

**UFRRJ**

**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**DISSERTAÇÃO**

**Elaboração de recheios à base de polpas de frutas para  
injeção em biscoitos de cereais integrais obtidos por  
coextrusão.**

**Ana Carolina Sergio Almeida**

**2016**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DE ALIMENTOS**

**ELABORAÇÃO DE RECHEIOS À BASE DE POLPAS DE FRUTAS  
PARA INJEÇÃO EM BISCOITOS DE CEREAIS INTEGRAIS OBTIDOS  
POR COEXTRUSÃO.**

**ANA CAROLINA SERGIO ALMEIDA**

*Sob a orientação do Professor*

**Dr. Carlos Wanderlei Piler de Carvalho**

*e co-orientação da*

**Dra. Virgínia Martins da Matta**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, no Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos, Área de Concentração Tecnologia de Alimentos.

Seropédica, RJ  
Março, 2016.

664

A447e

T

Almeida, Ana Carolina Sergio, 1988-  
Elaboração de recheio à base de  
polpa de fruta para injeção em  
biscoitos de cereais integrais obtido  
por coextrusão / Ana Carolina Sergio  
Almeida - 2016.  
76 f. : il.

Orientador: Carlos Wanderlei Piler  
de Carvalho.

Dissertação (mestrado) -  
Universidade Federal Rural do Rio de  
Janeiro, Curso de Pós-Graduação em  
Ciências e Tecnologia de Alimentos.

Bibliografia: f. 55-66

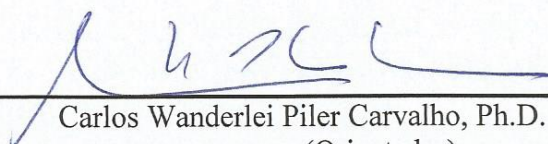
1. Tecnologia de alimentos - Teses.  
2. Frutas - Teses. 3. Reologia -  
Teses. I. Carvalho, Carlos Wanderlei  
Piler de. 1967-. II. Universidade  
Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso  
de Pós-Graduação em Ciências e  
Tecnologia de Alimentos. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS**

**ANA CAROLINA SERGIO ALMEIDA**

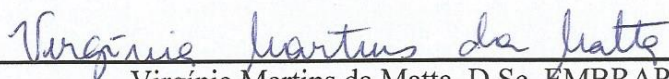
Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, área de concentração em Tecnologia de Alimentos.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 03/03/2016.



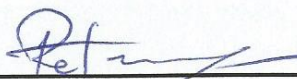
---

Carlos Wanderlei Piler Carvalho, Ph.D. EMBRAPA  
(Orientador)



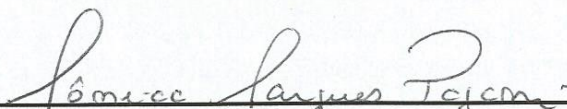
---

Virgínia Martins da Matta, D.Sc. EMBRAPA  
(Co-orientadora)



---

Renata Torrezan, D.Sc. EMBRAPA



---

Mônica Marques Pagani, D.Sc. UFRRJ

## RESUMO

ALMEIDA, Ana Carolina Sergio. **Elaboração de recheios à base de polpas de frutas para injeção em biscoitos de cereais integrais obtidos por coextrusão**. 2016. 76p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

Apesar da preocupação atual com uma alimentação cada vez mais natural, sabe-se que os alimentos industrializados ou super processados estão cada vez mais presentes nos hábitos alimentares da população. Dentro desse grupo de alimentos, os biscoitos doces recheados ganham destaque, sendo caracterizados pelo elevado teor calórico que se deve aos altos teores de gorduras e açúcares presentes em suas formulações. O processo de extrusão termoplástica encontra-se muito difundido na categoria de biscoitos salgados, principalmente aqueles à base de milho, mas essa tecnologia pode ser aplicada também no desenvolvimento de biscoitos doces recheados. Formulações à base de cereais integrais conferem ao biscoito melhorias nas propriedades nutricionais, pelo aumento do teor de fibras alimentares, principalmente as insolúveis. Para manter esse benefício nutricional, faz-se necessária a incorporação de um recheio doce que também agregue benefícios funcionais ao produto final. As frutas são boas opções para este tipo de produto, pelos seus benefícios sensoriais, além dos elevados teores de fibras solúveis e antioxidantes. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi desenvolver formulações para recheios de biscoito processado por coextrusão, diferenciado em relação aos que existem atualmente no mercado, que apresentam altos teores de gordura vegetal saturada. Os biscoitos foram desenvolvidos com farinhas de cereais integrais como milho, arroz e sorgo, em proporções equivalentes e os recheios foram elaborados com diferentes polpas de frutas (goiaba, açaí e abacaxi), sacarose, glicose em pó, pectina de alta e baixa metoxilação (ATM e BTM), polióis, maltodextrina, ácido cítrico como acidulante, citrato de sódio como estabilizante e benzoato de sódio como conservador. Um dos parâmetros importantes na elaboração das formulações era a baixa atividade de água dos recheios, que ficou na faixa de 0,6, inferior ao desejável (0,5). A caracterização físico-química dos recheios mostrou que o pH das formulações ficou próximo a 4,5, principalmente o recheio de açaí e também apresentaram um elevado teor de sólidos totais devido a alta concentração no processamento. Com relação à avaliação reológica, os recheios elaborados com os três tipos de polpa apresentaram comportamento pseudoplástico, e o modelo de Herschel-Bulkley foi o que melhor descreveu o escoamento. Além disso, o recheio de goiaba se mostrou mais estruturado fisicamente e sofreu menos o efeito do aumento de temperatura. A avaliação da estabilidade dos biscoitos já recheados, ao longo do armazenamento, pelos testes de textura instrumental mostrou que o equilíbrio entre as duas matrizes (biscoito e recheio) foi atingido entre o oitavo dia e o décimo quinto dia de armazenamento. A comparação da composição centesimal dos biscoitos desenvolvidos com similares existentes no mercado mostrou que houve uma redução do teor de lipídeos e do teor calórico e aumento do teor de fibras solúveis, principalmente para o biscoito recheado de goiaba.

**Palavras Chave:** Formulação, Frutas, Extrusão, Recheio, Reologia.

## ABSTRACT

ALMEIDA, Ana Carolina Sergio. **Filling preparing the fruit pulp base for injection in whole grain crackers obtained by coextrusion**. 2016. 76p. Dissertation (Masters in Food Science and Technology). Institute of Technology, Department of Food Technology, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

Despite the current preoccupation with an increasingly natural food, it is known that industrialized or highly processed foods are increasingly present in food habits of the population. Within this group of foods, stuffed sweet biscuits are highlighted, being characterized by high calorie that is due to high levels of fats and sugars present in their formulations. The process of thermoplastic extrusion is widespread in the category of crackers, especially those based on corn, but this technology can also be applied in the development of sweet biscuits stuffed. Whole cereal cracker formulations provide improvements in the nutritional properties, by increasing the content of dietary fiber, particularly insoluble. To maintain nutritional benefit, it is necessary to incorporate a sweet fillings which also adds functional benefits to the final product. The fruits are good choices for this type of product, its sensory benefits, in addition to high levels of soluble fiber and antioxidants. Thus, the aim of this study was to develop formulations for biscuit fillings processed by coextrusion, differentiated in relation to that currently exist in the market which have high levels of saturated vegetable fat. The biscuits were developed with whole grain flours such as corn, rice and sorghum, in equivalent proportions and the fillings were made with different fruit pulps (guava, açaí and pineapple), sucrose, glucose powder, high pectin and low methoxyl (ATM and BTM), polyols, maltodextrin, citric acid as an acidulant, sodium citrate as a stabilizer and sodium benzoate as a preservative. One of the important parameters in the preparation of the formulations was the low water activity of the fillings, which was in the range of 0.6, lower than desirable (0.5). The físico-chemical characterization of fillings showed that the pH of the formulations was close to 4.5, especially the filling of Açaí and also showed a high content of total solids due to the high concentration in the processing. With respect to rheological evaluation, the fillings made of the three types of pulp presented pseudoplastic behavior, and the model of Herschel-Bulkley was the best in describing the flow. In addition, the guava was more structured and less physically suffered the effects of temperature rise. The evaluation of the stability of the already filled biscuits, during storage, by instrumental texture tests demonstrated that the balance between the two dies (and biscuit filling) has been reached between the eighth day and the fifteenth day of storage. Comparison of the chemical composition of cookies developed with similar existing in the market showed that there was a reduction of lipid content and calorie and increased soluble fiber content, especially for the biscuit guava stuffed.

**Keywords:** Formulation, Fruits, Extrusion, Filling, Rheology.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Principais países produtores de frutas-2012. ....	5
Tabela 2. Produção de goiaba no Brasil -2011. ....	7
Tabela 3. Ingredientes para as formulações. ....	22
Tabela 4. Perfil de temperatura da coextrusora .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabela 5. Atividade de água das formulações teste de recheio de goiaba variando-se o teor de polpa. ....	29
Tabela 6. Atividade de água e sólidos solúveis das formulações teste de recheios de goiaba e açaí, variando-se os hidrocoloides. ....	30
Tabela 7. Atividade de água e sólidos solúveis da formulação teste de recheio de goiaba e de açaí com adição de amido. ....	30
Tabela 8. Atividade de água e sólidos solúveis da formulação teste de recheio de goiaba e de açaí com adição de inulina. ....	31
Tabela 9. Atividade de água e sólidos solúveis da formulação teste de recheio de goiaba com adição de glicerol e sorbitol. ....	31
Tabela 10. Atividade de água e sólidos solúveis da formulação teste de recheio de goiaba com adição de glicose. ....	33
Tabela 11. Atividade de água e sólidos solúveis da formulação teste de recheio de goiaba com adição de maltodextrina. ....	33
Tabela 12. Viscosidade aparente dos testes 16 e 17, a uma taxa de deformação de $100 \text{ s}^{-1}$ . ...	34
Tabela 13. Atividade de água e sólidos solúveis da formulação teste de recheio de goiaba, abacaxi e açaí com aumento do teor de sólidos solúveis finais. ....	34
Tabela 14. Avaliação físico-química das polpas de frutas. ....	36
Tabela 15. Avaliação físico-química dos recheios elaborados. ....	37
Tabela 16. Dados da varredura de tensão para as três formulações. ....	38
Tabela 17. Dados de crossover para as três formulações. ....	40
Tabela 18. Magnitude de $G'/G''$ a diferentes frequências (f). ....	41
Tabela 19. Recuperação (%) dos recheios formulados. ....	42
Tabela 20. Parâmetros do modelo Ostwald de Waele para os recheios de goiaba, abacaxi e açaí. ....	44
Tabela 21. Parâmetros do modelo Herschel-Bulkley para os recheios de goiaba, abacaxi e açaí. ....	44
Tabela 22. Parâmetros do modelo de Casson para os recheios de goiaba, abacaxi e açaí. ....	45
Tabela 23. Parâmetros do modelo de Bingham para os recheios de goiaba, abacaxi e açaí. ...	45
Tabela 24. Valores e Energia de Ativação ( $E_a$ ) e índice de correlação ( $R^2$ ). ....	49
Tabela 25. Teste de resistência a flexão. ....	50
Tabela 26. Teste de resistência ao corte. ....	50
Tabela 27. Avaliação microbiológica dos biscoitos recheados frescos. ....	52
Tabela 28. Avaliação microbiológica dos biscoitos recheados armazenados ao longo de 30 dias. ....	52

