores foi de que a adição de farinha de banana verde em pães francês mostrou ser viável tecnicamente.

A produção de farinha de banana verde apresenta alta variabilidade para a indústria de alimentos, principalmente em produtos de panificação, produtos dietéticos e alimentos infantis, sendo uma rica fonte de amido resistente e sais minerais, tais como potássio, ferro, cálcio, magnésio e enxofre (VERNAZA; GULART; CHANG, 2011). Em decorrência dos benefícios à saúde e a crescente busca por alimentos saudáveis e prontos para o consumo, a farinha de banana verde têm sido uma alternativa para alimentação principalmente do público celíaco.

### 3.6.3 Água

Depois da farinha, o próximo ingrediente mais importante utilizado na panificação é a água. A água favorece na mistura permitindo a união dos ingredientes e proporcionando a homogeneidade da massa. É essencial para a atuação do fermento e para a consistência da

massa. O volume de água a ser acrescentado depende da capacidade do tipo de farinha e da capacidade de absorção que cada farinha possui, o que por sua vez, varia conforme a granulometria da farinha, com o processo de obtenção e com o teor de umidade já existente nela (RAMOS, 2013).

Ao se adicionarem quantidades adequadas de água à massas de pães sem glúten, nota-se uma melhoria considerável da estabilidade da massa durante a mistura (MARCO; ROSSEL, 2008).

### **3.6.4 Fermento biológico**

O fermento tem como sua principal função produzir gás carbônico, responsável pelo aumento do volume da massa, e da formação do pão. No período da fermentação, ocorre a produção de substâncias responsáveis pelo aroma e sabor dos pães (PHILLIPI, 2003 *apud* RAMOS, 2013).

Para pães sem glúten, o fermento pode ser empregado como fonte alternativa de dióxido de carbono na massa em vez do pó para assamento. O fermento proporcionará o gás para expansão das bolhas na fermentação, desde que haja substrato suficiente disponível para a continuidade da fermentação. Se não houver substrato suficiente, então pequenas adições de açúcar poderão ser necessárias para ajudar o fermento (CAUVAIN; YOUNG, 2009).

Em pães sem glúten a utilização do fermento biológico varia na concentração de 0,9 a 3% (MAGNAN, 2011; PEREIRA *et al.*, 2013; APLEVICZ; MOREIRA, 2015).

### **3.6.5 Sal**

O sal pode ser empregado para ajudar no controle da fermentação. O sal também é necessário para dar sabor ao pão; sem ele, o pão fica insípido. A taxa normal de adição de sal é em torno de 2% do peso da farinha, mas se há presença de açúcar, e, em especial, de altos níveis de açúcar, o nível de sal pode ser reduzido para 1% (CAUVAIN; YOUNG, 2009).

Dentre as diversas funções que o sal atua está não só na fermentação, como durante o crescimento e finalização do pão, atuando na crosta, e controlando, também, a ação do fermento. Afeta na conservação do pão, devido às suas características higroscópicas. (CANELLA-RAWLS, 2005).

### **3.6.6 Açúcar**

O açúcar é o ingrediente responsável pelo aumento da velocidade na fermentação, aumento da maciez, melhorar a cor da crosta, dar sabor e aroma ao pão, além de contribuir para textura e aumentar a retenção da umidade (PHILIPPI, 2003). No entanto, seu uso em excesso retarda a ação do fermento, devendo, portanto, ser balanceado com os demais ingredientes (MARTINBIANCO, 2011).

Em pães sem glúten o açúcar desempenha a função de dar coloração à crosta (RAMOS, 2013). Para o desenvolvimento de pães sem glúten alguns pesquisadores utilizam percentuais de açúcar em torno de 2 a 9% (MAGNAN, 2011; ESCOUTO, 2004; APLEVICZ; MOREIRA, 2015).

### **3.6.7 Gordura**

Na produção de pão de forma, a gordura contribui para a lubrificação e o aumento da extensibilidade da massa, e o aumento do volume e do sabor do pão. A gordura afeta a textura, mantendo os pães macios por mais tempo; isto se deve possivelmente à sua interação com o amido da farinha, retardando o processo de retrogradação (MARANGONI, 2014).

Os pães isentos de glúten utilizam um percentual de 4% a 8% de gordura (PEREIRA *et al.*, 2013; ZIGLIO *et al.*, 2007).

### **3.6.8 Leite em pó**

Ingredientes proteicos como leite em pó são utilizados para melhorar a aparência, o sabor, e as características do miolo dos pães sem glúten, contribuindo, também, para o aumento do valor nutricional das formulações (CAPRILES; ARÊAS, 2011). Também auxilia na cor da casca, na vida de prateleira do produto, e na qualidade do assamento do pão (CÉSAR *et al.*, 2006)

Em pães isentos de glúten o percentual de utilização de leite em pó por alguns pesquisadores variam entre 16% a 20% (NOBRE, 2015; MAGNAN, 2011; KOHMANN, 2010).

### **3.6.9 Ovos**

O ovo tem como propriedades funcionais a coagulação, a capacidade espumante, a capacidade emulsificante e a contribuição nutricional, servindo, também, como agente de cor, aroma e textura, além do fornecimento de proteínas, vitaminas (A, D e E) e minerais (PEREIRA *et al.*, 2004).

Os ovos desempenham diversas funções ligando partículas da farinha ou outro ingrediente granular de uma massa. Sua atuação como coagulante está relacionado à gema e à clara passarem para o estado gel pela ação do calor. Confere função aromática ao possuir um aroma perceptível mesmo após a mistura com outros ingredientes. A gema confere cor à massa (PHILIPPI, 2003).

### **3.6.10 Vinagre de maçã**

O vinagre de maçã é um produto resultante da fermentação acética de outros líquidos alcoólicos que é denominado fermentado acético, podendo ser utilizado da palavra vinagre no rótulo, acrescido do nome da sua matéria-prima de origem, neste caso, a maçã (BACH, 2012).

O vinagre de maçã é utilizado para alterar o pH da massa, corrigindo-o, até o momento em que as leveduras irão atuar (CÉSAR *et al.*, 2006).

### **3.6.11 Hidrocolóides**

Os hidrocolóides, também chamados de gomas, são polímeros de cadeia longa e alto peso molecular, solúveis em água, capazes de aumentar a viscosidade do sistema, auxiliar na estrutura e em alguns casos formar géis. (GHARIBZAHEDI *et al.*, 2012). Suas propriedades permitem controlar características reológicas de sistemas aquosos por meio de estabilização de emulsões, suspensão de partículas, controle de cristalização e inibição da sinérese (CAI *et al.*, 2011).

Existem vários tipos de hidrocolóides para a produção de pão sem glúten. Dentre eles se destacam: hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), carboximetilcelulose (CMC), metilcelulose,  $\beta$ -glucana, goma psyllium, goma xantana, goma guar. Todos com uma gama de aplicações no ramo alimentício.

Em massas de pães isentas de glúten, os hidrocolóides são utilizados para dar a elasticidade que o glúten daria, aumentar a estabilidade de bolhas de gás, aumentando, assim, sua viscosidade, interagir nas propriedades de gelatinização/retrogradação do amido, e finalmente, para ampliar a qualidade global dos produtos durante a armazenagem (SILVA, 2014). Seu principal efeito é o atraso da retrogradação da amilose pela formação de complexos entre os hidrocolóides e as cadeias da amilose (MACHADO, 2012).

A influência do hidrocolóide na qualidade e na reologia da massa de pão, principalmente na textura do miolo e seu volume final depende de opções específicas do hidrocolóide, como: massa e estrutura molecular, comprimento da cadeia, concentração e modificações químicas; das farinhas e outros ingredientes da receita, e dos parâmetros utilizados, como: pH, temperatura, ligações iônicas e presença de íons (SILVA, 2014).

Segundo Botelho (2012) os estudos com hidrocolóides para produtos isentos de glúten utilizam concentrações entre 1% a 5% (base farinácea) e os melhores resultados para estes tipos de produtos em termos de volume e textura foram encontrados em concentrações entre 0,5% a 2%.

Hidrocolóides utilizados em pequenas quantidades, menor que 1% sobre o peso da farinha, melhoram no aumento da absorção de água, o volume específico do pão, reduzem a firmeza do pão e a retrogradação do amido (COLLAR *et al.*, 1999). Mesmo que suas concentrações sejam menores que 1%, a influência sobre a textura e as propriedades organolépticas dos hidrocolóides é significativa (MONTEIRO, 2013).

Estudos e trabalhos experimentais têm demonstrado alguns benefícios dos hidrocolóides, dentre eles o de funcionar fisiologicamente como fibra solúvel, sendo eficazes na redução do nível de colesterol sanguíneo (WEBER, 2005).

Normalmente, a escolha de um hidrocolóide é feita em função das características desejadas no produto final. A utilização de vários hidrocolóides e combinações destes é, atualmente, muito frequente em panificação como alternativa ao glúten. É importante ressaltar que a influência que essas substâncias exercem depende do tipo de hidrocolóide, da quantidade aplicada e da matéria-prima na qual são adicionados (NASCIMENTO, 2014; SILVA, 2014).

### **3.6.11.1 Goma Xantana**

A goma xantana é um hidrocolóide polissacarídico que possui excelentes propriedades reológicas de interesse para a utilização em alimentos. Dentre suas funções, pode-se citar a retenção de gás e o aumento do volume específico dos produtos de panificação (PREICHARDT *et al.*, 2009). Apresenta excelente estabilidade em valores de pH extremos, na faixa de 2 a 11, e altas temperaturas de 100 a 120°C, além de poder ser dissolvida a quente ou a frio. É facilmente solúvel em água, produzindo alta viscosidade. Não é solúvel na maioria dos solventes orgânicos (DIAS, 2007).

Em estudo de Nadal (2013), a adição de goma xantana e goma guar em formulações de pão tipo francês resultou em valores de atividades de água de 0,89 a 0,97, fato que se deve, à esses coadjuvantes possuírem alta capacidade higroscópica. Botelho (2012) realizou um estudo em pães com adição de gomas isoladamente, e adição de gomas em diferentes proporções, e constatou que pães com a massa adicionada de 100% de goma xantana, correspondeu a sistemas menos estruturados, com módulos elásticos e módulos viscosos mais baixos. No entanto, as formulações com misturas de gomas guar e xantana originaram pães com estrutura mais agradável e com maior volume, mostrando que houve efeito sinérgico entre as duas gomas na formação da estrutura da massa.

O estudo apresentado por Andrade (2012) do armazenamento de pão de queijo de massa congelada para avaliar as características físicas, químicas, físico-químicas e sensorial das formulações ao longo de 180 dias de armazenamento sob-refrigeração, testou onze tipos de formulações de pão de queijo utilizando a formulação padrão, 5% e 10% de amido modificado à base de fécula de mandioca cruzado e acetilado e amido modificado à base de fécula de mandioca acetilado pré-gelatinizado, 0,3% e 0,5% de estabilizante à base de CMC (carboximetilcelulose) e galactomananas e estabilizante à base de goma xantana e carragena. Os estabilizantes e amidos modificados não apresentaram diferença significativa em relação à formulação padrão. No entanto, a formulação com estabilizante à base de goma xantana e carragena obteve maior estabilidade ao longo do armazenamento sob congelamento. Em relação à análise sensorial com os consumidores, esse mesmo tratamento foi o que recebeu melhores notas, indicando melhor intenção de compra para ao produto.

A goma xantana pode ser utilizada em uma grande variedade de alimentos exercendo funções como: espessante, estabilizante, emulsionante e espumante (FAO/WHO, 2015). No pão isento de glúten, a goma xantana melhora na textura, volume e retenção da umidade (BOTELHO, 2012).

### **3.6.11.2 Carboximetilcelulose (CMC)**

Uma vez que a CMC consiste de uma longa e relativamente rígida molécula com carga negativa, devido a seus numerosos grupos carboxílicos ionizados, a repulsão eletrostática faz com que essas moléculas, quando em solução, fiquem estendidas. Da mesma forma, as cadeias adjacentes repelem uma às outras. Como consequência disso, as soluções de CMC tendem a ser, ao mesmo tempo, altamente viscosas e estáveis (FENNEMA, 2010).

A carboximetilcelulose (CMC) pode ser encontrada sob várias formas, dependendo do tamanho de partículas, grau de substituição, viscosidade e características de hidratação, e apresenta estabilidade em pH ácido (CALEGUER; BENASSI, 2007). Sua atuação em produtos lácteos, bebidas, produtos cárneos, molhos e na panificação, é como espessante ou melhorador de textura, estabilizante, emulsificante, ou agente de suspensão, inibidor de cristalização, ligante, colóide protetor e auxiliador no aumento de volume (MONTEIRO, 2013).