Tabela 29. Composição centesimal dos snacks recheados formulados e de amostras comerciais.....	53
--	----



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Principais estados produtores de açaí em grãos no Brasil -2011 .....	6
Figura 2. Classificação do comportamento reológico de diferentes tipos de suspensões.....	14
Figura 3. Rampa de cisalhamento.....	15
Figura 4. Curvas de viscosidade.....	16
Figura 6. Representação gráfica de sistemas com polissacarídeos típicos: (A) gel forte; (B) solução concentrada; (C) solução diluída. Fonte: Morris (1995).....	18
Figura 5. Resposta típica de uma varredura de deformação ou tensão mostrando a região de viscoelasticidade linear definida pelo valor crítico do parâmetro de varredura.....	17
Figura 7. Extrusora de duplo parafuso com matriz de coextrusão e bomba de alimentação do recheio.....	25
Figura 8. Reômetro Haake Mars II.....	26
Figura 9. Teste de resistência a flexão.....	27
Figura 10. Teste de resistência ao corte.....	27
Figura 11. Ensaio de formulação: teste 1, 2 e 3 para polpa de goiaba.....	29
Figura 13. Biscoitos extrudados recheados.....	36
Figura 12. Biscoitos extrudados saindo da matriz coextrusora cortados manualmente.....	35
Figura 14. Varreduras de Tensão dos recheios de goiaba, abacaxi e açaí a 25°C.....	38
Figura 15. Varredura de Tensão dos recheios de goiaba, abacaxi e açaí a 65°C.....	38
Figura 16. Varredura de tensão para os recheios de goiaba, abacaxi e açaí a 25°C.....	39
Figura 17. Varredura de tensão para os recheios de goiaba, abacaxi e açaí a 65°C.....	39
Figura 18. Varredura de frequência dos recheios de goiaba, abacaxi e açaí a 25°C.....	40
Figura 19. Varredura de frequência dos recheios de goiaba, abacaxi e açaí a 65°C.....	40
Figura 20. Teste de fluência e recuperação dos recheios de goiaba, abacaxi e açaí a 65°C.....	42
Figura 21. Curvas de fluxo a diferentes temperaturas do recheio de goiaba.....	43
Figura 22. Curvas de fluxo a diferentes temperaturas do recheio de abacaxi.....	43
Figura 23. Curvas de fluxo a diferentes temperaturas do recheio de açaí.....	43
Figura 24. Curvas de viscosidade a diferentes temperaturas do recheio de goiaba.....	46
Figura 25. Curvas de viscosidade a diferentes temperaturas do recheio de abacaxi.....	47
Figura 26. Curvas de viscosidade a diferentes temperaturas do recheio de açaí.....	47
Figura 27. Ajuste da viscosidade aparente pela equação de Arrhenius para recheio de goiaba.....	48
Figura 28. Ajuste da viscosidade aparente pela equação de Arrhenius para recheio de abacaxi.....	48
Figura 29. Ajuste da viscosidade aparente pela equação de Arrhenius para recheio de açaí.....	48
Figura 30. Embalagem com biscoitos recheados.....	49

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Objetivos Específicos</b> .....	<b>3</b>
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>4</b>
<b>3.1 Produção e consumo de frutas</b> .....	<b>4</b>
3.1.1 Açaí.....	5
3.1.2 Goiaba .....	6
3.1.3 Abacaxi.....	7
<b>3.2 Recheios</b> .....	<b>7</b>
3.2.1 Constituintes.....	7
<b>3.3 Processo de elaboração</b> .....	<b>11</b>
3.3.1 Coextrusão .....	11
<b>3.4 Determinações</b> .....	<b>12</b>
3.4.1 Atividade de água (Aw) .....	12
3.4.2 Textura .....	13
3.4.3 Propriedades reológicas .....	13
3.4.3.4 Modelos matemáticos.....	18
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>21</b>
<b>4.1 Matérias-primas e ingredientes</b> .....	<b>21</b>
<b>4.2 Métodos</b> .....	<b>23</b>
4.2.1 Desenvolvimento do recheio .....	23
4.2.2 Processo de coextrusão .....	23
4.2.4 Comportamento reológico .....	25
4.2.5 Determinação da estabilidade do recheio.....	26
4.2.6 Análise microbiológica .....	28
4.2.7 Composição centesimal.....	28
4.2.8 Análise estatística .....	28
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>28</b>
<b>5.1 Desenvolvimento do recheio</b> .....	<b>28</b>
5.1.1 Testes preliminares .....	28
5.1.2. Ajuste da formulação final .....	34
<b>5.2 Produtos coextrudados</b> .....	<b>35</b>
<b>5.3 Determinações físico-químicas</b> .....	<b>36</b>
<b>5.4 Comportamento reológico</b> .....	<b>37</b>
5.4.1. Regime oscilatório .....	37
5.4.2. Regime estacionário .....	42
<b>5.5 Textura instrumental</b> .....	<b>49</b>
<b>5.6 Avaliação microbiológica</b> .....	<b>50</b>
<b>5.7 Composição centesimal</b> .....	<b>52</b>
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	<b>54</b>
<b>7 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>54</b>
<b>8 BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de coextrusão vem ganhando um papel importante na área de tecnologia de alimentos nas últimas décadas, o que pode ser verificado pelo aumento na produção mundial de produtos como biscoitos recheados, cereais matinais, alimentos para bebês, entre outros. Biscoitos recheados são produtos obtidos por coextrusão e consistem de duas fases, sendo uma delas constituída, em sua maior porção, de amido (cereais) e a outra, de um recheio, o qual pode ser doce ou salgado. A escolha de farinhas integrais para a elaboração dos extrudados, em detrimento das farinhas refinadas, confere ao produto melhorias nas características nutricionais, pelo aumento do teor de fibras alimentares. Essas fibras, que em cereais encontram-se em grande parte na sua forma insolúvel, estão relacionadas à regulação intestinal, pelo aumento do peristaltismo (movimentos do sistema digestivo) devido ao aumento do bolo fecal pela absorção de água.

Para um biscoito que apresenta boas propriedades nutricionais pela presença de fibras alimentares e diferenciado em relação aos existentes no mercado, por não apresentar gordura em sua formulação, necessário é interessante a incorporação de um recheio que preserve os benefícios nutricionais do produto final. Desta forma, o recheio de frutas é o mais indicado, agregando ainda mais benefícios no consumo do produto final. Além disso, a grande oferta de frutas no Brasil, que é o terceiro maior produtor mundial, depois da China e da Índia, propicia sua utilização não apenas no consumo *in natura*, mas também como ingrediente de alimentos formulados.

Recheio de fruta é um produto pouco estudado e com poucos trabalhos desenvolvidos. A sua formulação deve levar em conta uma série de fatores que são inerentes às suas aplicações, incluindo a estabilidade durante os tratamentos com calor, como cozimento, e frio, como congelamento, durante os quais a sua qualidade deve permanecer intacta. Na elaboração de recheios, diversos ingredientes que atuam alterando as suas propriedades como reologia, cor, estabilidade no interior do biscoito e aceitabilidade são importantes. A sacarose é um carboidrato que, além de conferir doçura, oferece propriedades estruturais, bem como melhoria da textura. A alteração das propriedades reológicas do meio ao qual a sacarose é adicionada está relacionada, entre outras coisas, com a capacidade de retenção de água por parte de suas moléculas. Além da sacarose, outros ingredientes podem ser adicionados, como os polióis, maltodextrina, pectina, ácidos e conservadores.

O controle da umidade inicial e da umidade de migração é fundamental para a qualidade e segurança dos alimentos. Esse controle é dependente, principalmente, da atividade de água. A adição de sólidos solúveis, como, por exemplo, sacarose ou sais, é uma alternativa eficaz para a redução da atividade de água. Quando um biscoito crocante, de baixa atividade de água, é colocado em contato com um recheio de alta atividade de água, para que o equilíbrio se estabeleça, o recheio libera água para a fase amilácea do biscoito e desta forma ocorre perda de crocância e textura, características desse tipo de produto. Para que esse problema não ocorra, é necessário que os recheios tenham uma atividade de água igual ou inferior a 0,5. A determinação da estabilidade dos biscoitos recheados, através de análises de textura instrumental, é importante para avaliar o período em que o equilíbrio entre a matriz amilácea e o recheio ocorre, além de quantificar as alterações ao longo do armazenamento.

A caracterização reológica de recheios de frutas serve como instrumento para a indústria de alimentos na caracterização física de matérias primas e produtos acabados antes do processamento e durante a fabricação, contribuindo para o controle de qualidade do

produto, prospecção de projetos de tubulações e bombas, sistemas de agitação e mistura, esterilização, estocagem, concentração, resfriamento e outros. Modelos matemáticos são continuamente utilizados para descrever o comportamento dos fluidos e gerar variáveis que quantifiquem este comportamento.

Neste estudo foram elaborados biscoitos à base de cereais integrais, como milho, arroz e sorgo, e formulações de recheios de goiaba, abacaxi e açaí, sem a adição de qualquer tipo de gordura, tornando, portanto, este experimento, um grande desafio.