Magnan (2011) desenvolveu um pão tipo cachorro quente utilizando três tipos diferentes de hidrocolóides: CMC+gelatina, goma xantana, e liga neutra. O resultado da análise sensorial mostrou que o pão que houve a adição de CMC+gelatina foi o que apresentou maior índice de aceitação nos atributos: cor da casca, devido à reação de Maillard que não foi perceptível nas outras amostras; textura e aceitação global, indicando que a amostra obteve aprovação suficiente para teste de mercado com uma população celíaca. Em estudo de Nobre (2015) os teores de umidade em pães com utilização de farinha de quinoa mostraram-se superiores aos conformes da legislação brasileira, que é de 38% (BRASIL, 2000). Tais valores foram influenciados pela aplicação de goma xantana e carboximetilcelulose às formulações, devido a esses hidrocolóides apresentarem elevada capacidade higroscópica.

### **3.6.12 Amidos e féculas**

O amido e a fécula são matérias-primas para obtenção de muitos produtos. A fécula de mandioca é conhecida também por polvilho. Após a extração dos vegetais o amido e a fécula são denominados de amidos naturais. Nessa forma têm larga aplicação, mas seus limites de utilização podem ser ampliados para maior uso industrial pela sua transformação

em amidos modificados ou derivados, por meio de tratamentos que mudam suas características físicas e químicas (LIMA, 2010).

O polvilho doce ou azedo são tipos de féculas que também podem ser utilizados na panificação sem glúten. O polvilho azedo, também chamado de amido de mandioca, é obtido através de um processo de fermentação natural, com suas propriedades funcionais modificadas (CÉSAR *et al.*, 2006).

O polvilho doce, ou fécula de mandioca, constitui a base farinácea, complementando a fonte de carboidratos (CÉSAR *et al.*, 2006). É constituída por 18% de amilose e 82% de amilopectina. É o produto de uma fonte vegetal rica em carboidratos, após extração, lavagem, purificação e secagem. (CEREDA *et al.*, 2001).

As féculas gelatinizam em temperaturas inferiores comparadas ao amido. Essa propriedade permite que se possa trabalhar com temperaturas mais baixas em algumas aplicações (VIEIRA *et al.*, 2010).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Matérias-primas

Os ingredientes utilizados para a elaboração do pão sem glúten foram: farinha de arroz (Ponto Natural®), farinha de banana verde (Ponto Natural®), polvilho de mandioca doce (Pinduca®), leite em pó integral (Piracanjuba®), açúcar cristal (União ®), sal (União ®), óleo de soja (Primor®), margarina (Delícia®), ovos (obtidos em mercado local), vinagre de maçã (Minhoto®), fermento biológico seco instantâneo (Dr. Oetker®), carboximetilcelulose de sódio (Mix®), goma xantana (Ponto Natural®), e água mineral natural (Indaiá®). Todos os ingredientes foram obtidos no comércio local da cidade de Imperatriz-MA.

A composição centesimal das farinhas e fécula utilizadas pode ser observada na Tabela 2.

Tabela 2- Composição centesimal de farinhas e féculas utilizadas.

	<b>Farinha de arroz*</b>	<b>Farinha de banana verde*</b>	<b>Fécula de mandioca (polvilho doce)*</b>
<b>Calorias (kcal)</b>	180	30	70
<b>Carboidratos (g)</b>	40	6,5	17
<b>Lipídios (g)</b>	-	-	-
<b>Fibra Alimentar (g)</b>	0	1,5	0
<b>Gorduras Totais (g)</b>	0	0,3	0
<b>Gorduras Trans (g)</b>	0	0	0
<b>Proteínas (g)</b>	3,2	0,4	0
<b>Gorduras Saturadas (g)</b>	0	0	0
<b>Sódio (mg)</b>	0	0	0

\*Valores obtidos por 100g de produto conforme a rotulagem.

## 4.2 Formulação e processamento dos pães sem glúten

Uma formulação padrão de pão sem glúten foi elaborada após testes piloto e desenvolvida baseando-se em receitas disponibilizadas em sites de internet, bem como em artigos científicos (CÉSAR *et al.*, 2006; MAGNAN, 2011). A formulação foi estruturada observando a base farinácea e os demais ingredientes com o objetivo de melhorar a cor, aparência, textura e impressão global dos pães. Os ingredientes foram calculados a partir de 100% m/m da base farinha/fécula constituída de farinha de arroz, farinha de banana verde, e polvilho doce (fécula de mandioca).

A Tabela 3 apresenta a formulação desenvolvida baseada no último teste piloto realizado. Para todos os ensaios, as quantidades de ingredientes permaneceram as mesmas. Somente foram alteradas as quantidades de CMC e goma xantana devido às variações de concentrações obtidas no planejamento experimental, conforme a Tabela 5.

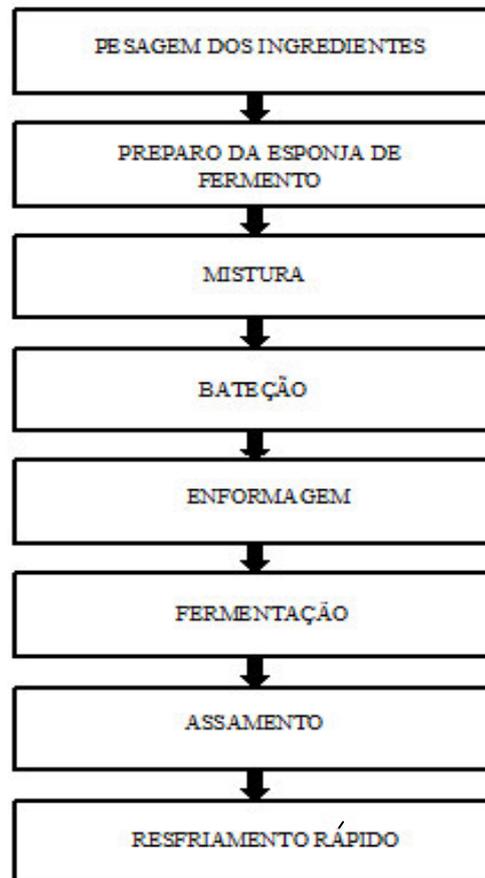
Tabela 3 - Formulação dos pães sem glúten (base farinha/fécula).

<b>Ingredientes</b>	<b>Porcentagem no produto final (%)</b>
<b>Farinha de arroz</b>	49,4%
<b>Farinha de banana verde</b>	12,3%
<b>Polvilho doce (fécula de mandioca)</b>	38,3%
<b>Leite em pó</b>	51,4%
<b>Sal</b>	1,5%
<b>Açúcar</b>	6,9%
<b>Fermento biológico seco instantâneo</b>	2,5%
<b>Vinagre de maçã</b>	1,5%
<b>Óleo de soja</b>	5,9%
<b>Ovo</b>	12,8%
<b>Água</b>	86,4%
<b>CMC (carboximetilcelulose)*</b>	13,8%
<b>Goma xantana*</b>	0,5%

\*Quantidades alteradas de acordo com o planejamento experimental.

O processamento dos pães ocorreu no Laboratório de Cereais do CCSST, da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Campus Bom Jesus. A Figura 6 mostra as etapas do processamento dos pães sem glúten.

Figura 6 - Fluxograma do processamento dos pães sem glúten.



Fonte: Autor.

Os ingredientes foram todos previamente pesados em balança analítica (Marte®). Primeiramente elaborou-se o método indireto da esponja de fermento (açúcar + água morna a 42° C + fermento biológico) deixando descansar por 10 minutos em lugar seco e fresco (FIGURA 7). Paralelamente os ingredientes secos foram misturados: farinha de arroz, farinha de banana verde, polvilho doce, leite em pó, e, ocorridos os 10 minutos de descanso da esponja de fermento, abriu-se um buraco para colocá-la no meio da massa obtida pelos ingredientes secos. Foram acrescentados em seguida: vinagre de maçã, ovo, óleo, goma xantana e CMC. Misturou-se tudo. Com o intuito de unir todos os ingredientes, a outra parte de água morna, a 42°C, foi colocada aos poucos. O sal foi acrescentado por último, para não ser colocado perto da esponja de fermento, não havendo, assim, interferência no crescimento

do pão. A massa obtida em todas as misturas de ingredientes, foi então homogeneizada em batedeira planetária (Arno®) em velocidade 3 por 5 minutos (FIGURA 8a e FIGURA 8b), e em seguida, colocada em assadeiras previamente untadas com margarina, sendo distribuídas até a metade em cada uma. Foram fermentadas tampadas com papel alumínio, em temperatura ambiente de 30°C a 35°C por 40 minutos, até o momento em que as mesmas dobrassem de tamanho (FIGURA 9), e posteriormente assadas em forno industrial (Progás®) por 1h e 10 minutos, pré-aquecido a 120° C (FIGURA 10), obtendo na casca uma leve coloração dourada. Os pães foram retirados das fôrmas e resfriados em temperatura ambiente para, então, serem submetidos à análise sensorial.

Figura 7 - Esponja de fermento obtida após descanso.



Fonte: Autor.

Figura 8 - Homogeneização da massa em batedeira planetária (a) e pós-homogeneização da massa (b).



(a)



(b)

Fonte: Autor.

Figura 9 - Etapa de pós-fermentação das massas.



Fonte: Autor.

Figura 10 - Etapa de assamento das massas.



Fonte: Autor.

#### ***4.2.1 Delineamento Experimental***

Para a elaboração dos pães sem glúten com farinhas de arroz e banana verde, a influência dos hidrocolóides CMC e goma xantana foram avaliadas individualmente a fim de analisar os efeitos nas propriedades físicas e sensoriais dos pães. Foi realizado um delineamento composto central rotacional (DCCR) (Central Composite Rotatable Design – CCRD), obtido pela inserção dos dados no programa STATISTICA versão 10 (Statsoft Inc., Tulsa, USA), o que resultou em um fatorial  $2^2$  incluindo 4 ensaios nas condições axiais e 3 repetições no ponto central, totalizando 11 ensaios, sendo as variáveis independentes (fatores) as proporções dos dois hidrocolóides (CMC e goma xantana) e as variáveis dependentes

(respostas) os atributos sensoriais estudados: cor da casca, aroma, sabor, textura, aparência do miolo, e impressão global. Os valores estão dispostos nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 - Variáveis independentes utilizadas em cada nível do planejamento.

Variável	Código	- $\alpha$	-1	0	+1	+ $\alpha$
CMC (%)	X <sub>1</sub>	0,3	0,5	1	1,5	1,7
Goma xantana (%)	X <sub>2</sub>	0,4	0,5	0,75	1	1,1

$\alpha = \pm 1,4142$  para K = 2 (variáveis independentes).

Tabela 5 - Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) para as variáveis estudadas dos pães sem glúten e seus códigos.

Ensaios	Carboximetilcelulose (%)	Goma xantana (%)
1	0,5 (-1)	0,5 (-1)
2	0,5 (-1)	1,0 (+1)
3	1,5 (+1)	0,5 (-1)
4	1,5 (+1)	1,0 (+1)
5	0,3 (- $\alpha$ )	0,75 (0)
6	1,7(+ $\alpha$ )	0,75 (0)
7	1,0 (0)	0,4 (- $\alpha$ )
8	1,0 (0)	1,1 (+ $\alpha$ )
9(C)	1,0 (0)	0,75 (0)
10(C)	1,0 (0)	0,75 (0)
11(C)	1,0 (0)	0,75 (0)

$\alpha = \pm 1,4142$  para K = 2 (variáveis independentes), e C= Pontos centrais.

Foram produzidos 2 pães para cada ensaio, que após o resfriamento, foram imediatamente submetidos à análise sensorial.

Os pães do ensaio que obteve região de ponto ótima nas superfícies de respostas e curvas de contorno do software STATISTICA versão 10 (Statsoft Inc., Tulsa, USA), foram escolhidos para serem processados novamente e serem submetidos às análises físico-químicas.

### 4.3 Análise Sensorial

Os testes de análise sensorial foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial do CCSST, da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Campus Bom Jesus. A análise sensorial de cada um dos 11 ensaios realizados foi conduzida aplicando-se o teste de aceitação com 60 provadores não treinados, de ambos os sexos, dentre alunos, professores e funcionários, e demais visitantes. Os dois pães sem glúten preparados em cada ensaio foram cortados ao meio em pedaços menores. As amostras foram fatiadas e cada provador recebeu uma fatia servida em prato descartável, colocada em bandeja de isopor devidamente codificada, acompanhada de um copo de água e um brinde (FIGURA 11). Os testes sensoriais foram realizados em cabines individuais, climatizadas, sob luz branca. Os provadores receberam uma ficha com Termo de Livre Consentimento Esclarecido (APÊNDICE A), e uma ficha de Avaliação Sensorial (APÊNDICE B).

Figura 11 - Disposição das amostras servidas aos provadores nos 11 ensaios de análises sensoriais.



Fonte: Autor.

Para a avaliação foi utilizada escala hedônica estruturada de nove pontos, variando entre 1 – “*desgostei muitíssimo*”, e 9 – “*gostei muitíssimo*” (STONE; SIDEL, 1993), sendo os atributos avaliados cor da casca, aroma, sabor, textura, aparência do miolo e impressão global. A fim de complementar, foi realizado, também, o teste de intenção de compra para saber o grau em que cada provador compraria ou não a amostra, variando entre “*certamente compraria*” e “*certamente não compraria*” (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1991).

O software STATISTICA versão 10 (Statsoft Inc., Tulsa, USA) foi utilizado para as análises dos resultados, adotando-se nível de significância de 5%.

#### 4.4 Análises Físico-Químicas

As análises físico-químicas foram realizadas segundo Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008), para determinações gerais de preparações à base de farinhas de alimentos como pães. As determinações realizadas foram: umidade, acidez, lipídios, proteínas, carboidratos, e cinzas. A determinação de atividade de água ( $A_w$ ) também foi realizada para estimar o tempo de prateleira do produto.

As análises físico-químicas foram realizadas com a amostra do ensaio que obteve região de ponto ótima. As mesmas foram realizadas em triplicata para obtenção da média e o desvio padrão. As análises foram conduzidas no Laboratório de Química de Alimentos, do CCSST, da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Campus Bom Jesus. As metodologias utilizadas para as determinações estão descritas abaixo.

##### 4.4.1 Determinação de Umidade

A umidade foi determinada pelo método de secagem direta em estufa a 105°C. Foram pesadas 3g de amostra triturada em cadinho de porcelana previamente seco e tarado. Colocado o cadinho na estufa à temperatura de 105°C. Aqueceu durante 3 horas. Retirou o cadinho da estufa com uma pinça onde o mesmo foi colocado num dessecador para esfriar até temperatura ambiente. Pesou e repetiu a operação de aquecimento e resfriamento até peso constante. A umidade foi determinada pela Equação 1 (IAL, 2008).

$$\text{Umidade por cento } m/m = \frac{100 \times N}{P} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

N= n° de gramas de umidade (perda de massa em g);

P= n° de gramas da amostra.

##### 4.4.2 Determinação de Acidez

Foram pesadas 3g da amostra triturada. Transferiu para um frasco Erlenmeyer de 125 mL com o auxílio de 50 mL de água. Adicionou 4 gotas de solução de fenolftaleína e titulou

com solução de hidróxido de sódio 0,1M, até coloração rósea. A acidez foi determinada pela Equação 2 (IAL, 2008).

$$\text{Acidez em solução molar por cento } v/m = \frac{Vxfx100}{Pxc} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

V= n° de mL da solução de hidróxido de sódio 0,1 M gasto na titulação;

f= fator da solução de hidróxido de sódio 0,1 M;

P= n° de gramas da amostra usada na titulação;

c= correção para solução de NaOH 1M.

#### **4.4.3 Determinação de Lipídios**

Os lipídios foram determinados pelo método de extração direta em Soxhlet. Foram pesadas 5g da amostra triturada em cartucho de papel desengordurado, e transferido para o extrator de Soxhlet. Adicionou ao extrator o solvente (éter), e adaptou um refrigerador de bolas. Manteve extração contínua (sob aquecimento) por 8 horas. Após, o éter foi destilado, e secado o resíduo em estufa a 105°C por 1 hora. Após ser resfriado, foi determinado o peso do resíduo. A determinação de lipídios foi realizada de acordo com a Equação 3 (IAL, 2008).

$$\text{Lipídios por cento } m/m = \frac{100xN}{P} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

N= n° de gramas de lipídios;

P= n° de gramas da amostra.

#### **4.4.4 Determinação de Proteínas**

As proteínas foram determinadas pelo método Kjealdahl. Primeiramente foram pesadas 1g da amostra triturada em papel de ceda. Transferiu para o balão de Kjealdahl (papel+amostra). Manteve em aquecimento em bloco digestor a 350°C, até a obtenção de

solução com cor azul-esverdeada. Após resfriar, adicionou quantidade suficiente de solução concentrada de hidróxido de sódio, e deu início ao processo de destilação por arraste a vapor, recebendo o destilado em 25 mL de ácido sulfúrico 0,05M (com indicador vermelho de metila). Destilou até obter 250 mL de destilado. Durante esse processo a solução passou de vermelho ao amarelo. O excesso de ácido sulfúrico foi titulado com hidróxido de sódio 0,1M até que a solução amarela voltou à cor vermelha. A determinação foi realizada de acordo com a Equação 4 (IAL, 2008).

$$\text{Protídios por cento } m/m = \frac{V \times 0,14 \times f}{P} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

V= diferença entre o n° de mL de ácido sulfúrico 0,05 M e o n° de mL de hidróxido de sódio 0,1 M gastos na titulação;

P= n° de grama da amostra;

f= fator de conversão (6,25).

#### 4.4.5 Determinação de Carboidratos

Os carboidratos foram determinados pelo método de Fehling que é baseado no princípio de glicídios redutores em glicose. Foram pesadas 5 g da amostra triturada em um béquer de 100 mL. Transferiu para um balão volumétrico de 100 mL. Completou o volume com água destilada e agitou. Filtrou em papel filtro e transferiu o filtrado para uma bureta. Em um balão de fundo chato, pipetou 10 mL da solução de Fehling A (solução de CuSO<sub>4</sub>) e 10 mL da solução de Fehling B (solução de tartarato de sódio e potássio + NaOH). Adicionou ainda 40 mL de água destilada. A solução do balão de fundo chato foi aquecida até a ebulição. Mantendo a ebulição, adicionou, às gotas, a solução da bureta sobre a solução do balão em ebulição, agitando sempre, até que a solução passou de azul à incolor com formação de precipitado vermelho. O gotejamento da solução foi interrompido e o volume gasto foi anotado. A determinação de glicídios redutores em glicose foi realizada de acordo com a Equação 5 (IAL, 2008).

$$\text{Glicídios redutores em glicose por cento } m/m = \frac{100 \times A \times a}{P \times V} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

A= n° de mL da solução de P g da amostra;

a= n° de g de glicose correspondente a 10 mL das soluções de Fehling (será considerado = 0,045);

P= massa da amostra em g;

V= n° de mL da solução da amostra gasto na titulação.

#### **4.4.6 Determinação de Cinzas**

Foram pesadas 5g da amostra cortada em pedaços bem pequenos num cadinho de porcelana, previamente aquecida em mufla a 550°C, resfriado em dessecador até temperatura ambiente e pesado. Após, foi seco em chapa elétrica, carbonizado em mufla em temperatura baixa e incinerado em mufla a 550°C, até eliminação completa do carvão. No momento em que as cinzas ficaram brancas, resfriou em dessecador até a temperatura ambiente e pesou. As operações de aquecimento e resfriamento foram repetidas até peso constante. As cinzas foram determinadas de acordo com a Equação 6 (IAL, 2008).

$$\text{Cinzas por cento } m/m = \frac{100 \times N}{P} \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

N= n° de gramas de cinzas;

P= n° de gramas da amostra.

#### **4.4.7 Atividade de água ( $A_w$ )**

A atividade de água foi determinada pelo equipamento Aqualab (BrasEq®). A amostra triturada foi colocada em cápsula descartável de plástico até que se preenchesse todo o espaço do fundo. Colocou-se a cápsula no medidor de atividade de água. Fechou-se a tampa da câmara sobre a amostra e esperou-se até o final da determinação pelo equipamento. Um feixe infravermelho focado em um pequeno espelho determina o ponto de orvalho preciso da amostra. A temperatura do orvalho é então traduzida em atividade de água (IAL, 2008).

#### **4.5 Análise estatística**

Os resultados das análises sensoriais (cor da casca, aroma, sabor, textura, aparência do miolo e impressão global) e físico-químicas (umidade, acidez, lipídios, proteínas, carboidratos, cinzas e atividade de água) foram avaliados estatisticamente para a obtenção da média e desvio padrão.

Os resultados da análise sensorial também foram tratados estatisticamente através do planejamento experimental com os cálculos de ANOVA, e o coeficiente de regressão feito pelo software STATISTICA versão 10 (Statsoft Inc., Tulsa, USA), gerando gráficos de Pareto, Curvas de contorno e Superfícies de resposta. A análise de variância (ANOVA) foi utilizada para detectar a diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as amostras da região de ponto ótimo.

No teste de intenção de compra, os resultados foram analisados por gráfico histograma obtido no programa Excel®.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Respostas do delineamento experimental das análises sensoriais

Os resultados (variáveis respostas) das análises sensoriais do pão sem glúten com adição de porcentagens diferentes de hidrocolóides estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Médias e desvios padrão das variáveis respostas dos pães sem glúten.

Ensaio	Variáveis Fatores*		Variáveis Respostas**					
	X <sub>1</sub> (%)	X <sub>2</sub> (%)	Cor da casca	Aroma	Sabor	Textura	Aparência do miolo	Impressão global
1	0,5 (-1)	0,5 (-1)	7,27±1,55	7,87±1,35	7,6±1,69	6,95±1,99	7,35±1,26	7,6±1,47
2	0,5 (-1)	1,0 (+1)	7,83±1,11	7,48±1,71	7,45±1,23	6,88±1,66	7,15±1,31	7,58±1,01
3	1,5 (+1)	0,5 (-1)	7,43±1,47	7,32±1,45	7,23±1,55	6,83±1,81	6,73±1,67	7,3±1,44
4	1,5 (+1)	1,0 (+1)	7,77±1,18	7,58±1,28	7,52±1,50	6,93±1,73	7,4±1,11	7,42±1,38
5	0,3 (-α)	0,75 (0)	8,05±1,11	8,2±0,88	7,95±0,96	7,75±1,08	7,9±1,34	7,93±0,79
6	1,7(+α)	0,75 (0)	7,48±1,16	7,4±1,56	7,08±1,81	6,72±1,54	7,03±1,28	7,17±1,45
7	1,0 (0)	0,4 (-α)	7,72±0,96	7,93±0,98	7,4±1,48	7,12±1,42	7,25±1,41	7,58±1,03
8	1,0 (0)	1,1 (+α)	8,03±1,07	7,85±1,12	7,62±1,17	7,15±1,61	7,2±1,56	7,68±1,02
9 (C)	1,0 (0)	0,75 (0)	8,03±1,07	8,03±1,09	7,93±1,01	7,63±1,09	7,73±1,02	7,98±0,79
10 (C)	1,0 (0)	0,75 (0)	7,6±1,44	7,67±1,34	7,35±1,36	7,57±1,31	7,58±1,19	7,6±1,08
11 (C)	1,0 (0)	0,75 (0)	7,87±1,14	7,78±1,32	7,47±1,32	7,72±1,26	7,75±1,28	7,55±1,09

\*X<sub>1</sub>= Carboximetilcelulose, \*X<sub>2</sub>= Goma xantana.

\*\*Valores constituem médias ± desvios padrão.

De acordo com os resultados obtidos, é possível observar que o ensaio 5 (0,3% de carboximetilcelulose e 0,75% de goma xantana) obteve maior índice médio na escala hedônica em grande parte dos atributos (cor da casca, aroma, sabor, textura, e aparência do miolo).

Para o atributo cor da casca, o ensaio 1 obteve menor média na escala hedônica avaliada com 7,27±1,55, e os ensaios 5 e 9 obtiveram maior média com 8,05±1,11 e 8,03±1,07, respectivamente, indicando que as proporções de hidrocolóides utilizadas nos ensaios 5 e 9 obtiveram uma boa influência para este atributo. Resultados semelhantes foram encontrados por Magnan (2012), que desenvolveu 3 formulações de pão sem glúten tipo cachorro quente, observando que a formulação contendo 0,7% de CMC+gelatina sem sabor,

apresentou maior aceitação na cor da casca, média de 7,6, que as demais amostras que continham 0,8% de goma xantana – média de 6,6, e 0,8% de liga neutra – média de 7,0.