## 2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do presente estudo é o desenvolvimento de recheios à base de polpas de goiaba, abacaxi e açaí, com propriedades físico-químicas que permitam o seu uso para injeção em biscoitos coextrudados. Adicionalmente, os biscoitos recheados devem apresentar boa estabilidade, de forma a garantir a qualidade e segurança do produto final.

### 2.1 Objetivos Específicos

- Desenvolver as formulações mais adequadas para os recheios a partir de polpas de frutas selecionadas: açaí, abacaxi e goiaba, sem adição de gordura e com baixa atividade de água;
- Determinar as características físico-químicas das polpas de frutas e dos recheios desenvolvidos;
- Determinar as características reológicas dos recheios desenvolvidos;
- Determinar a estabilidade física dos biscoitos injetados com os recheios desenvolvidos.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Produtos com características funcionais têm sido cada vez mais explorados pelo mercado em função da demanda dos consumidores por alimentos mais saudáveis (BIGLIARD; GALATI, 2013). Entre estes, podem ser destacadas as fibras alimentares, que atuam na promoção da saúde e na prevenção de doenças (SHADIDI, 2000). Nas últimas décadas, o desenvolvimento de produtos e ingredientes com alto teor de fibras aumentou, de modo a assegurar a ingestão adequada destes nutrientes (BAIXAULI et al., 2008). A aceitação desses produtos, por parte de alguns consumidores, ainda é limitada, devido às alterações sensoriais causadas pela inserção das fibras. Sendo assim, mesmo para aqueles consumidores dispostos a comprometer o sabor em função da ingestão de alimentos mais saudáveis, a indústria deve estudar continuamente meios para evitar alterações significativas de sabor em alimentos com fonte de fibras (VERBEKE, 2006).

Por outro lado, com o aumento da urbanização e da industrialização em detrimento de estilos de vida tradicionais, verificam-se mudanças comportamentais nas comunidades, principalmente no âmbito dos hábitos alimentares. Dietas com alto valor energético e altos teores de açúcares, aliadas ao sedentarismo são consideradas as principais causas da obesidade (WHO, 2000). Outras doenças, relacionadas ao aumento da obesidade, estão cada vez mais presentes na população mundial, como, por exemplo, diabetes, doenças cardiovasculares, hipertensão e muitos tipos de câncer, aumentando assim os índices de mortalidade (LAZAR, 2005; PAN, 2005). Observa-se assim, um crescente aumento da preocupação com a escolha do alimento, de forma a se ter uma alimentação mais saudável (SUN, 2007).

O potencial benefício do consumo de frutas tropicais se deve aos seus teores de antioxidantes, ou seja, de compostos bioativos (ROSSO, 2013). Nos últimos anos, mais atenção tem sido dada aos antioxidantes contidos nas frutas, pois estudos epidemiológicos revelam que a ingestão elevada de frutas está associada à redução da mortalidade e morbidade das doenças cardiovasculares (KAUR; KAPOOR, 2001). Segundo Dauch *et al.* (2006), que realizaram um levantamento de dados em bases científicas de 1970 a janeiro de 2006, o aumento do consumo de frutas, em porções diárias, reduziria em 4% as mortes por doenças coronárias e cerca de 5% de mortes por acidente vascular cerebral.

#### 3.1 Produção e consumo de frutas

O Brasil possui um grande número de espécies frutíferas nativas de potencial interesse para a agroindústria (ALVES; BRITO; RUFINO; SAMPAIO, 2008) e está em terceiro lugar na produção de frutas frescas e processadas em todo o mundo, após China e Índia, conforme mostrado na Tabela 1 (FAO, 2009). Para frutas tropicais, o Brasil é considerado o maior produtor do mundo; com 47% da sua produção voltada para o mercado de frutas frescas e 53% para processamento (BRASIL, 2009).

Em 2013, segundo o IBGE, a produção anual atingiu mais de 40 milhões de toneladas dos quais 682 mil toneladas de frutas foram exportadas, principalmente para a União Européia que adquiriu 81,6 % do volume exportado (SEAB-DERL, 2012). Essa exportação desempenha um papel econômico importante no mercado internacional, que inclui alguns países da América tropical (MILJKOVIC; BIGNAMI, 2002).

Nos últimos anos, o consumo de frutas não é mais apenas um resultado da preferência pessoal pelo sabor, e sim uma preocupação de saúde em função dos seus teores de nutrientes e micronutrientes, como, por exemplo, minerais, fibras, vitaminas e compostos fitoquímicos. Evidências crescentes mostram a importância dos micronutrientes para a saúde humana (OBON; DIAZ-GARCIA; CASTELLAR, 2011). A partir de todos os benefícios potenciais, a Organização Mundial de Saúde recomendou a ingestão diária de no mínimo 400g de frutas e hortaliças, que equivale aproximadamente a cinco porções (WHO, 2003).

Segundo o IBGE (2010), em sua Pesquisa de Orçamento Familiar, foi observado que a população está consumindo apenas 25% da quantidade recomendada para o consumo de frutas e hortaliças e de acordo com a Pesquisa de Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas (Vigitel\_2013), apenas 36% dos brasileiros consomem cinco ou mais porções de frutas e hortaliças diariamente (BRASIL, 2010).

Uma das estratégias para se aumentar o consumo de frutas e hortaliças é por meio de sua utilização como ingredientes, sendo um desafio cada vez maior da indústria de alimentos o desenvolvimento de produtos saudáveis, com baixo valor calórico, ricos em compostos bioativos, seguros e que preservam as características sensoriais das frutas. Alia-se a isso, a elevada perecibilidade dos frutos tropicais e o fato da maior parte da produção nacional estar localizada nas regiões Norte e Nordeste, requerendo um processamento dos mesmos.

**Tabela 1.** Principais países produtores de frutas-2012.

PAÍS	ÁREA (ha)	PRODUÇÃO (t)	% PRODUÇÃO
CHINA	14.401.937	227.492.666	29,4
INDIA	6.360.595	72.472.580	9,4
BRASIL	2.442.786	41.023.611	5,3
ESTADOS UNIDOS	1.221.109	29.244.549	3,8
TURQUIA	1.369.662	20.727.160	2,7
INDONESIA	836.676	18.395.004	2,4
MEXICO	1.314.425	17.526.306	2,3
IRÃ	1.251.409	17.221.650	2,2
FILIPINAS	1.247.551	16.485.422	2,1
ESPANHA	1.584.900	15.720.947	2,0
DEMAIS 196 PAÍSES	29.351.667	297.533.116	38,4
<b>TOTAL</b>	<b>61.382.717</b>	<b>773.843.011</b>	<b>100,0</b>

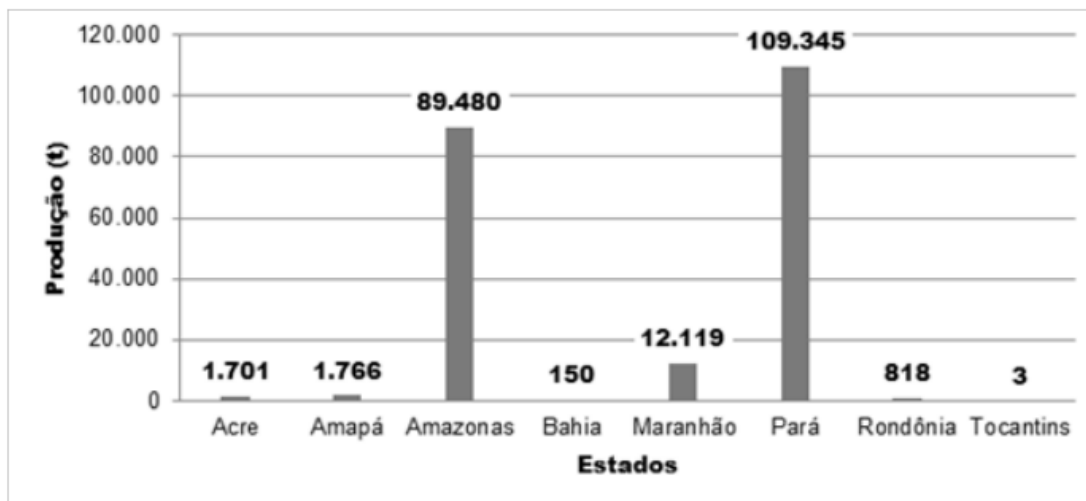
Fonte: FAO, Elaboração: SEAB/DERAL

Um das principais formas de consumo das frutas é como suco ou polpa, que, por sua vez, podem ser utilizados como matérias-primas na obtenção de vários outros produtos tais como geleias, doces ou recheios.

Neste trabalho foram utilizadas as polpas de goiaba, açaí e abacaxi. A seleção da polpa de goiaba foi devido à existência no mercado de produtos recheados com essa fruta. O açaí e o abacaxi, por outro lado, foram selecionados em função da inovação tecnológica que pode ser agregada a essas duas polpas de frutas.

### 3.1.1 Açaí

O açaí (*Euterpe oleracea* Mart) é um fruto de grande consumo, produzido essencialmente na região Norte do Brasil. Em 2011, a produção foi de 215,4 mil toneladas, sendo o Pará (109.345 t), Amazonas (89.480 t), Maranhão (12.119 t), Amapá (1.766 t) e Acre (1.701 t) os cinco principais produtores (Figura 1) (BRASIL, 2011).



**Figura 1.** Principais estados produtores de açaí em grãos no Brasil -2011

Fonte: IBGE – Produção de extração vegetal e da silvicultura.

O açaí é um fruto rico em nutrientes, com teores de proteínas variando de 8 a 12%; lipídeos de 32 a 48% e carboidratos totais de 36 a 52% (GORDON et al., 2012; SCHAUSS et al., 2006). Além disso, sua elevada atividade antioxidante deve-se à presença de compostos fenólicos, principalmente da classe dos flavonóides, as antocianinas. Estes compostos possuem a capacidade de inibir a ação dos radicais livres (GORDON, et al., 2012), o que, de uma forma geral, pode explicar a sua ação anti-inflamatória. Sendo também as responsáveis pela coloração característica do fruto (roxo a preto) (RATHEE et al., 2009; KANG et al., 2011).

O açaí é excessivamente perecível, com um tempo de conservação de no máximo 12 horas, sob refrigeração, o que, segundo Alexandre, Cunha, Hubinger (2004), pode ser explicado pela sua alta carga microbiana aliada à degradação enzimática, responsável pela alteração de coloração do fruto.

As propriedades antioxidantes e antimicrobianas de oito polpas de frutas tropicais foram avaliadas simultaneamente. As polpas de acerola e açaí foram as que apresentaram maior capacidade antioxidante e o extrato de tamarindo apresentou atividade antimicrobiana expressiva contra doenças causadas por *P. aeruginosa*, *E. coli*, *L.monocytogenes*, *Salmonellasp.* e *S. aureus*. Além disso, foi observado que a atividade antimicrobiana não pode ser atribuída apenas à presença de compostos fenólicos (PAZ et al., 2015).

### 3.1.2 Goiaba

Nativa dos trópicos, a goiaba vermelha (*Psidiumguajava*) é uma fruta de considerável valor nutricional devido à presença de vitaminas C, A e riboflavinas, fibras e minerais. Pode



ser consumida na sua forma natural ou processada em forma de polpas, doces, geleias, sucos ou desidratados (LEITE et al., 2006).

O Brasil encontra-se entre os 10 maiores produtores de goiaba (FAO, 2010). A produção está concentrada nas regiões Sudeste e Nordeste, nos estados de São Paulo, Pernambuco, Pará e Bahia, que juntos correspondem a 80% do total produzido no país (Tabela 2) (IBGE, 2011).

Tabela 2. Produção de goiaba no Brasil -2011.

Ranking	Região	%
1	Nordeste	44,3
2	Sudeste	43,5
3	Centro-Oeste	6,7
4	Sul	3,6
5	Norte	1,8

Fonte: IBGE, 2011.

A goiaba ocupa destaque entre as frutas tropicais devido ao seu alto teor nutritivo e elevada qualidade industrial (FRANCISCO et al., 2005). O processamento das polpas de goiaba interfere nos teores dos compostos bioativos, aumentando a concentração do licopeno, pelo aumento da sua biodisponibilidade e reduzindo a concentração de vitamina C. (SANTOS; RIASCOS, 2010).

### 3.1.3 Abacaxi

O abacaxi (*Ananascomosus*), da família da Bromeliaceae, é uma das frutas tropicais mais populares do mundo e tem o Brasil como um dos seus principais centros produtores (ROGÉRIO et al., 2007). Apresenta em sua constituição uma série de compostos antioxidantes ( $\beta$ -caroteno, compostos fenólicos) e suas características de sabor e aroma fazem do abacaxi um dos frutos tropicais mais importantes, cuja comercialização vem ganhando espaço no mercado mundial (SANTOS et al., 2010).

A produção mundial de abacaxi está entre 16 e 19 milhões de toneladas, e o Brasil encontra-se em segundo lugar como maior produtor, tendo um enorme mercado interno (FAO, 2010). As regiões Nordeste e Sudeste detêm os maiores cultivos, porém a planta encontra excelentes condições para o seu desenvolvimento e produção em quase todo o território brasileiro (BRASIL, 2000; MORGADO et al., 2004).

O resíduo da extração de suco da polpa de abacaxi pode ser reutilizado para diversos fins como fonte de compostos bioativos, dando origem a um novo produto. A secagem desses resíduos proporciona, por exemplo, o aumento das concentrações de compostos fenólicos quando comparados aos teores na casca do abacaxi fresco (SILVA et al., 2013).

## 3.2 Recheios

### 3.2.1 Constituintes

Os alimentos ultra processados, definidos como aqueles que estão prontos para consumo ou que necessitam de pouco aquecimento na preparação, estão cada vez mais presentes nos hábitos alimentares de crianças e adultos, tornando-se um problema de saúde pública uma vez que esses tipos de alimentos, em sua grande maioria, são ricos em gorduras saturadas, açúcares e sais, conferindo baixo valor nutricional e alta concentração calórica (TOLONI et al., 2011). Esse novo padrão alimentar tornou-se fator desencadeante de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), como o aumento da pressão arterial, diabetes mellitus e de excesso de peso (LOBANCO et al., 2009).

Dentro do perfil de consumo da população, os biscoitos recheados encontram-se na categoria de alimento ultraprocessado, com elevados teores de açúcares e gordura. Segundo Gagliardi, Filho & Santos (2009) que analisaram alguns alimentos industrializados, entre eles bolachas recheadas e biscoitos salgado sem recheio, mostraram quantidades elevadas de gorduras saturadas, 21% e 15% respectivamente. Ainda em outro estudo foi comparado o teor de açúcares e gorduras em recheios de bolachas doces e ao final do estudo, foi constatado que o recheio destas bolachas era formado por 65,4% de açúcares e 28,6% de lipídios (GOMES et al., 2010).

Longo-Silva *et al.* (2015) avaliaram vários alimentos ultra processados, dentre eles os biscoitos recheados, aplicando o conceito do “*Traffic Light Labelling*” que corresponde a uma classificação através das três cores do semáforo, onde o vermelho significa altas concentrações, o amarelo concentrações moderadas e o verde baixas concentrações. Desta forma, para biscoitos recheados os resultados apresentaram coloração vermelha para gordura total (23,7 g /100 g), gordura saturada (11,3 g /100 g) e teor de sódio (255,9 g /100 g).

O aumento das doenças crônicas derivadas dos hábitos alimentares fez crescer rapidamente a demanda por produtos naturais, saudáveis e à base de frutas e hortaliças, não apenas como produtos acabados, mas também como ingredientes a serem incluídos em alimentos mais elaborados, como sorvetes, cereais, laticínios, produtos de confeitaria e panificação (BRASIL, 2009; LIMA, 2004).

Para formulação de recheios à base de polpa de fruta, é necessária a adição de alguns constituintes, especificados a seguir, tais como carboidratos, polióis, ácidos e conservadores, de forma a se obter as características desejadas no produto final.

### **3.2.1.1 Sacarose**

A sacarose, dissacarídeo formado por glicose e frutose, além de conferir doçura, pode afetar propriedades físico-químicas de proteínas e emulsões de várias maneiras. A adição de açúcares conduz inicialmente a um aumento da viscosidade, especialmente em concentrações acima de 30% p/p (SEMENOVA; ANTIPOVA; BELYAKOVA, 2002). Além disso, proporciona a redução da atividade de água de sistemas, estendendo a validade comercial de produtos em relação aos aspectos físico-químico e microbiológicos (LUCHESE, GURAK, MARCZAK, 2015).

Hirashima, Takahashi e Nishinari (2005) compararam as propriedades reológicas das pastas de amido de milho com adição de sacarose antes e após o aquecimento das dispersões de amido. Os resultados mostraram que a viscosidade de pastas de amido aquecidos na presença de sacarose aumentou com o aumento da concentração de sacarose até 20% em peso e decresceu em concentrações mais elevadas. Nenhuma diminuição da viscoelasticidade dos

géis foi observada acima de 20% de sacarose, quando a sacarose foi adicionada depois de aquecer as dispersões de amido.

Alves *et al.*(2010) avaliaram o comportamento de polpas de frutas de pequi adicionadas de sacarose e álcool para a indução de cristalização e obtiveram polpas mais estáveis devido à formação de estruturas menos porosas e de menor absorção de água.

A adição de sacarose também é capaz de aumentar a temperatura de gelatinização e a entalpia, devido ao seu efeito anti-plastificante, com menor lixiviação de amilose em sistemas contendo amido de tapioca. A substituição parcial do amido por goma xantana e sacarose também apresenta melhorias na estabilidade das pastas gelatinizadas à base de amido de tapioca em termos de redução da retrogradação e alteração da viscosidade devido a influencia da temperatura (CHANTARO; PONGSAWATMANIT, 2010).

A obtenção de géis mais firmes e resistentes à ruptura também é possível com a adição de sacarose quando comparado a aqueles isentos dela (FIZMAN; DURAN, 1992). A presença deste carboidrato promove o aumento da atração intermolecular do polímero, mas também pode causar uma falta de homogeneidade quando em altas concentrações (WEINER; NUSSINOVITCH, 1994).

### **3.2.1.2 Glicose**

O processo de aquecimento necessário para obtenção de doces pode promover mudanças químicas na sacarose, convertendo-a em uma mistura de partes iguais de glicose e frutose. Estes monossacarídeos apresentam melhor solubilidade em água do que a sacarose e desta forma reduzem ou impedem o processo de cristalização. Além disso, a adição de glicose pode promover ainda a redução da sinérese (exudação), proporcionar mais brilho e sabor menos adocicado ao produto final. A substituição de sacarose por glicose pode ser realizada em proporções que variam de 5 a 15% (GAVA, 2008; JACKIX, 1988; SOLLER, 1995).

A glicose é o monossacarídeo cujo processo de obtenção é dos mais baratos e por isso é muito utilizado na indústria de alimentos, farmacêutica e química. Pode ser produzido por hidrólise de amido, que é facilmente acessível a partir da mandioca, batata e milho, por exemplo (SRISA-NGA *et al.*, 2006).

### **3.2.1.3 Maltodextrina**

Para algumas aplicações na indústria de alimentos, a doçura proporcionada pela adição de açúcares não é desejável. Desta forma, muitos esforços têm sido feitos para a obtenção de aditivos que não proporcionem doçura, mas que tenham ainda algumas características dos açúcares. A maltodextrina, composta por unidades de  $\beta$ -D-glicose ligadas em cadeias de comprimento variável, é um potencial substituto da sacarose. É geralmente produzida a partir de amido, por hidrólise parcial, e pode ser facilmente digerida e adsorvida (CHRONAKIS, 1998; CARVAJAL *et al.*, 1999).

A utilização da maltodextrina como aditivo foi estudada com o intuito de reduzir a viscosidade dos ingredientes alimentares obtendo resultados satisfatórios, pelo fato dela ser resistente à aglomeração, além de atuar como uma barreira ao oxigênio e ter excelente dispersibilidade e solubilidade (ADHIKARI *et al.*, 2004). Silva *et al.*(2006) utilizaram a

maltodextrina em suco de frutas para reduzir a viscosidade e melhorar a estabilidade do produto.

A maltodextrina também pode ser usada para proporcionar melhorias em alguns processamentos, como o de secagem, por exemplo. Oberoi e Sogi (2015) avaliaram o efeito do método de secagem (pulverização e liofilização) e da concentração de maltodextrina (3%, 5%, 7% e 10%) sobre as propriedades físico-químicas eo teor de licopeno do suco em pó de melancia. O aumento no teor de maltodextrina proporcionou uma redução da umidade do pulverizador e do pó liofilizado, além de reduzir também a viscosidade do sistema. Em contrapartida, acima de 5% o produto perdeu coloração.