Quanto ao atributo aroma, os resultados demonstraram que o ensaio 3 obteve menor índice médio com  $7,32 \pm 1,45$  e o ensaio 5 maior índice de  $8,2 \pm 0,88$ . Em relação ao atributo sabor, o menor índice médio foi obtido no ensaio 6 com  $7,08 \pm 1,81$  e o maior, obtido no ensaio 5 com  $7,95 \pm 0,96$ . No entanto, as médias em todos os ensaios para aroma e sabor estão bem próximas na faixa da escala hedônica, demonstrando que a interação das farinhas de arroz e banana verde e demais ingredientes favoreceram na elaboração de um produto bem aceito pelos julgadores. Almeida (2011) desenvolveu um pão de forma sem glúten com farinha de arroz e também obteve para os atributos aroma e sabor escores médios na faixa de neutro, com  $7,1 \pm 1,6$  para aroma e  $6,9 \pm 1,5$  para o sabor, o que resultou nos comentários dos seus julgadores um pão muito próximo dos produtos à base de farinha de trigo.

As médias encontradas para a textura do presente estudo mostraram menores notas nos ensaios 3 e 6, com  $6,83 \pm 1,81$  e  $6,72 \pm 1,54$ , respectivamente. Hidrocolóides podem contribuir para maior retenção de umidade em massas de pães (CAPRILES; ARÊAS, 2011) indicando o motivo pelos quais estes dois ensaios citados, com maiores porcentagens de carboximetilcelulose, podem ter influenciado nas notas entre os julgadores, e o ensaio 5 com menores proporções de hidrocolóides influenciou de forma positiva obtendo maior escore médio de  $7,75 \pm 1,08$ .

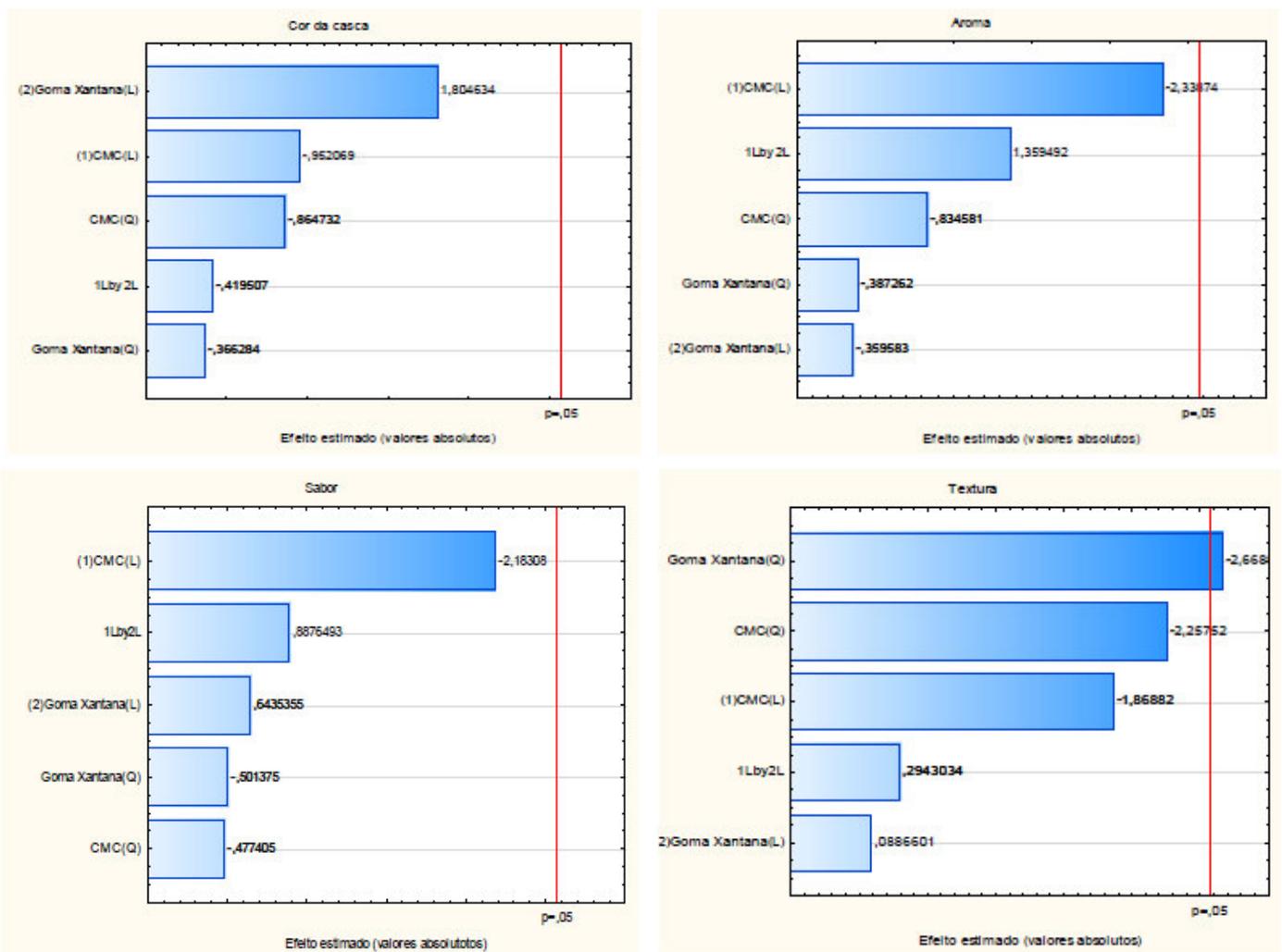
Segundo Lazaridou *et al.*, (2007) a distribuição uniforme dos alvéolos de um miolo de pão é um aspecto muito importante para a qualidade final. Um número considerável de alvéolos não uniforme pode comprometer a estrutura do miolo. No presente estudo a aparência interna do pão foi bem aceita pelos julgadores, o que pode estar relacionado a um conjunto de condições de processo em si, como temperatura, pH, ingredientes, entre outros (SILVA, 2014). Os maiores valores de aparência do miolo encontrados no estudo  $7,9 \pm 1,34$  e  $7,75 \pm 1,28$ , relacionados aos ensaios 5 e 11, respectivamente, foram bem próximos aos encontrados Nobre (2015) em estudo de em pães sem glúten com substituição parcial de farinha de quinoa, que obteve escores médios de  $7,5 \pm 1,38$  e  $7,7 \pm 1,08$ .

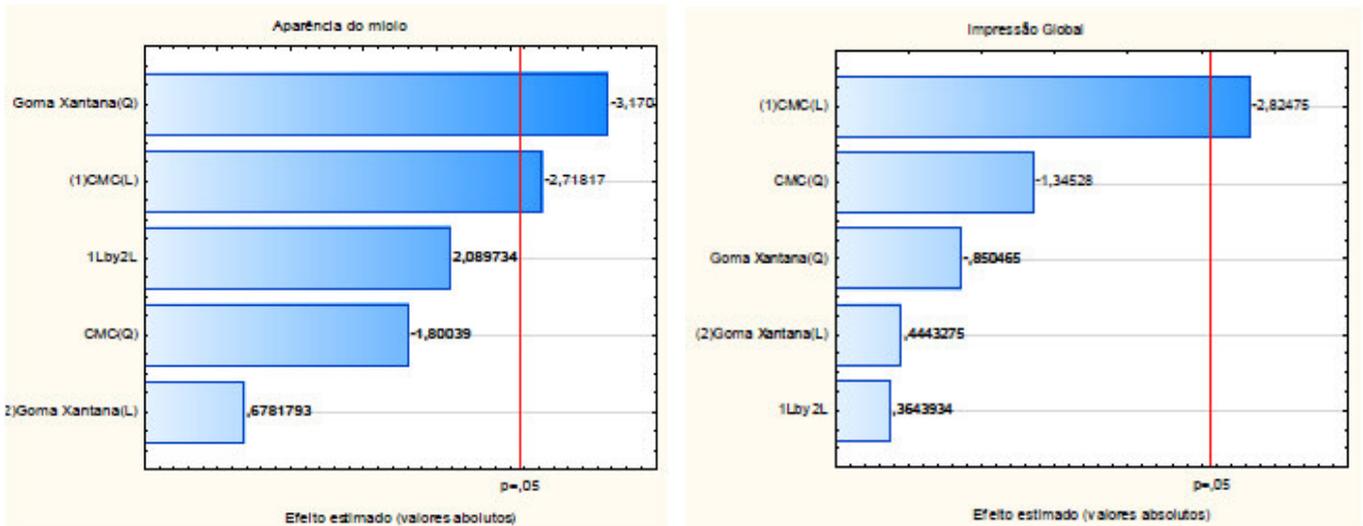
Na avaliação do atributo impressão global as médias gerais ficaram na faixa de  $7,17 \pm 1,45$  a  $7,98 \pm 0,79$ , resultando em boa impressão do produto como um todo mediante julgamento dos provadores. As misturas de hidrocolóides e ingredientes utilizados no pão de forma sem glúten do presente estudo conferiram características sensoriais e tecnológicas de boa aceitação ao produto, no qual seu escore médio de maior aceitação está definido nos ensaios 5 e 9, ensaios estes que se utilizam de pequenas proporções de hidrocolóides,

possibilitando redução de quantidades utilizadas dessas substâncias e de custos para a produção do pão de forma sem glúten do presente estudo.

Os gráficos de Pareto com os efeitos estimados (Valor absoluto) estão apresentados na Figura 12. De acordo com a análise estatística, os atributos cor da casca, aroma, e sabor não sofreram influência ( $p>0,05$ ) dos hidrocolóides carboximetilcelulose e goma xantana. No entanto, os atributos textura, aparência do miolo e impressão global foram influenciados significativamente ( $p<0,05$ ). O atributo textura sofreu influência significativa ( $p<0,05$ ) da goma xantana. A aparência do miolo sofreu influência significativa ( $p<0,05$ ) da goma xantana e CMC, e o atributo impressão global sofreu influência significativa ( $p<0,05$ ) do hidrocolóide CMC.

Figura 12 - Diagrama de Pareto com os valores dos efeitos das variáveis independentes na Cor da casca, aroma, sabor, textura, aparência do miolo e impressão global.





\*Goma xantana (L): efeito linear da goma xantana; Goma xantana (Q): efeito quadrático da goma xantana; CMC (L): efeito linear da carboximetilcelulose; CMC (Q): efeito quadrático da carboximetilcelulose.

Analisando os coeficientes de regressão (linear e quadrático) e ignorando os fatores não significativos ( $p < 0,05$ ), com os efeitos de interação dos hidrocolóides sobre a textura, aparência do miolo e impressão global, pôde-se calcular pela análise de variância (ANOVA) o valor de  $F$  para estes atributos sensoriais. A partir desses resultados, avaliaram-se os gráficos de superfície de resposta e curvas de contorno. Nos atributos aparência do miolo e textura foi verificada a existência de uma região ótima.

De acordo com as Tabelas 7 e 8, o valor de  $F_{\text{calculado}}$  para a aparência do miolo foi de 64,01 e para a textura foi de 115,02. Contudo, estes valores foram maiores que o valor de  $F_{5,5}$  tabelado (5,05), mostrando que houve diferença significativa entre os tratamentos no intervalo de 95% de confiança, de acordo com o teste de  $F$ .

Tabela 7 - ANOVA para a Aparência do miolo.

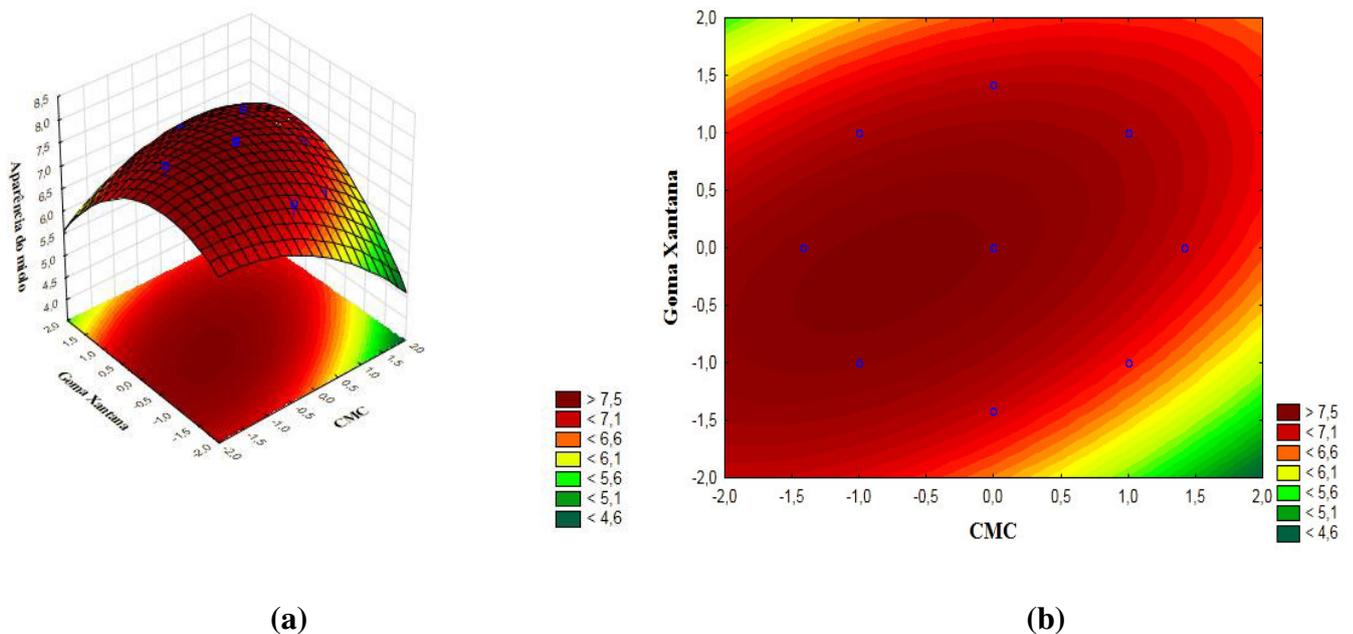
Fonte de Variação	Soma quadrática	Graus de liberdade	Média quadrática	Valor de F
Regressão	1,105266	5	0,221052	64,01
Residual	0,017267	5	0,0034533	
Total	1,122533	10	0,224505	
Coeficiente de determinação	0,82			
F tabelado (95%)				$F_{5,5} = 5,05$

Tabela 8 - ANOVA para a Textura.