#### **3.2.1.4 Polióis**

Polióis ou alcoóis de açúcar constituem um grupo de adoçantes que substituem o açúcar (em média 2,5 kcal/g, dependendo do poliol). Pela sua plasticidade e propriedades umectantes, também podem ser utilizados como substitutos de gordura em produtos com baixa ou nenhuma gordura, pois proporcionam melhorias na textura, além de proporcionarem redução da atividade de água dos alimentos (LEGAZ & VICENTE, 2005, SIEFARTH et al., 2011). É um grupo que proporciona um baixo índice glicêmico e de insulina, baixo consumo de energia e boa digestibilidade (LIVESEY, 2003).

##### **Glicerol**

O glicerol é de ocorrência natural em formas combinadas, como, por exemplo, nos triacilgliceróis, em todos os óleos graxos animais e vegetais, podendo ser isolado quando estes óleos são saponificados com hidróxido de sódio ou potássio, no processo de manufatura de sabões (MOTA, SILVA, GONÇALVES, 2009).

Ele é líquido à temperatura ambiente (25°C), higroscópico, inodoro, viscoso e de sabor adocicado (IUPAC,1993). A legislação norte-americana atribui ao glicerol o status GRAS (geralmente reconhecido como seguro), quando usado como aditivo alimentar segundo as boas práticasde fabricação, inclusive na alimentação humana (FDA, 2006). O glicerol também apresenta boas condições de redução da atividade de água. Torrezan; Jardine e Vitalli (1999) avaliaram o efeito da adição de solutos como açúcar invertido, sacarose, glicose e glicerol em polpa de goiaba e concluíram que o glicerol foi o melhor agente supressor da atividade de água.

##### **Sorbitol**

O sorbitol é um poliol da família dos álcoois poli-hídricos, muito utilizado na indústria de alimentos, principalmente em doces e outros produtos que apresentam tendência à desidratação. Têm propriedades edulcorante, umectante, espessante, além de inibir a cristalização e reduzir o ponto de congelamento do alimento. É obtido naturalmente através da extração de frutas como maçã e ameixa, mas devido ao alto custo do processo, a forma mais utilizada é a obtida através da hidrogenação catalítica da glicose (LE, MULDERING, 2001).Sua utilização em alimentos deve ser moderada, pois em altas concentrações apresenta efeito laxativo (FERREIRA, 2013). Pela legislação, o uso de sorbitol para bombons e similares está limitado ao valor máximo de 5% sobre o peso total do recheio (BRASIL, 2005).

Apresenta aproximadamente metade da doçura do açúcar e um teor calórico de 2,6 kcal/g (CALORIE CONTROL COUNCIL, 2010).

### 3.2.1.5 Hidrocolóides

A utilização dos hidrocolóides no processamento de alimentos está relacionada com sua capacidade de proporcionar melhoria na textura, como por exemplo, em pães com o aumento de seu volume, maciez do miolo e retardo de seu endurecimento; controle da umidade e mobilidade de água, na qualidade global e na estabilidade dos produtos, bem como reduzir custos e facilitar o processamento. Além disso, melhora as características de produtos à base de amido devido à redução da sinerese e retrogradação (BARCENAS; ROSELL, 2005; RIBOTTA; ROSELL, 2010).

#### Pectina

A pectina é um componente importante da parede celular de todas as plantas terrestres. Em uma dieta ocidental balanceada, cerca de 4-5 g de pectina são consumidos todos os dias. É conhecida na indústria de alimentos, principalmente, como um agente gelificante, utilizada para a produção de doces e geleias, sucos de frutas, produtos de confeitaria e recheios de padaria (ROLIN; DE VRIES, 1990).

O percentual de resíduos metilesterificados é definido como o grau de metoxilação, que é considerado um parâmetro chave para determinar a funcionalidade da pectina. Pectinas com grau de metoxilação superior a 50% são geralmente classificadas como de elevado teor de éster metílico (ATM) e pectinas em que o grau de metoxilação é menor que 50% são geralmente classificadas como de baixo teor de éster metílico de (BTM) (SRIAMORNSAK, 2003). Essa porcentagem é o que define as condições necessárias para o processo de geleificação.

A pectina ATM forma géis através das zonas de junção que são formadas por ligações cruzadas do ácido galacturônico por pontes de hidrogênio e forças hidrofóbicas entre os grupos metil. A otimização da obtenção do gel ocorre com a redução de pH (2,2 a 3,0) e a elevada concentração de açúcares (acima de 60%), induzindo a redução da solvatação da pectina e aumentando a interação entre as suas moléculas. Já a pectina BTM forma géis em baixas ou nenhuma concentração de sacarose, em uma faixa de pH maior (2,5 a 6,5), porém necessita da presença de íons divalentes, como o  $\text{Ca}^{+2}$ , por exemplo. (THIBAUT; RALET, 2003; PAIVA; LIMA; PAIXÃO, 2009).

O processo de desmetoxilação da pectina ATM por via química é por vezes utilizado para obtenção da pectina BTM. Porém, esse processo é acompanhado da despolimerização que pode induzir alterações nas propriedades do gel, como, por exemplo, formação de géis mais fracos, além de gerar um padrão aleatório de metoxilação. Uma alternativa para evitar esse problema é a utilização de enzimas (pectinameltilesterase) para desmetoxilação, que inibem o processo de despolimerização (FRAYER, et al., 2010). A adição de elevados teores de cálcio ocasiona um aumento da força de gel, mas acima de um determinado limite, os géis tornam-se quebradiços (PAPAGEORGIUS; GOTHARD, 1994).

## 3.3 Processo de elaboração

### 3.3.1 Coextrusão

A coextrusão é um processo derivado da extrusão termoplástica no qual dois ou mais materiais são unidos, seja por meio do uso simultâneo de duas extrusoras, ou uma extrusora equipada com matrizes que permite a injeção de recheios (PERESSINI et al, 2002). É usado para se obter um produto que combina duas texturas diferentes, onde um material é extrudado e enchido continuamente com o outro para formar um único produto. Esse processo necessita de uma extrusora para criar o envelope exterior e um sistema auxiliar para a injeção de um enchimento, que é alimentado por um tubo que fica devidamente localizado na cabeça extrusora (CIDIO et al., 2002). O perfil e as características físicas dos produtos dependem fortemente das variáveis de processo tais como a temperatura de extrusão, velocidade do parafuso e teor de umidade (FALCONE; PHILLIPS, 1988).

Ao longo do processo de coextrusão muitas transformações ocorrem na matéria-prima, principalmente devido à gelatinização do amido, coagulação de proteínas, formação de complexos amilose-lipídeo e desenvolvimento de escurecimento não enzimático, que são responsáveis pelas grandes alterações reológicas observadas no produto final (PERESSINI et al, 2002).

Com a gelatinização do amido, a estrutura do extrudado apresenta maiores afinidades com a água e isso pode ser um problema quando essa matriz entra em contato com matrizes de elevada atividade de água. A área da superfície de contato entre os dois materiais proporciona uma instabilidade que conduz a reações químicas que podem causar a degradação do produto alimentar. A migração de água também pode fazer com que o material de cobertura torne-se “empapado” e material de enchimento perca o seu aroma, reduzindo assim a satisfação global do consumidor (JINDRA; HANSEN, 2004).

Diferenças no encolhimento térmico dos dois componentes (biscoito e recheio) produzem frequentemente vazios indesejáveis nos produtos. Para solucionar este problema, faz-se necessário o enchimento quando a massa de cereais ainda se encontra com comportamento plástico, ou seja, o material deve preencher o interior da matriz amilácea no interior da cabeça de extrusão, entre o final do barril de extrusão e a matriz. Além disso, deve-se ter um conhecimento profundo e claro do comportamento reológico dos dois materiais, de forma que eles possam coincidir e formar um produto final com características desejáveis (PERESSINI et al., 2002).

### **3.4 Determinações**

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

O conceito de atividade de água ( $A_w$ ) é importante para um melhor conhecimento da disponibilidade de água livre nos diferentes tipos de alimentos. Trata-se de uma medida relativa que tem como padrão a água pura ( $A_{wH_2O} = 1$ ), expressa como a razão entre a pressão parcial de vapor de água em um alimento e a pressão de vapor da água pura à mesma temperatura. Desta forma, alimentos com  $a_w < 1$  significam que os constituintes químicos presentes nestes alimentos mobilizam parcialmente a água, diminuindo sua capacidade de passar ao estado de vapor ou sua reatividade química (CASTRO, 2003).

Para o processamento de alimentos, o controle da atividade de água ( $a_w$ ) é de extrema importância, pois este parâmetro, além de alterar as características reológicas dos alimentos, está diretamente relacionado com a qualidade e validade comercial dos produtos. Um

alimento com elevada atividade de água está mais suscetível ao ataque de microrganismos e alterações dos padrões de identidade e qualidade. A adição de sólidos solúveis, como, por exemplo, sacarose ou sais, é uma alternativa eficaz para a redução da atividade de água (GRANT, 2004).

Em alimentos com diferentes matrizes, o equilíbrio da atividade de água (termodinâmica) e sua taxa de difusão (dinâmicas de transferência de massa) são de extrema importância na migração da umidade, pois as diferentes atividades de água de cada matriz (fora do equilíbrio) podem resultar na migração de umidade da região de maior atividade de água para uma de menor atividade de água, provocando alterações nesses produtos, como, por exemplo, perda de crocância em biscoitos recheados, além do aumento da probabilidade do crescimento microbiano, propiciando a redução da validade comercial (LABUZA; HYMAN, 1998.)

Diferentes tipos de supressores de atividade de água ( $a_w$ ) foram estudados para determinação de sua eficiência relativa e o glicerol apresentou alterações significativas na textura do gel de pectina, além de conferir plasticidade ao produto (GUILBERT; CLEÉMENT; CHEFTEL, 1981). O glicerol é um poliálcool de cadeia curta e baixo peso molecular, utilizado em sistemas de alimentos com o objetivo de retirar ou imobilizar a água livre, de modo a diminuir a atividade de água (BOYLE; SOFOS; SCHMIDT, 1993).