Fonte de Variação	Soma quadrática	Graus de liberdade	Média quadrática	Valor de F
Regressão	1,311283	5	0,262257	115,02
Residual	0,011400	5	0,00228	
Total	1,322683	10	0,264537	
Coefficiente de determinação	0,72			
F tabelado (95%)				$F_{5,5} = 5,05$

Através da superfície de resposta e curvas de contorno, pode-se observar que o atributo aparência do miolo sofreu influência dos hidrocolóides carboximetilcelulose e goma xantana (FIGURA 13). O ponto ótimo foi obtido em valores de Carboximetilcelulose= 1% e goma xantana = 0,75%, que são atribuídos aos ensaios 9(C), 10(C) e 11(C). À medida que se diminuiu a concentração de goma xantana, se aumentou a de carboximetilcelulose. A variação desses valores está associada a um aumento nas médias atribuídas à aparência do miolo.

Figura 13 - Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) em função CMC (carboximetilcelulose) e goma xantana para o atributo Aparência do miolo.

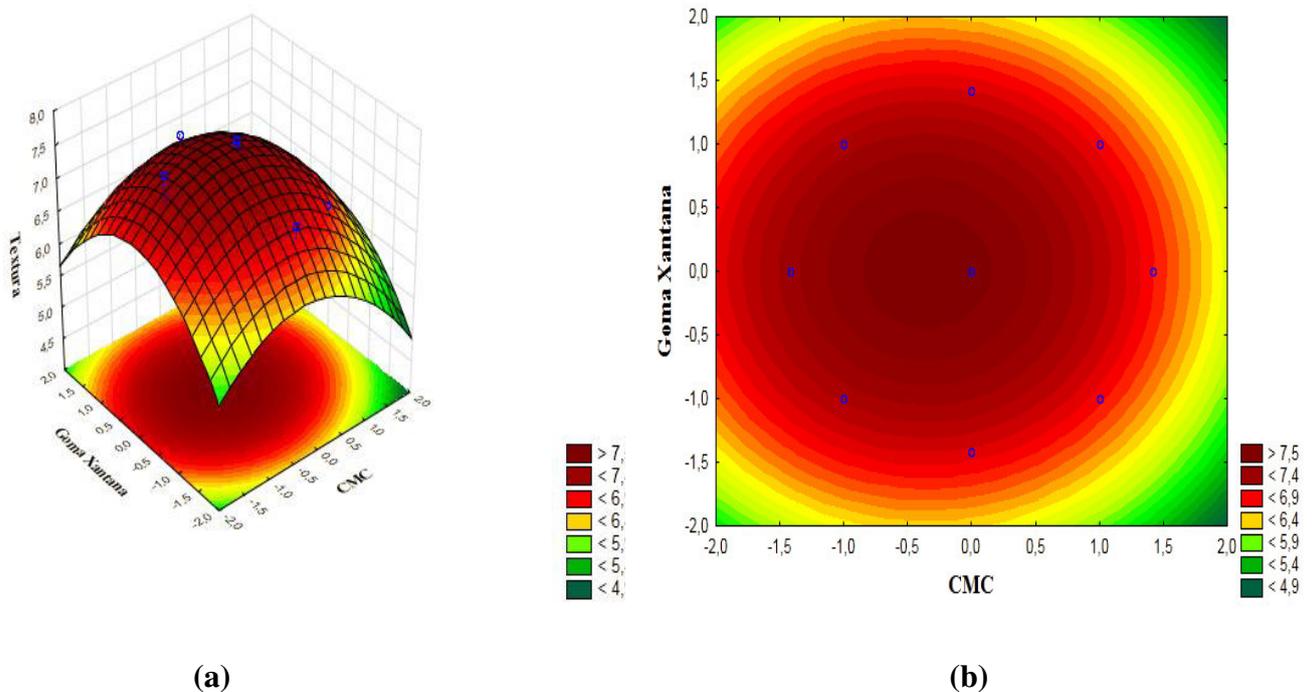


Fonte: Autor.

A textura é um atributo físico importante aos alimentos, que além de proporcionar satisfação ao consumidor, ajuda no exercício mastigatório (ÁVILA, 2012).

Através de superfície de resposta, ponto ótimo foi encontrado ao se avaliar a interferência dos hidrocolóides em relação à textura (FIGURA 14). Assim, pôde-se obter uma região ideal. Essa região foi a mesma encontrada no atributo anterior, no qual Carboximetilcelulose=1% e goma xantana= 0,75%, que são atribuídas aos ensaios 9(C), 10(C) e 11(C). Verifica-se que em pontos de concentrações intermediárias de hidrocolóides, maiores médias são alcançadas. Portanto, para se obter estas médias, a superfície gerada indica que se deve trabalhar com hidrocolóides nessas concentrações.

Figura 14 - Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) em função CMC (carboximetilcelulose) e goma xantana para o atributo Textura.



Fonte: Autor

Em estudo realizado por Machado (2012), em desenvolvimento de formulação de bolos de chocolate light, o bolo contendo menor percentual de farinha de maracujá e maior utilização de goma xantana ficou mais próximo da região ótima e alcançou maiores notas entre os consumidores nos atributos sensoriais nos parâmetros aparência, aroma, sabor, textura e impressão global. Em estudos feitos por Botelho (2012), as utilizações de gomas xantana e guar para a produção de pães isentos de glúten tiveram implicações nas propriedades físicas das massas (comportamento reológico e textura) e dos pães respectivos

(textura e cor). Também foram verificadas que as formulações com a mistura das duas gomas originam pães com uma estrutura mais agradável e com maior volume, em comparação as formulações com os pães obtidos com as gomas adicionadas isoladamente. A formulação com igual proporção das duas gomas (50%X+50%G) apresentou características físicas mais interessantes, destacando-se o fato de apresentar um miolo com uma coloração mais clara. Em relação às propriedades reológicas das massas, previu-se assim um efeito sinérgico entre as duas gomas na formação da estrutura da massa.

Para este estudo, os hidrocolóides carboximetilcelulose e goma xantana, utilizado em combinações de quantidades intermediárias melhoraram as propriedades de textura e miolo do pão, e conseqüentemente, auxiliaram na retenção de bolhas de gás e aumento de volume verificado após o assamento – propriedades específicas destas substâncias (SILVA, 2014).

## 5.2 Intenção de Compra

A intenção de compra dos pães sem glúten elaborados em cada ensaio do delineamento experimental está demonstrada na Figura 15. Verifica-se que a maior porcentagem de intenção de compra está no ensaio 9, onde 55% dos provadores possuem atitude positiva para o quesito “*certamente compraria*”. Dentre os comentários, os provadores alegam que o pão está com todas as características de cor, aroma, sabor, textura, aparência do miolo e intenção global ótimos, e que o mesmo apresenta excelente qualidade.

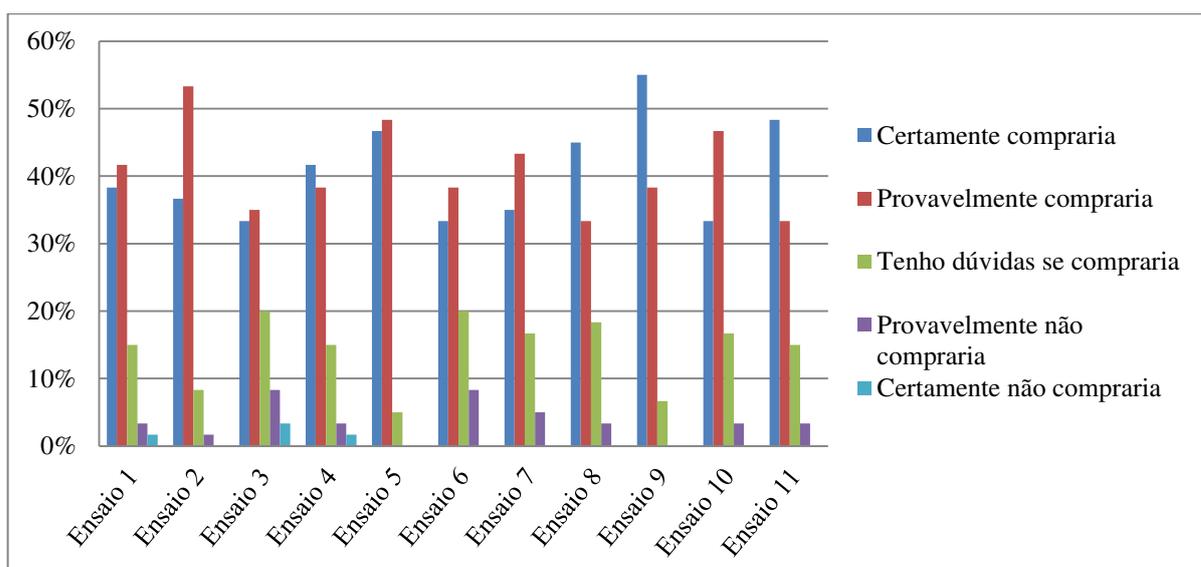
O ensaio 2 obteve grande aceitabilidade no quesito “*provavelmente compraria*”, em que 53,33% dos provadores consideraram o produto como bom, os comentários foram desde que o sabor estava ótimo, até a perfeita complementação de sabor e textura. O produto deste ensaio também foi considerado para alguns provadores, um pão sem glúten melhor do que outros já comercializados no mercado.

Nos ensaios 3 e 6, 20% dos provadores em cada ensaio assinalaram a opção de “*tenho dúvidas se compraria*”, bem como também os mesmos ensaios se destacaram na opção de “*provavelmente não compraria*” com porcentagens iguais de 8,33%. Dos comentários dessa possível dúvida, no ensaio 3, se destaca a textura, onde a mesma foi considerada semelhante a um bolo, e a aparência do miolo que foi considerada pouco atrativa. Já no ensaio 6 os comentários levaram em consideração a aparência do miolo que poderia ter ficado um pouco mais consistente e a casca, onde a mesma foi classificada como um pouco dura.

Para o quesito “*certamente não compraria*” os ensaios 1, 3 e 4 com as respectivas porcentagens de 1,67%, 3,33% e 1,67%, foram os únicos em que os provadores assinalaram essa opção, com destaques no ensaio 1 onde os comentários estão mais voltados à uma melhora no aroma para diferenciação do pão sem glúten para o pão com glúten e obtenção de uma massa mais leve para esse pão. Já no ensaio 4, a aparência e a textura que foi considerada pegajosa mereceram destaques para possíveis melhorias.

Em estudos feitos por Franco (2015), o percentual de consumidores que certamente comprariam o pão sem glúten com farinhas de arroz e batata-doce foi de 30%, e apenas 2% dos consumidores certamente não comprariam o produto se o mesmo estivesse à venda. No entanto, o baixo índice de compra do estudo apresentado, segundo o autor, pode estar relacionado à adição da farinha de batata doce aos quais os consumidores não estão habituados ao consumo. Gomes e Ferreira (2013) formularam um pão com farinha de banana verde (FBV) com casca, em que Formulação 1 (tradicional), Formulação 2 (10% de FBV), e Formulação 3 (20% de FBV), e constataram que não houve influência da intenção de compra na adição de farinha de banana verde, havendo apenas uma ligeira perda de aceitação na aparência. As médias de valores para a intenção de compra para os pães com substituição de farinha de banana verde ficaram entre 4,25 e 4,35, com escala variando de 1 – “*certamente não compraria*” a 5 – “*certamente compraria*”.