### **3.4.2 Textura**

A textura é a manifestação sensorial e funcional das propriedades estruturais, mecânicas e superficiais dos alimentos, detectada pelos sentidos da visão, audição, tato e cinestésicas (SZCZESNIAK, 2002). A classificação dos termos de textura para sólidos e semi-sólidos levou a um método de perfil de descrição da textura aplicável para medidas sensoriais e instrumentais. Os métodos instrumentais de análise de textura avaliam propriedades mecânicas a partir de forças aplicadas ao alimento tais como compressão, cisalhamento, corte e tensão. A Análise do Perfil de Textura instrumental aplica sucessivas forças deformantes, numa simulação da ação de compressão e corte dos dentes durante a mastigação (LI et al., 1998).

A textura também pode ser definida como a manifestação sensorial da estrutura interna dos produtos em termos da reação à força medida como propriedades mecânicas como dureza/firmeza, adesividade, coesividade, gomosidade, elasticidade e viscosidade. Isso é possível devido ao sentido cinestético nos músculos da mão, dedos, língua, maxilar ou lábios. Além disso, ainda pode-se relacionar as propriedades táteis, medidas com partículas geométricas ou propriedades de umidade (molhada ou seca) e de gordura (oleosa) pelos nervos táteis na superfície da pele da mão, lábios e língua (ANDRADE, 2006).

### **3.4.3 Propriedades reológicas**

A reologia, criada em 1928 por E. C. Bingham é a ciência que estuda o escoamento e a deformação dos materiais. As determinações reológicas permitem, assim, obter informações sobre a forma como um determinado material reage quando sujeito a uma solicitação de caráter mecânico. Na área de alimentos, a reologia tem desempenhado um papel cada vez

mais importante, seja do ponto de vista fundamental ou do ponto de vista prático (CASTRO, 2003).

De acordo com a reologia, um material pode deformar-se de modo elástico, plástico e viscoso. As propriedades reológicas são necessárias como um indicador da qualidade do produto, para o cálculo de qualquer operação unitária que envolva o fluxo de fluido (por exemplo, bomba de dimensionamento, extração, filtração, extrusão, purificação) e para as análises de condições de fluxo em processos como pasteurização, evaporação, secagem e processamento asséptico (MARCOTTE et al., 2001).

O postulado de Newton introduziu o conceito de viscosidade a qual descreve a magnitude da resistência ao escoamento em função de forças de cisalhamento impostas a um fluido segundo a Equação 1 (SINGH; HELDMAN, 1993):

$$\tau = \eta \dot{\gamma} \quad (1)$$

onde:

- $\tau$  é tensão de cisalhamento (Pa) (força aplicada tangencialmente a uma área)
- $\dot{\gamma}$  é a taxa de cisalhamento (s<sup>-1</sup>) (razão entre a velocidade relativa das camadas líquidas e a distância entre elas)
- $\eta$  é a viscosidade Newtoniana (mPa.s)

### 3.4.3.1 Fluidos Newtonianos e Não-newtonianos

De acordo com a reologia, os fluidos podem ser classificados em Newtonianos e não-Newtonianos.

Fluidos Newtonianos são aqueles independentes da taxa de cisalhamento, sendo dependentes somente da composição e da temperatura. Para um fluido Newtoniano ideal, a tensão de cisalhamento é uma função linear da taxa de cisalhamento (SHARMA et al., 2000).

Já os fluidos não-Newtonianos podem ser dependentes ou independentes do tempo. Para os fluidos não-Newtonianos independentes do tempo, à temperatura e composição constantes, a viscosidade aparente depende da taxa ou da tensão de cisalhamento (RAO; RIZVI, 1986). A Figura 2 descreve graficamente alguns tipos de comportamentos reológicos e os diferentes tipos de fluidos não-Newtonianos são descritos a seguir.

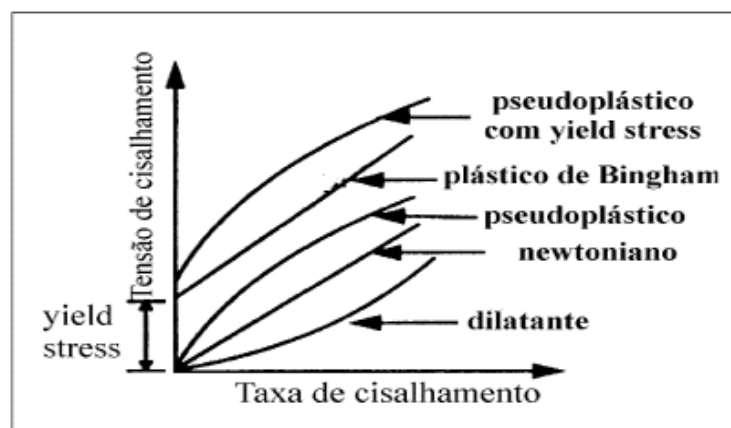


Figura 2. Classificação do comportamento reológico de diferentes tipos de suspensões.

Fonte: KAWATRA, 1996.



### Fluidos Pseudoplásticos

Um fluido pseudoplástico diminui a resistência com o aumento da tensão aplicada (WHITE, 2007). Muitas substâncias, como emulsões, suspensões ou dispersões de importância técnica e comercial pertencem a esse grupo. Esses fluidos em repouso apresentam um estado desordenado e, quando submetidos a uma tensão de cisalhamento, suas moléculas tendem a se orientar na direção da força aplicada (HOLDSWORTH, 1971).

### Fluidos Dilatantes

Neste tipo de fluido, a resistência aumenta com o aumento da tensão aplicada. Este tipo de fluxo somente é encontrado em líquidos que contêm uma alta proporção de partículas rígidas insolúveis em suspensão, como, por exemplo, suspensões com amido ou água com areia (WHITE, 2007).

### Plástico de Bingham

Comporta-se como um sólido sob condições estáticas. Uma certa quantidade de força deve ser aplicada antes que o fluxo seja induzido, ou seja, necessita de uma tensão inicial. Molhos de tomate, maionese, clara de ovo batida e margarina são exemplos de fluidos que apresentam este comportamento (MCCLEMENTS, 2010).

### Tixotrópico e Reopéxico

O efeito transiente é outra complicação do comportamento não-newtoniano. Alguns fluidos necessitam de um aumento gradual de tensão de cisalhamento para manter uma taxa de deformação constante e são chamados reopéticos. De forma oposta, um fluido que requer uma tensão de cisalhamento decrescente é chamado de tixotrópico (WHITE, 2007).

### 3.4.3.2 Testes Estacionários

#### Rampa de Cisalhamento

Os testes em regime estacionário consistem na aplicação de um gradiente de tensão ou velocidade de corte, unidirecional à amostra em estudo. Este tipo de ensaio é utilizado para determinação da viscosidade aparente, e conseqüentemente para a determinação das curvas de escoamento (CASTRO, 2003).

As curvas de escoamento apresentam-se, graficamente, conforme as Figura 3 e 4.

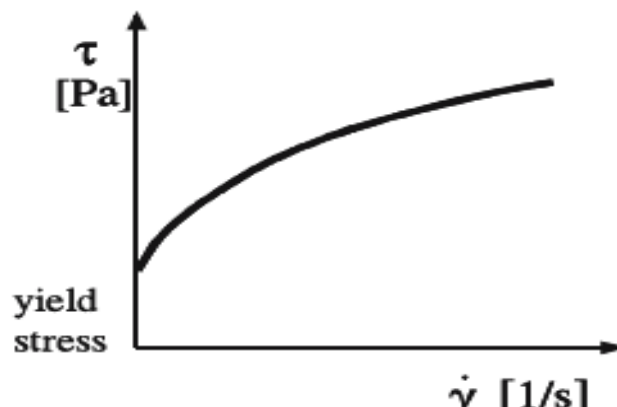


Figura 3. Rampa de cisalhamento.

$\tau$ \_tensão de cisalhamento (Pa);  $\dot{\gamma}$ \_taxa de cisalhamento ( $s^{-1}$ ). Fonte: BRUMMER, 2006.

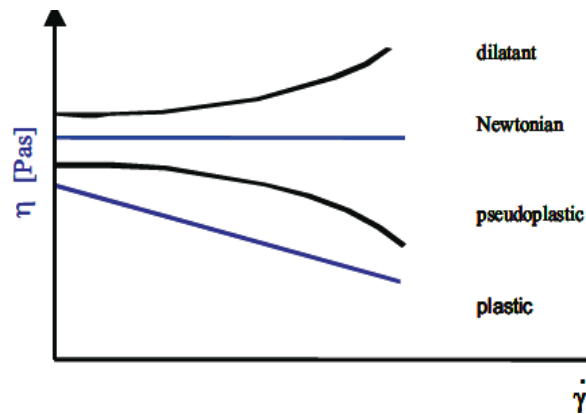


Figura 4. Curvas de viscosidade  
 $\eta$ \_viscosidade Newtoniana (mPa.s);  $\dot{\gamma}$ \_a taxa de cisalhamento ( $s^{-1}$ ).  
 Fonte: BRUMMER, 2006.

### 3.4.3.3 Ensaio oscilatórios

Os ensaios oscilatórios consistem em testar a amostra de uma maneira não destrutiva, ou seja, contribuem para a avaliação da estabilidade de suspensões, uma vez que fornecem parâmetros associados ao comportamento estrutural do material, pois, neste tipo de ensaio, são utilizadas baixas taxas de deformação. Como respostas destes ensaios, são obtidos os módulos de armazenamento ( $G'$ ) e de perda ( $G''$ ), que podem ser analisados em função da frequência, tensão, tempo ou temperatura, produzindo o denominado "espectro mecânico". De um modo geral, este tipo de ensaio permite classificar uma dispersão como: solução diluída; solução concentrada (sistema de redes entrelaçadas) e gel fraco ou gel forte, dependendo da relação  $G'$  e  $G''$  (GIBOREAU; CUVELIER; LAUNAY, 1994).

Em um ensaio oscilatório é aplicada, à amostra estudada, uma tensão (ou deformação) que é uma função sinusoidal do tempo e registra-se a deformação (ou tensão) resultante (BRUMMER, 2006).