Figura 15 - Histograma de intenção de compra dos pães sem glúten elaborados em cada ensaio.



Fonte: Autor

Em geral, todas as amostras obtiveram maiores porcentagens nos quesitos “*certamente compraria*” e “*provavelmente compraria*”, sendo o último o mais escolhido pelos julgadores. Com maior aceitação nesses dois quesitos, percebe-se que o produto obteve atitude positiva mediante aos julgadores, demonstrando que, independente das variações nas concentrações de hidrocolóides, a formulação do pão de forma sem glúten com farinhas de arroz e banana verde apresentou grande aceitabilidade, sendo destacado nos comentários de muitos, a espera da exposição do produto para a venda no mercado.

### 5.3 Composição físico-química

Considerando os ensaios 9, 10 e 11 (pontos centrais) contendo 1% de CMC e 0,75% de goma xantana, como região do ponto ótimo, foi realizada a análise da composição físico-química do ponto central do pão sem glúten tipo forma com farinhas de arroz e banana verde (FIGURA 16). As médias e os desvios padrão das determinações físico-químicas realizadas estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Resultados da composição centesimal do pão sem glúten com melhor ponto ótimo.

<b>Componentes*</b>	<b>Valores</b>
<b>Umidade (%)</b>	31,92±2,18
<b>Acidez % (mL de NaOH/10g de pão)</b>	5,30±0,89
<b>Lipídios % (g/100g)</b>	10,27±0,03
<b>Proteínas % (g/100g)</b>	9,59±0,56
<b>Glicídios redutores em glicose % (g/100g)</b>	3,15±0,38
<b>Cinzas % (g/100g)</b>	1,84±0,03
<b>Atividade de água (A<sub>w</sub>)</b>	0,90±0,004

\*Valores constituem médias ± desvios padrão de três repetições.

Figura 16 - Pães sem glúten elaborados para as análises físico-químicas.



Fonte: Autor.

A legislação brasileira atual não dispõe de padrões de identidade e qualidade específicos para produtos de panificação isentos de glúten (PEREIRA *et al.*, 2013).

O teor elevado de umidade em pães aumenta a atividade microbiana, deixa o produto grudento e borrachudo, alterando sua textura, sendo este um dos fatores responsáveis pela perda da qualidade do produto (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

O teor de umidade de 31,92% do produto desenvolvido se mostrou dentro dos padrões de 38%, conforme legislação brasileira (BRASIL, 2000) que se refere à pães preparados com farinha de trigo. Nobre (2015) encontrou teores de umidade de 40,7% em pães sem glúten contendo substituição parcial de farinha de quinoa, e umidade de 41,2% para pão padrão contendo farinha de arroz e fécula de batata. O mesmo autor enfatiza que esses altos valores podem ter sido influenciados pela adição de goma xantana e carboximetilcelulose às formulações, uma vez que os hidrocolóides apresentam grande capacidade higroscópica. Gomes e Ferreira (2013) encontraram teores de 30,64% e 32,71% de umidade para pães de farinha de trigo com substituição parcial de farinha de banana verde (FBV). Esses teores estiveram acima do pão padrão com 26,45% de umidade. Segundo os autores, o aumento da umidade com a adição da FBV estaria relacionado à maior capacidade das fibras em absorverem a umidade do ambiente e pelo fato de que maior quantidade de água precisou ser adicionada para dar o “ponto de massa” durante a preparação dos pães.

No presente ensaio de pão sem glúten elaborado com farinhas de arroz e banana verde utilizando hidrocolóides CMC e goma xantana em proporções respectivas de 1% e 0,75%, verificou-se que o resultado da umidade dentro do padrão da legislação está ligado à

menor quantidade de goma xantana empregada no pão, já que a incorporação de gomas em pães sem glúten provoca aumento na retenção de umidade (WEBER, 2005).

A acidez do produto desenvolvido foi de 5,30% (mL de NaOH/10g de pão). Valores menores de acidez de 2,26% foram encontrados por Nadal (2013) em pão francês sem glúten com substituição parcial de farinha de arroz e polvilho doce. Em estudos de Lima *et al.*, (2009), encontrou-se o valor de 4,21% (mL de NaOH/10g de pão) em pão de forma convencional com farinha de trigo.

O teor de acidez do pão sem glúten desenvolvido foi maior quando comparado aos estudos mencionados, indicando que o produto tem maior estabilidade, pois produtos mais ácidos são naturalmente mais estáveis quanto à deterioração (CECCHI, 2003).

Em relação aos lipídios, a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011) apresenta teores de 3,7% para pães de forma integral com farinha de trigo. Pereira *et al.*, (2013) encontrou valores de lipídios para pão de batata sem glúten com adição de farinha de chia de 10,41% e 9,38%. Para o pão desenvolvido no ensaio também foi encontrado um alto teor de lipídios de 10,27%, isso se deve aos ingredientes utilizados leite em pó e óleo de soja que contém significativa quantidade deste componente, o para o pão contribui na estabilização de bolhas de ar, sendo mais eficaz na retenção de gás (AQUINO, 2012).

O conteúdo de proteínas do produto desenvolvido foi de 9,59%. Oliveira *et al.*, (2011) também encontrou teor significativo de proteína de 8,8% em pão com adição de concentrado proteico de soro de leite, e 6,97% em pão convencional com farinha de trigo. De acordo com a Portaria n° 27, de 13 de janeiro de 1998, um alimento sólido é considerado fonte de proteínas, quando contém, no mínimo, 10% da Ingestão Diária Recomendada (IDR) (BRASIL, 1998). Isso indica que o pão desenvolvido no ensaio pode ser considerado fonte de proteínas, o que torna a alimentação do celíaco mais abrangente, já que este público se restringe a poucas opções de alimentos para seguir a dieta.

Na determinação da concentração de açúcares redutores (glicose, frutose, manose, galactose, lactose) na amostra, o valor de glicídios redutores em glicose foi de 3,15%. Raros são os estudos com pães sem glúten que obtêm carboidratos por este método, tornando mais difícil a comparação. Bolzan (2013) encontrou um teor de 4,34% em amostra de biscoito doce. Esses resultados demonstraram variação, sendo necessário estabelecer padrões deste componente em pães para assegurar qualidade no produto final.

O conteúdo de cinzas totais em cereais varia entre: 0,3% e 3,3% (CECCHI, 2003). Em estudos de Cantuária *et al.*, (2008) de pães de forma enriquecidos com okara, foram encontrados teores de cinzas de 2,25% (100% okara), 1,74% (0% okara), e 1,99% (15%

okara). Valores menores de 1,65% e 1,67% foram encontrados em pães isentos de glúten e sacarose, mas com adição de amaranto e quinoa (ALENCAR, 2014). O maior conteúdo de cinzas de 1,84% do pão desenvolvido está relacionado ao maior teor de minerais contidos na farinha de banana verde, que possui quantidades consideráveis de cálcio, magnésio, fósforo, ferro, sódio, e potássio, e da farinha de arroz que possui minerais como cálcio e ferro em sua composição (TACO, 2011).

O pão de forma é um produto que possui alta disponibilidade de água livre para crescimento microbiano e para as reações químicas aceleram a deterioração do produto, por esse motivo, os produtos que estão disponíveis no mercado possuem curta vida-de-prateleira, e são susceptíveis ao crescimento de bolores e leveduras em sua superfície (MONTENEGRO, 2011).

A atividade de água ( $A_w$ ) do pão sem glúten desenvolvido é consideravelmente alta com valor de 0,90, o que pode ocasionar desenvolvimento de bolores e leveduras. César *et al.*, (2006) elaborou pão sem glúten e também encontrou valores altos de atividade de água em torno de 0,852 para primeiro dia de armazenamento, e 0,921 para quarto dia de armazenamento do pão.

## 6 CONCLUSÃO

O pão de forma sem glúten com farinhas de arroz e banana verde obteve regiões de ponto ótimo observados pelas superfícies de resposta e curvas de contorno nos atributos aparência do miolo e textura em pontos centrais (CMC=1% e goma xantana= 0,75%), atribuídos aos ensaios 9(C), 10(C) e 11(C), indicando que as proporções de CMC e goma xantana nestes valores, geraram aparência do miolo e textura agradáveis ao consumidor.

As análises físico-químicas realizadas no ensaio que obteve a região de ponto ótimo indicaram teor de umidade dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução RDC nº 90, de 18 de outubro de 2000, e proteínas dentro dos padrões para alimentos fonte de proteínas. O teor de cinzas indicou quantidade de minerais contidos nas farinhas de arroz e banana verde. O teor de atividade de água foi alto, porém já esperado em valores encontrados para pães de forma, indicando um produto com curto tempo de vida-de-prateleira.

A intenção de compra obteve suas maiores porcentagens em todos os atributos sensoriais nos quesitos “*certamente compraria*” e “*provavelmente compraria*”, o que indicou atitude positiva por grande parte dos julgadores e adequada aceitabilidade do produto.

A produção de pão de forma sem glúten com as farinhas, hidrocolóides, e demais ingredientes utilizados é viável. É ideal que se busquem alternativas para um aumento no seu tempo de vida-de-prateleira, para obter um produto que contém além de características sensoriais agradáveis obtidas no presente estudo, como também, características de estabilidade adequadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACELBRA, Associação dos Celíacos do Brasil. **Doença Celíaca e Implicações**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://www.acebra.org.br/2004/doencaceliaca.php>>. Acesso em: 28 abr. 2015.

ALENCAR, N. M. A. **Direcionadores de Preferência e Perfil Sensorial de Pães Isentos de Glúten e Sacarose**. 2014. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

ANDRADE, C. K. O. **Elaboração e aceitabilidade dos biscoitos enriquecidos com farinha de banana verde**. 2013. Monografia (Licenciatura em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, Paraíba, 2013.

ANDRADE, L. P. **Amidos modificados e estabilizantes na qualidade do pão de queijo de massa congelada durante o armazenamento**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

APLEVICZ, K. S.; MOREIRA, J. P. Avaliação de Goma xantana e Carboximetilcelulose para celíacos. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 13, n. 1, p. 608-615, 2015.

AQUINO, V. C. de. **Estudo da estrutura de massas de pães elaboradas a partir de diferentes processos fermentativos**. 2012. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

ARAÚJO, H. M. C.; ARAÚJO, W. M. C.; BOTELHO, R.B.A.; ZANDONADI, R.P. Doença celíaca, hábitos e práticas alimentares e qualidade de vida. **Revista de Nutrição**, Campinas; v. 23, n. 3, p. 467-474, maio/jun. 2010.

ÁVILA, E. R. L. G. de. **Utilização de amêndoas de frutos do cerrado na produção de pães sem glúten**. 2012. Dissertação (Mestrado em Saúde e Desenvolvimento). 2012. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2012.

BACH, F. **Avaliação das condições de produção de fermentado acético de soro de leite**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2012.

BAPTISTA, M. L. Doença celíaca: uma visão contemporânea. **Revisões e Ensaios**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 262-271, 2006.

BARAK, S.; MUDGIL, D.; KHATKAR, B. S. Relationship of gliadin and glutenin proteins with dough rheology, flour pasting and bread making performance of wheat varieties. **LWT – Food Science and Technology**, v. 51, n. 1, p. 211-217, 2013.

BARKER, J. M.; LIU, E. Celiac disease: pathophysiology, clinical manifestations, and associated autoimmune conditions. **Advances in pediatrics**, v. 55, n. 1, p. 349-365, 2008.

BELTRÃO, V. **Doença alimentar e dietas fazem mercado de produtos sem glúten crescer 30% ao ano.** R7 Notícias. Agosto, 2014. Disponível em: <<http://noticias.r7.com/economia/doenca-alimentar-e-dietas-fazem-mercado-de-produtos-sem-gluten-crescer-30-ao-ano-02092014>>. Acesso em: 31 jul. 2015.

BEZERRA, C. V.; RODRIGUES A. M. da.; AMANTE, E. R.; SILVA, L. H. M. S. Nutritional potential of green Banana flour obtaneid by drying in spouted bed. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 1140-1146, dezembro 2013.

BOLZAN, R.C. **BROMATOLOGIA**. Bras-Tec: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Agrícola Frederico Westphalen, 2013.

BORGES, A. M; PEREIRA, J; LUCENA, E. M. P. de. Caracterização da Farinha de banana verde. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 333-339, abr./ jun. 2009.