O comportamento reológico obtido através dos ensaios oscilatórios possibilita a caracterização do comportamento dos materiais através de  $G'$  (módulo de armazenamento) (Equação 2) e  $G''$  (módulo de perda) (Equação 3), avaliando como esses módulos se alteram em função do tempo (CASTRO, 2003).

$$G' = (\sigma/\gamma) \cos \delta \quad (2)$$

$$G'' = (\sigma/\gamma) \sin \delta \quad (3)$$

Onde:

- $G'$  é o módulo de armazenamento;
- $G''$  é o módulo de perda;
- $\sigma$  é tensão de cisalhamento (Pa);
- $\gamma$  é a amplitude máxima de deformação (Pa);
- $\delta$  é o ângulo de perda ou dissipação.

Utilizando-se as Equações 2 e 3, é possível determinar a  $\text{tg}\delta$  (tangente de dissipação) (Equação 4), que traduz a razão entre a energia dissipada e a energia armazenada.

$$\text{tg}\delta = G''/G'(4)$$

O comportamento das soluções é confirmado pelo ângulo de fase ( $\delta$ ), que é a razão dos módulos de dissipação e armazenamento. De acordo com Steffe (1996), o valor máximo do ângulo de fase é  $\pi/2$ , para fluidos Newtonianos, e zero, para sólidos Hookeanos (sólido em que há uma relação proporcional e independente do tempo entre as tensões e as deformações e uma vez retirada a tensão esse sólido recupera-se totalmente da deformação sofrida). Altos valores de  $\delta$  em baixas frequências indicam tendência ao comportamento de fluido correspondente às soluções diluídas e concentradas. Um comportamento com mais características de sólido é observado para essas soluções em altas frequências. O ângulo de fase para o gel é praticamente constante, indicando comportamento consistente de sólido para toda a faixa de frequência.

Os varrimentos podem ser realizados em tensão, frequência, tempo ou temperatura (CASTRO, 2003).

A varredura de tensão é utilizada para a determinação do intervalo de viscoelasticidade linear, ou seja, na determinação da região gráfica onde  $G'$  e  $G''$  se mantêm constantes à medida que a amplitude de tensão ou deformação é aumentada, para uma determinada frequência. Desta forma, consegue-se obter a máxima tensão ou deformação que é possível aplicar sobre o material sem que haja ruptura da sua estrutura interna, conforme pode ser observado na Figura 5. (CASTRO, 2003).

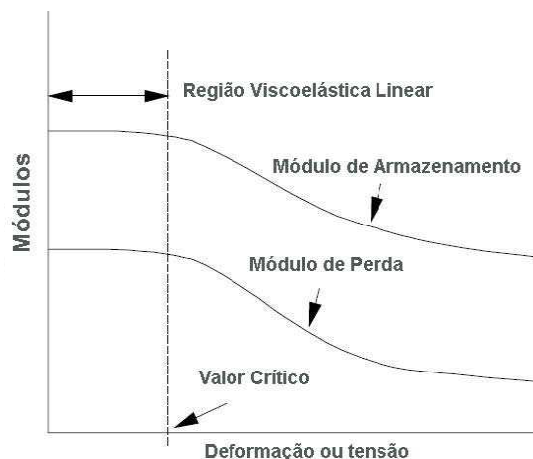
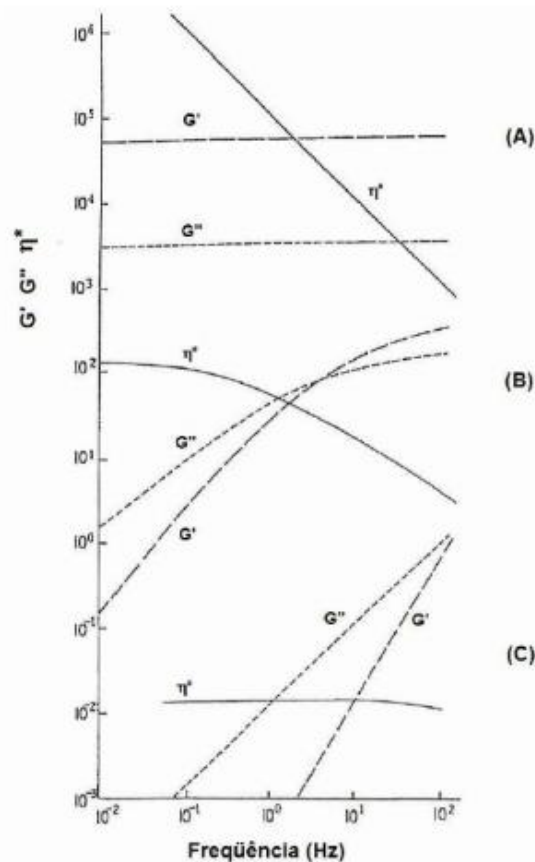


Figura 5. Resposta típica de uma varredura de deformação ou tensão mostrando a região de viscoelasticidade linear definida pelo valor crítico do parâmetro de varredura.

Fonte: STEFFE, 1996.

A varredura de frequência é o modo mais comum de teste oscilatório porque mostra como o comportamento elástico e viscoso de um material varia com as taxas de aplicação de deformação e tensões. Obtém-se uma curva da qual tirar é possível extrair conclusões importantes sobre a estrutura do material, onde uma vez que  $G'$  apresente valores maiores que  $G''$ , esse material possui comportamento elástico. Caso  $G''$  apresente valores superiores do que  $G'$ , o comportamento descrito é viscoso (CASTRO, 2003). A Figura 6 mostra a

representação gráfica para sistemas polissacarídeos submetidos a medidas reológicas dinâmicas.



**Figura 6.** Representação gráfica de sistemas com polissacarídeos típicos: (A) gel forte; (B) solução concentrada; (C) solução diluída. Fonte: Morris (1995).

No teste, a frequência é aumentada enquanto que a amplitude do sinal de entrada (deformação ou tensão) é mantida constante. Varreduras de frequência são muito úteis na comparação de “impressões digitais” de diferentes produtos alimentícios ou na comparação do efeito de vários ingredientes e processos de tratamento na viscoelasticidade. Materiais usualmente exibem características mais parecidas com sólidos em altas frequências (STEFFE, 1996).

Uma varredura de tempo pode ser conduzida em associação com uma mudança controlada na temperatura. Este tipo de teste é muito útil em estudo de problemas que envolvem temperatura induzida na mudança do comportamento reológico (STEFFE, 1996).

#### 3.4.3.4 Modelos matemáticos

Os modelos matemáticos são meios para representar uma larga quantidade de dados por meio de expressões matemáticas. Várias são as equações possíveis e aceitas para uma grande quantidade de problemas práticos envolvendo materiais homogêneos, os quais não apresentam mudança de fase na faixa de condições considerada (SCHARAMM, 2000).

Essa ferramenta apresenta como principais vantagens o controle mais fácil da qualidade e a possibilidade de comparação de testes obtidos por diferentes reômetros (equipamento capaz de medir o comportamento reológico) (SCHARAMM, 2000).

Muitos modelos são usados para caracterizar diferentes produtos alimentícios, de acordo com a literatura, desde molhos para saladas a alimentos para bebê. Normalmente utilizam-se modelos de dois e três parâmetros para o ajuste de dados reológicos. Alguns dos modelos reológicos mais utilizados são os modelos da Lei da Potência (Ostwald-De-Walle) de dois parâmetros (Equação 5), e Herschel-Bulkley de três parâmetros (Equação 7). (PELEGRINE et al., 2002). Outros modelos também utilizados são os modelos de Casson (Equação 8) e Bingham (Equação 9). (STEFFE, 1996)

Lei da Potência (Ostwald-De-Walle):

$$\tau = K\gamma^n \quad (5)$$

onde:

$K$  = Coeficiente de consistência (Pa.s)

$n$  = Índice de comportamento (adimensional)

$\gamma$  = Taxa de cisalhamento (s<sup>-1</sup>)

$\tau$  = Tensão de cisalhamento (Pa)

A viscosidade aparente é expressa como descrito na (Equação 6):

$$\eta_{ap} = \frac{\tau}{\gamma} = K \gamma^{n-1} \quad (6)$$

Se o índice de comportamento reológico  $n$  for  $> 1$  o fluido é considerado dilatante, o qual corresponde ao fenômeno inverso da pseudoplasticidade, pois a viscosidade do fluido aumenta à medida que aumenta a taxa de cisalhamento. Se  $n$  for  $< 1$  o fluido é considerado pseudoplástico.

Modelo de Herschel-Bulkley:

Esse modelo é uma forma modificada da Lei da Potência (RAO; COOLEY, 1982), o que diferencia um do outro é a presença ou ausência do termo da tensão de cisalhamento inicial.

$$\tau = \tau_0 + K \gamma^n \quad (7)$$

Onde:

$\tau$  = Tensão de cisalhamento (Pa)

$\tau_0$  = Tensão de cisalhamento inicial (Pa)

$K$  = Coeficiente de consistência (Pa.sn)

$n$  = Índice do comportamento do fluido (adimensional)

$\gamma$  = Taxa de cisalhamento (s<sup>-1</sup>)

Modelo de Casson

Este modelo é usado para alimentos em que o limite de elasticidade aparente é uma característica importante para os dados experimentais.

$$\tau^{1/2} = K_{0c} + Kc (\gamma)^{1/2} \quad (8)$$

Onde:

$\tau$  = Tensão de cisalhamento (Pa);  
 $K_{0c}$  = Rendimento de estresse de Casson (Pa)<sup>1/2</sup>;  
 $Kc$  = Viscosidade plástica de Casson (Pa.sn);  
 $\gamma$  = Taxa de cisalhamento (s<sup>-1</sup>).

#### Modelo de Bingham

Fluidos que não sofrem dependência do tempo não podem ser representados pelo modelo da Lei da potencia, pois, devido à sua estrutura interna, necessitam de uma tensão inicial para o início do escoamento. Esses fluidos são classificados como fluidos de Bingham, pois exibem características de um sólido e permanecem em repouso, só começando a escoar com tensão acima do valor inicial de tensão:

$$\tau = \tau_0 + \eta_b \gamma \quad (9)$$

Onde:

$\tau$  = Tensão de cisalhamento (Pa);  
 $\tau_0$  = Tensão de cisalhamento inicial (Pa);  
 $\eta_b$  = Viscosidade plástica de Bingham (Pas);  
 $\gamma$  = Taxa de cisalhamento (s<sup>-1</sup>).

Em recheios contendo polpa/purês de fruta, amido de milho ceroso, frutose, solução tampão de citrato e goma (podendo ser goma guar, CMC, goma xantana ou k-carragena), a relação entre a taxa de cisalhamento e a tensão de deformação apresentou características pseudoplásticas, com melhor ajuste ao modelo de Herschel-Bulkley. O efeito da adição de goma na viscosidade aparente depende do tipo de goma e sua concentração, além da taxa de cisalhamento (WEI; WANG; WU, 2001).