BORGES, A.M.; PEREIRA, J.; JÚNIOR, E.; M.; P. de. Estabilidade de pré-mistura de bolo elaborada com 60% de farinha de banana verde. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.1, p.173-181, jan./fev. 2010.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução RDC n° 90, de 18 de outubro de 2000.** Aprova o Regulamento para Fixação de Identidade e Qualidade do Pão. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/973c370047457a92874bd73fbc4c6735/RDC\\_90\\_2000.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/973c370047457a92874bd73fbc4c6735/RDC_90_2000.pdf?MOD=AJPERES)>. Acesso em: 15 de dezembro de 2015.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução RDC n° 263, de 22 de setembro de 2005.** Aprova o Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/1ae52c0047457a718702d73fbc4c6735/RDC\\_263\\_2005.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/1ae52c0047457a718702d73fbc4c6735/RDC_263_2005.pdf?MOD=AJPERES)>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2016.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Lei n° 10674, de 16 de maio de 2003.** Obriga a que os produtos alimentícios comercializados informem sobre a presença de glúten, como medida preventiva e de controle da doença celíaca. Brasília, 2003.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (SVS/MS). **Portaria n° 27, de 13 de janeiro de 1998.** Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes), constantes do anexo desta Portaria.

BOTELHO, F. S. **Efeito das gomas xantana e/ou guar na textura de pães isentos de glúten elaborados com farinhas de arroz e de milho.** 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Gastronômicas) – Instituto Superior de Agronomia - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2012.

CAI, X.; YAN, H.; ZHENGBIAO G.; YAYUAN, Z. The effect of electrostatic interactions on pasting properties of potato starch/xanthan gum combinations. **Food Research International**, v. 44, n. 9, p. 3079–3086, 2011.

CALEGUER, V. F.; BENASSI, M. T. Efeito da adição de polpa, carboximetilcelulose e goma arábica nas características sensoriais e aceitação de preparados em pó para refresco sabor laranja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 270-277, 2007.

CANELLA-RAWLS, S. **Pão: arte e ciência**. 3 ed. São Paulo: SENAC, 2005. 320p.

CANTUÁRIA, C. M. de.; RIBEIRO, S. C. A.; RIBEIRO, C. F. A. R.; PARK, K. J.; ARAÚJO, E. A. F. Perfil sensorial de pães de forma enriquecidos com okara. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 111-120, 2008.

CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J. A. G. Avanços na Produção de pães sem glúten: aspectos tecnológicos e nutricionais. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 29, n. 1, p. 129-136, jan./jun. 2011.

CASTRO, J.; BARROS, J.; MEDINA, L.. 2013. **Determinação da quantidade de glúten na farinha de trigo**. Universidade Federal do Amazonas – Departamento de química. 1:6., il. color.

CAUVAIN, S.P.; YOUNG, L.S. **Tecnologia de Panificação**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2009. 397. p.

CECCHI, H. M. **Fundamentos Teóricos e Práticos em Análise de Alimentos**. 2. ed. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2003. 208 p.

CEREDA, M.; VILPOUX, O.; NUNES, O. D. S.; CHUZEL, G. Modificação de fécula por fermentação. **BORZANI. W. Biotecnologia industrial**, São Paulo, v. 3, p. 413-460, 2001.

CÉSAR, A. S.; GOMES, J. C.; STALIANO, C. D.; FANNI, M. L.; BORGES, M. C. Elaboração de pão sem glúten. **Revista Ceres**, v. 53, n. 306, p. 150, 2006.

CESINO, J. M. **Adesão à dieta isenta de glúten por celíacos do Sul Catarinense**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2012.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. Draft Revised Standard for Foods for Special Dietary Use for Persons Intolerant to Gluten. **Anais...United Nation**, 2008.

COLLAR, C.; ANDREU, P.; MARTNEZ, J.C.; ARMERO, E. Optimization of hydrocolloid addition to improve wheat bread dough functionality: a response surface methodology study. **Food hydrocolloids**, v.13, p. 467-475, 1999.

CUNHA, A. O. da.; **Cadeia produtiva do pão: fontes informacionais utilizadas no planejamento de novos produtos**. 2012. Monografia (Bacharel em Biblioteconomia) – Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

CYMBALUK, F. Revista Pequenas Empresas e Grandes Negócios. **Alimentação sem glúten é opção de negócio**. Rio de Janeiro, abr. 2011. Seção Saudável. Disponível em: <<http://revistapegn.globo.com/Revista/Common/0,,EMI224876-17180,00ALIMENTACAO+SEM+GLUTEN+E+OPCAO+DE+NEGOCIO.html>>. Acesso em: 31 jul. 2015.

DIAS, A. A. **Substitutos de gorduras aplicados em alimentos para fins especiais**. 2007. Monografica (Especialização em Tecnologia de Alimentos) – Centro de Excelência em Turismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

ELI, L.; BRANCHI, F.; TOMBA, C.; VILLALTA, D.; NORSA, L.; FERRETTI, F.; RONCORONI, L.; BARDELLA, M. T. Diagnoses of gluten related disorders: Celiac disease, wheat allergy and non-celiac gluten sensitivity. **World Journal of Gastroenterology: WJG**. v. 21, n. 23, p. 7110-7119, jun. 2015.

ESCOUTO, L. F. S. **Elaboração e avaliação sensorial de pré-mistura para massa de pão sem glúten a partir de derivados energéticos de mandioca**. 2004. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Unisersidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2004.

FASANO A. Clinical Presentation of Celiac Disease in the Pediatric Population. **Gastroenterology**. v. 128, p. S68-S63, 2005.

FASANO, A.; ARAYA, M.; BHATNAGAR, S.; CAMERON, D.; CATASSI, C.; DIRKS, M.; MEARIN, M. L.; ORTIGOSA, L.; PHILLIPS, A. Federation of International Societies of Pediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition Consensus Report on Celiac Disease. **Journal of pediatric gastroenterology and nutrition**, v. 47, n. 2, p. 214-219, 2008.

FAO/WHO. Food and Agriculture Organization/ World Health Organization. Codex Alimentarius. **Anais...** Disponível em: < <http://www.codexalimentarius.org/>>. Acesso em: 22 out. 2015.

FENNEMA, O. R.; DAMODARAM, S.; PARKIN, K.L. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

FERREIRA, S. M. **Modificação enzimática da farinha de grãos quebrados de arroz para produção de alimento sem glúten**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

FONSECA, R. C.; BASSINELLO, P. Z.; CARVALHO, A. V.; CAETANO, R. K. M.; SANTIAGO, R de A. C. Análise tecnológica, nutricional e sensorial de massa de lasanha sem glúten à base de farinha pré-gelatinizada de arroz com diferentes teores de amilose. **In: Embrapa Arroz e Feijão-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 24.; CONGRESSO DO INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE FRUTOS TROPICAIS, 4., 2014, Aracaju. Inovação e sustentabilidade em ciência e tecnologia de alimentos: resumos. Aracaju: SBCTA, 2014.

FRANCO, V. A. **Desenvolvimento de pão sem glúten com farinha de arroz e de batata-doce**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

GHARIBZAHEDI, S. M. T., MOUSAVI S. M., HAMED M., KHODAIYAN F., RAZAVI S. H. 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**, v. 87, n. 2, p. 1611-1619, 2012.

GIACOBBO, L. F. **Elaboração e caracterização de biscoitos tipo cookies com farinha mista de trigo, de soja e de banana verde.** 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de alimentos) – Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2013.

GOMES, A. A. B.; FERREIRA, M. E. Pão formulado com farinha de banana verde com casca: avaliação química, física e sensorial. In: FEIRA DE INOVAÇÃO DAS CIÊNCIAS E ENGENHARIAS, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Instituto Federal do Paraná, 2013.

GUJRAL, N.; FREEMAN, H. J.; THOMSON, A. BR. Celiac disease: prevalence, diagnosis, pathogenesis and treatment. **World journal of gastroenterology: WJG**, v. 18, n. 42, p. 6036, 2012., il. color.

HABOUBI, N. Y; TAYLOR, S; JONES, S. Celiac disease and oats: a systematic review. **Postgraduate Medical Journal**, v.82, p.672-678, 2006.

HEISLER, G. E. R.; ANTÔNIO, G. A.; MOURA, R. S.; MENDONÇA, C. R. B.; GRANADA, G. G. Viabilidade da substituição da farinha de trigo pela farinha de arroz na merenda escolar. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 19, n. 3, p. 299-306, 2009.

IAL. Instituto Adolfo Lutz, **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos.** 4 ed. Versão eletrônica. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

KOHMANN, L. M. **Desenvolvimento de pão branco e integral livres de glúten e fortificados com cálcio e ferro.** 2010. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

KELLY, C. P.; BAI, J, C.; LIU, E.; LEFFLER, D. A. Celiac disease: clinical spectrum and management. **Gastroenterology**, v. 48, n. 6, p. 1175–1186, 2015.

KUPFER, S. S.; JABRI, B. Pathophysiology of celiac disease. **Gastrointestinal Endoscopy Clinics of North American**, v. 22, n. 4, p. 639-660, 2012.

LAZARIDOU, A.; DUTA, D.; PAPAGEORGIOU, M.; BELC, N.; BILIADERIS, C. G. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. **Journal of food engineering**, v. 79, n. 3, p. 1033-1047, 2007.

LIMA, U. A. **Matérias-primas dos alimentos.** 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2010. 56. p.

LIMA, A. S de.; MACIEL, J.F.; QUEIROGA, R. C. R. E. C.; NETO, E. A. L.; ANJOS, U. U dos.; FARIAS, de L.R.G. Avaliação físico-química e sensorial de pães de forma enriquecidos com soro de leite em pó. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 68, n. 3, p. 366-372, ago./nov.2009.

MACHADO, M. M. **Desenvolvimento de formulação de bolos de chocolate light utilizando farinha de mesocarpo de maracujá e hidrocolóides.** 2012. Dissertação (Mestrado em Saúde e Meio Ambiente) – Universidade Tiradentes-UNIT, Aracaju, 2012.

MAGNAN, L. S. **Desenvolvimento de pão tipo cachorro quente isento de glúten**. 2011. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

MARANGONI, A. L. **Pão de forma “zero trans”: estudo do efeito de diferentes óleos na qualidade tecnológica dos pães**. 2014. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

MARCÍLIO, R.; AMAYA-FARFAN, J.; SILVA, M. A. A. P. Avaliação da Farinha de Amarantho na Elaboração de Biscoito sem glúten do tipo cookie. **Brazilian Journal of food Technology**. v.8, n.2, p. 175-181. Campinas, 2005.

MARCO, C.; ROSELL, C.M. Breadmaking performance of protein enriched, gluten-free breads. **European Food Research and Technology**, v. 227, p. 1205–1213, 2008.

MARTINBIANCO, F. **Desenvolvimento da Tecnologia para a produção de pão Sourdough: Aspecto da produção de inoculo e qualidade sensorial de pães**. 2011. Dissertação (Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

MARTINS, A. P.; PINTO, E.; GOMES, A. M. P. Percepção do estado de saúde e da qualidade de vida numa amostra de celíacos portugueses. **Gastrenterologia**, Portugal, v. 21, n. 3, p. 109-116, 2014.

MATTOS, M. C.; GALDEANO, M.C.; CARVALHO, C.W.P.; NOGUEIRA, L.C. Efeito da adição de inulina e de sorbitol na textura de barras de cereais sem glúten. In: SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR E SAÚDE, 5., 2015, Rio Grande do Sul. **Anais...** Rio Grande do Sul: SBCTA, 2015.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 2 ed. Flórida: CRC Press, 1991, 354 p.

MENDEZ, L. M. R. **Processo de aglomeração de farinha de banana verde com alto conteúdo de amido resistente em leite fluidizado pulsado**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013., il. color.

MONTEIRO, S. Z. **Utilização de mesclas de farinha de arroz, inhame e quinoa na elaboração de disco de pizza pré-assado sem glúten e sem lactose**. 2013. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

MONTENEGRO, F. M. **Avaliação do desempenho tecnológico em misturas de farinhas de triticale e trigo em produtos de panificação**. 2011. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

MONTES, S. S. **Biscoito de farinhas de tapioca e de arroz: Propriedades tecnológicas, nutricionais e sensoriais**, 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

NADAL, J. **Desenvolvimento e caracterização de pão sem glúten tipo francês**. 2013. Dissertação (Mestrado em Segurança Alimentar e Nutricional) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

NASCIMENTO, A. B. do. **Desenvolvimento de produto alimentício sem glúten elaborado a partir da percepção de consumidores celíacos**. 2014. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

NASCIMENTO, K. O.; BARBOSA, M. I. M. J.; TAKEITI, C. Y. Doença celíaca: Sintomas, diagnóstico e tratamento nutricional. **Saúde em Revista**, Rio de Janeiro, v. v. 12, n. 30, p. 53-63, 2012, abr. 2012.

NOBRE, A. R. M. O. **Utilização de farinha de quinoa no desenvolvimento de pães sem glúten**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2015.

NOBRE, M. F. N. **Produção de pão a partir de Farinhas Extremes de Aveia**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar) – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2013.

OFFREDE, G. P. **Produção de pão com recurso a pré-fermentos Desenvolvimento de produtos numa unidade de panificação**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Gastronômicas) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2015.

OI, R.K; TAMBOURGI, E. B; MORAES, D de Jr. Dimensionamento da câmara de spray dryer pra produção de farinha de banana verde. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 20., 2014, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2014. v. 1, n. 2, p. 4842-4849.

OLIVEIRA, C. A. O de; ANSELMINI, A.A; KOLLING, D.F; FINGER, M. I. F; CORTE, V. F. D; DILL, M. D. Farinha de Arroz e Derivados: alternativas para a cadeia produtiva do arroz no Rio Grande do Sul, 2011, Porto Alegre/RS. **Anais...** Porto Alegre: PUC – RS, 2011.

OLIVEIRA, N. M. A. L.; MACIEL, J. F.; LIMA, A.S. L.; SALVINO, E. M.; MACIEL, C. E. P.; OLIVEIRA, D. P. M. N.; FARIAS, R. L. C de. Características físico-químicas e sensoriais de pão de forma enriquecido com concentrado proteico de soro de leite e carbonato de cálcio. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 70, n. 1, p. 16-22. 2011.

ORMENESE, R. C. S. C. **Obtenção da farinha de banana verde por diferentes processos de secagem e aplicação em produtos alimentícios**. 2010. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2010.

PAIM, V; SCHUCK, C. O custo da alimentação sem glúten no Brasil. **Revista sem glúten e sem alergias**. 2010. Disponível em: < <http://www.vidasemglutenealergias.com/o-custo-da-alimentacao-sem-gluten-no-brasil/609/>>. Acesso em: 20 maio 2015.

PAPPEN, D. R. H. P. **Elaboração e caracterização de biscoitos sem glúten a partir de farinha de amaranto, milho e arroz**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de

Alimentos) – Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Regional Integrada do Auto Uruguai e das Missões. Erechim, 2013.

PEREIRA, J.; CIACCO, C. F.; VILELA, E. R.; PEREIRA, R. G. F. A. Função dos ingredientes na consistência da massa e nas características do pão de queijo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 495-500, out./dez. 2004.

PEREIRA, B. S.; PEREIRA, B. S.; CARDOSO, E. S.; MENDONÇA, J. O. B.; SOUZA, L. B. de.; SANTOS, M. P. dos.; ZAGO, L.; FREITAS, S. M. L. Análise físico-química e sensorial do pão de batata isento de glúten enriquecido com farinha de chia. **DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 8, n. 2, p. 125-136, 2013.

PHILIPPI, S. T. **Nutrição e técnica dietética**, Barueri: Editora Manole, 2003. 27 – 35 p.

PRATESI, R.; GANDOLFI, L. Doença celíaca: a afecção com múltiplas faces. **Jornal de Pediatria**, v. 81, n. 5, p. 357-358, 2005.

PREICHARDT, L. D.; VENDRUSCOLO, C. T.; GULARTE, M. A.; MOREIRA, A. D. S. Efeito da goma xantana nas características sensoriais de bolos sem glúten. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 3, n. 1, 2009.

RANIERI, L. M.; DELANI, T. C. O. Banana verde (*Musa spp*): obtenção da Biomassa e ações fisiológicas do Amido Resistente. **Revista UNINGÁ**. Paraná, vol.20, n.3, p. 43-49, out./dez. 2014.

RAMOS, D. P.; LEONEL, M.; LEONEL, S. Amido resistente em farinhas de banana verde. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 20, n. 3, p. 479-484, 2009.

RAMOS, N.C; BARRETO, P. T. L; SANDRI, G. I. Elaboração de pré-mistura para bolo sem glúten. **Alimentos e Nutrição**. Araraquara, v. 23, n.1, p. 33-38, 2012.

RAMOS, P. S. R. **Influência de emulsificantes e da enzima transglutaminase no desenvolvimento de pães modeláveis sem glúten**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Rio de Janeiro, 2013.

REIS, N. L. N. **Desenvolvimento de um mix para pão sem glúten: efeito do amido de arroz e modificado nas propriedades reológicas e de textura**. 2015. Dissertação (Mestrado em Empreendedorismo e Inovação na Indústria Alimentar) - Instituto Politécnico de Viana do Castelo, 2015.

ROSTOM, A.; MURRAY, J. A.; KAGNOFF, M. F. American Gastroenterological Association (AGA) Institute technical review on the diagnosis and management of celiac disease. **Gastroenterology**, v. 131, n. 6, p. 1981-2002, 2006.

SALAS, A. G. V. **Elaboração de produtos com características funcionais à base de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*)**. 2011. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Bioquímica-Farmacêutica- Área Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011., il. color.

SANTOS, A. P. A.; MONTEIRO de, C. S.; ARANTES, H. F.; COSTA, M. S.; ROSA, R. M.; RIBEIRO, G. M. Doença Celíaca: caminhos para o diagnóstico. **Revista Médica**, Minas Gerais, 2014, vol. 24, n.3, p. 381-387.

SANTOS, Juliana Ferreira dos. **Avaliação das propriedades nutricionais de barras de cereais elaboradas com farinha de banana verde**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SEVERO, M.G; MORAES, K. e RUIZ, W.A. Modificação enzimática da farinha de arroz visando a produção de amido resistente. **Química Nova**, Rio Grande, vol. 33, n.2, p. 345-350, 2010.

SHAN, L.; MOLBERG, O.; PARROT, I.; HAUSCH, F.; FILIZ, F.; GRAY, G. M. KHOSLA, C. Structural basis for gluten intolerance in celiac sprue. **Science**, v. 297, n. 5590, p. 2275-2279, 2002.

SILVA, C. A. da.; GOMES, J. C.; STALIANO, C. D.; FANNI, M. L.; CHAVES, M. Elaboração de pão sem glúten. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 306, p. 150, mar./abr.2006.

SILVA, J. P. da.; NETTO-OLIVEIRA, E. R.; PEREIRA, S. C. M.; MONTEIRO, A. R. G. Avaliação físico-química e sensorial de pães produzidos com substituição parcial de farinha de trigo por farinha de banana verde. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, Maringá, v. 5, n. 3, p. 1-7, 2014.

SILVA, J. F. da. **Desenvolvimento de mixes de panificação isentos de glúten a partir de subprodutos alimentares**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar). Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2014.

SILVA, T. S. G.; FURLANETTO, T. W. Diagnóstico de doença celíaca em adultos. **Revista Associação Médica Brasileira**, Porto Alegre, vol. 56, n.1, p. 122- 126, 2010.

SOUZA, V. M. de.; SILVA, F. V. da.; SILVA, J. D. F. da.; LUCHIARI, I.; GULARTE, M. A. Efeito da farinha de arroz nas características físicas de pães. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS, XXVI. 2014, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UFPEL, 2014.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 3 ed. Boston: Elsevier Academic Press, 1993, 377 p.

STORCK, C. R.; PEREIRA, J. M.; PEREIRA, J. W.; RODRIGUES, A. O.; GULARTE, M. A.; DIAS, A. R. G. Características tecnológicas de pães elaborados com farinha de arroz e transglutaminase. **Brazilian Jornal Food**, p. 171-177, 2009.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 4. ed. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2011.

TEIXEIRA, C. A. H. M. **Efeito da radiação ionizante em diferentes tipos de farinhas utilizadas em tecnologia de panificação**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear –

Aplicações) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

TURABI, E.; SUMMU, G.; SAHIN, S. Quantitative analysis of macro and micro-structure of gluten free rice cakes containing different types of gums baked in different ovens. **Food Hydrocolloids**, v. 24, n. 8, p. 755-762, 2010.

VERNAZA, M. G.; GULARTE, M. A.; CHANG, Y. K. Addition of green banana flour to instant noodles. Rheological and Technological Properties. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1157-1165, nov./dez., 2011.

VIEIRA, J. C.; MONTENEGRO, F. M.; LOPES, A. S.; PENA, R. S. Influência da adição de fécula de mandioca nas características do pão tipo chá. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 28, n. 1, p. 37-48, jan./jun. 2010.

VIEIRA, E. L.; MORESCO, J. Implicações da dieta isenta de glúten nas relações sociais de indivíduos celíacos. In: SALÃO DO CONHECIMENTO, 20. 2015, Unijuí. **Anais...** Unijuí: Universidade Regional, 2015.

WEBER, F. H. **Interações físico-químicas entre amido de milho e hidrocolóides (goma guar e xantana) e seus efeitos nas propriedades funcionais**. 2005. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

WELLER, M. R. **Adesão à dieta e análise sensorial de um produto isento de glúten por portadores de doença celíaca**. 2013. Monografia (Graduação em Nutrição) – Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013.

WIESER, H. Chemistry of gluten proteins. **Food Microbiology**, v. 24, n. 2, p. 115-119, 2007.

ZIGLIO, B. R.; BEZERRA, J. R. M. V.; BRANCO, I. G.; BASTOS, R.; RIGO, M. Elaboração de pães com adição de farinha de sabugo de milho. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 9, n. 1, jan./jun.2007.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre Esclarecido.

<p style="text-align: center;"><b>Termo de Consentimento Livre Esclarecido</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso: Pão sem glúten com farinhas de arroz e banana verde</b></p> <p>Convidamos você a participar de uma análise sensorial de pão sem glúten com farinhas de arroz e banana verde. Essa análise faz parte de um projeto de TCC desenvolvido no curso de Engenharia de Alimentos – UFMA. Portanto, se você tiver algum problema com relação à ingestão de produtos sem glúten, tais como: alergia ou qualquer outro problema de saúde NÃO poderá participar dos testes. A sua identidade será preservada. Caso concorde em participar, por favor, assine o seu nome abaixo, indicando que leu e compreendeu a natureza e o procedimento do estudo e que todas as dúvidas foram esclarecidas.</p> <p>Data ___/___/___</p> <p>Nome: _____</p> <p>Assinatura: _____</p>
---

**APÊNDICE B** - Ficha de avaliação sensorial do pão de forma sem glúten com farinhas de arroz e banana verde e adição de hidrocolóides.

Nome: \_\_\_\_\_ Sexo: M ( ) F ( )

Faixa etária: ( ) 18 a 25 anos ( ) 26 a 35 anos ( ) 36 a 50 anos ( ) acima de 51 anos

Escolaridade: \_\_\_\_\_

Estamos realizando um teste de aceitação com o **pão sem glúten com farinhas de arroz e banana verde**, e gostaríamos de conhecer a sua opinião. Caso você esteja interessado em participar, por favor, responda a ficha abaixo.

1. Indique a frequência com que você consome pão sem glúten:

- ( ) Diariamente  
 ( ) 2 a 3 vezes/semana  
 ( ) 1 vez/semana  
 ( ) Quinzenalmente  
 ( ) Mensalmente  
 ( ) Semestralmente  
 ( ) Nunca

2. Marque com um X na escala abaixo o quanto você gosta ou desgosta de pão sem glúten:

- ( ) Gosto muito  
 ( ) Gosto moderadamente  
 ( ) Gosto ligeiramente  
 ( ) Nem gosto nem desgosto  
 ( ) Desgosto ligeiramente  
 ( ) Desgosto moderadamente  
 ( ) Desgosto muito

3. Você está recebendo uma amostra de pão sem glúten com farinhas de arroz e banana verde. Por favor, avalie a amostra utilizando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou com relação à **COR DA CASCA, AROMA, SABOR, TEXTURA, APARÊNCIA DO MIOLO, e IMPRESSÃO GLOBAL**.

#### ESCALA

9. Gostei muitíssimo  
 8. Gostei muito  
 7. Gostei moderadamente  
 6. Gostei ligeiramente  
 5. Nem gostei nem desgostei  
 4. Desgostei ligeiramente  
 3. Desgostei moderadamente  
 2. Desgostei muito  
 1. Desgostei muitíssimo

AMOSTRA	COR DA CASCA	AROMA	SABOR	TEXTURA	APARÊNCIA DO MIOLO	IMPRESSÃO GLOBAL

4. Caso a amostra estivesse no mercado, assinale com um X utilizando a escala abaixo, qual seria a sua atitude quanto à compra do produto:

#### ESCALA

5. Certamente compraria ( )  
 4. Provavelmente compraria ( )  
 3. Tenho dúvidas se compraria ( )  
 2. Provavelmente não compraria ( )  
 1. Certamente não compraria ( )

Comentários: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_