Pelegrine; Silva; Gaspareto (2002) estudaram o comportamento reológico das polpas de manga (16,6° Brix) e abacaxi (13,3° Brix) utilizando um viscosímetro rotacional (Haake Rotovisco RV-20). Os resultados mostraram que ambas possuem comportamento pseudoplástico, com o modelo Mizrahi-Berk que melhor caracterizou a curva.

A reologia da mistura de amido de arroz e goma xantana foi avaliada em diferentes concentrações (0,0%, 0,2%, 0,4%, 0,6% e 0,8%), diferentes temperaturas e cisalhamento constante e dinâmico para a determinação da relação da concentração deste hidrocolóide com as propriedades reológicas da mistura. A 25° C, o comportamento foi pseudoplástico. Já em uma faixa de temperatura de 25° C a 70° C, a energia de ativação diminuiu e os módulos de perda e armazenamento aumentaram com o aumento da concentração de goma xantana. Além disso, as misturas apresentaram gel fraco a 25° C (KIM; YOO, 2006).

### 3.4.3.5 Efeito da temperatura sobre o comportamento reológico

As trocas térmicas ocorrem abundantemente em doces de frutas tanto no processamento quanto no transporte e armazenamento. Desta forma, faz-se necessário a obtenção de dados para diferentes temperaturas. O efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente de fluidos alimentícios, a uma taxa de deformação constante, pode ser descrito pela equação de Arrhenius, em que a viscosidade diminui em uma função exponencial com o aumento da temperatura (VITALI, 1984). A Equação (10) é dada por:

$$\eta = \eta_{\infty} \exp(Ea/RT) \quad (10)$$

onde:

$\eta_{\infty}$  = constante empírica (Pa.s);

Ea = energia de ativação (J/mol);

R = constante universal dos gases (R=8,314 j/mol k);

T = temperatura absoluta do fluido (K).

A equação de Arrhenius evidencia a dependência da viscosidade dos fluidos com a temperatura e pode ser utilizada na determinação de Ea e  $\eta_{\infty}$ . Estes parâmetros permitem representar matematicamente o comportamento reológico, bem como verificar os efeitos da temperatura sobre a viscosidade (STEFFE, 1996). Pode-se escrever a de Arrhenius, como sugerida abaixo (Equação 11):

$$\ln \eta = \ln \eta_{\infty} + (Ea/RT) \quad (11)$$

Obtém-se então o gráfico  $\ln \eta \times 1/T(K)$ , gerando um coeficiente angular  $\alpha = Ea/R$ . Isolando a variável “Ea”, tem-se a Equação 12 (STEFFE, 1996):

$$Ea = \alpha R \quad (12)$$

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Matérias-primas e ingredientes

As polpas de frutas congeladas de goiaba, abacaxi e açaí foram adquiridas na Central de Abastecimento S.A (CEASA-RJ) do Rio de Janeiro. As polpas foram mantidas em câmaras de congelamento a  $-18^{\circ}\text{C}$  até o momento de realização dos ensaios experimentais. Os ingredientes utilizados nas formulações estão especificados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Ingredientes utilizados nas formulações.

Ingredientes	Fabricante/Cidade/Estado
Polpa de goiaba	Icefruit / Tatuí /SP
Polpa de Açaí	BelaIschia / Astolfo Dutra /MG
Polpa de Abacaxi	Icefruit / Tatuí /SP
Sacarose comercial	Camil Alimentos S/A / Sertãozinho /SP
Glicose em pó	Gastronomylab /Taguatinga /DF
Glicerina Bidestilada (Food Grade)	Arcólor / São Paulo /SP
Sorbitol em pó	Pantec / São Paulo /SP
Pectina BTM* em pó_Aglupectin LAS-20	Vogler / São Bernado do Campo /SP
Pectina ATM* em pó	-
Amido de batata	Yoki / Rio de Janeiro /RJ
Inulina_ Raftiline GR	Orafti (Beneo) / São Paulo /SP
Goma Guar	N&B Ingredientes /Curitiba /PR
K-Carragena	Ingredientes Mil / Três Rios /RJ
Xantana #200	N&B Ingredientes /Curitiba /PR
Carboximetilcelulose	Química Anastácio/ São Paulo /SP
Maltodextrina sem sabor	Neonutri / Poços de Caldas /MG
CaCl <sub>2</sub> anidro	Vetec / Rio de Janeiro /RJ
Ácido cítrico monohidratado	Artalimentos / São Paulo /SP
Benzoato de Sódio	Artalimentos / São Paulo /SP
Citrato de Sódio	Vetec / Rio de Janeiro /RJ
Milho	Embrapa/ Rio de Janeiro/ RJ
Arroz	Embrapa/ Rio de Janeiro/ RJ
Sorgo (BRS 310)	Embrapa/ Rio de Janeiro/ RJ

\*BTM\_baixo grau de metoxilação; ATM\_alto grau de metoxilação

A pectina de alta metoxilação (ATM) em pó foi disponibilizada pelo laboratório de análises químicas, do departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Já a pectina de baixa metoxilação (BTM) (Aglupectin LAS-20, Vogler, SP) em pó, com grau de metoxilação variando de 25-35% e grau de amidação de 20 – 25%. A recomendação do fabricante é de uma concentração de 0,5 – 0,8%.

Os testes de formulação foram realizados a fim de testar as concentrações de polpa (50, 60 e 70%) e sacarose de forma a se obter os menores valores possíveis de atividade de água. Além disso, foram testados também diferentes ingredientes, como hidrocolóides (goma xantana, k-carragena, CMC e goma guar), amido de batata, inulina, polióis, glicose, maltodextrina e diferentes teores de sólidos solúveis (°Brix), buscando o melhor poder de redução de atividade de água. Foram realizados 17 testes de formulação, que serão descritos a seguir.



Foram utilizadas amostras de biscoitos coextrudados recheados comerciais, nos sabores de goiaba e chocolate para comparação da composição química com os biscoitos desenvolvidos no presente estudo.

## **4.2 Métodos**

### **4.2.1 Desenvolvimento do recheio**

Para a elaboração do recheio, foram testadas formulações propostas para geléias de frutas adicionadas de outros ingredientes, de acordo com o proposto por Agudelo *et al.* (2014). A concentração foi realizada em tacho aberto, com agitação manual constante.

Inicialmente, os testes foram desenvolvidos com pectina ATM, devido a concentrações mais altas de sacarose. A medida que a quantidade de sacarose foi reduzida, no decorrer do desenvolvimento das formulações, ela foi substituída pela pectina BTM.

Inicialmente foi adicionada ao tacho a polpa de fruta descongelada e a pectina acrescida de parte da sacarose da formulação, utilizada como agente dispersante (relação 3:1 sacarose:pectina, em média), evitando a formação de grumos no momento da sua adição à polpa. Posteriormente, foram adicionados o cloreto de cálcio, glicerol, sorbitol, maltodextrina e o restante da fração de sacarose. Após a uniformização da mistura, esta foi concentrada até que se atingisse um teor de sólidos solúveis de 65 a 75°Brix. Neste momento, ao final do processo, foram adicionados o ácido cítrico, o citrato de sódio e o conservador benzoato de sódio e o processo continuou até que atingisse o teor de sólidos solúveis final de 70 a 80°Brix

O ácido, citrato e benzoato foram adicionados nos últimos cinco minutos de processo para evitar a degradação da pectina pela combinação de meio ácido e altas temperaturas. O ácido cítrico adicionado promove melhorias na estabilidade microbológica do material, potencializa o efeito de gelificação da pectina e o efeito da adição do conservador benzoato de sódio. Além disso, o ácido cítrico em combinação com o citrato de sódio, forma um tampão que impede alterações de pH, melhorando a validade comercial do produto (AGUDELO *et al.*, 2014). O tempo médio de concentração do material foi em torno de 30 minutos.

No desenvolvimento do trabalho foram realizados testes preliminares de formulação, onde vários materiais foram testados tais como hidrocolóides de diferentes fontes (goma xantana, guar, carboximetilcelulose e carragena); gelatina, amido de batata, inulina, além de diferentes teores de polpa e sacarose, que são os constituintes em maior quantidade da formulação. O objetivo desta etapa foi a obtenção de uma formulação com uma baixa atividade de água e sem comprometimento das propriedades de escoamento do material.

### **4.2.2 Processo de coextrusão**

Em função da necessidade de ajustes mecânicos e experimentais, o bombeamento do recheio não foi realizado diretamente à matriz extrusora. Desta forma, o processo de coextrusão foi realizado para a obtenção dos biscoitos extrudados, com orifício central que permitisse a injeção manual do recheio de frutas. A formulação dos cereais integrais foi de milho, arroz e sorgo na proporção de 1:1:1, além da adição de 2% de leite em pó desnatado e 0,5% de NaCl, adicionados a fim de melhorar o processo de plastificação e expansão do material.

Previamente à extrusão, os cereais integrais foram moídos separadamente em moinho de disco (PERTEN, Laboratory Mill 3600, Suécia), com abertura de n°0 e em seguida, em moinho Quadrumat Junior (BRABENDER, Alemanha) para uma maior redução da granulometria. As três farinhas foram então misturadas e homogeneizadas a um teor de umidade de 14%, que proporciona melhores resultados de expansão (referencia). A umidade da farinha para extrusão foi determinada por termogravimetria, em duplicata, utilizando uma balança de umidade MOC-120H (Shimadzu, Kyoto, Japão).

O processo de extrusão foi realizado segundo Vargas-Solórzano *et al.* (2014), utilizando a extrusora Clextral Evolum HT25, de rosca dupla entrelaçada (Clextral Inc., Firminy, França) com diâmetro de parafuso de 25 mm, comprimento na proporção de 40: 1 do diâmetro e 10 zonas de temperatura. A velocidade do parafuso foi de 600rpm e sua configuração e o perfil de temperatura na extrusora foram mantidos constantes, conforme Tabela 4.

**Tabela 4.** Perfil de temperatura da coextrusora

ZONAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TEMPERATURAS (°C)	40	60	80	110	110	120	120	120	120	140

As mistura de farinhas de cereais integrais foi alimentada através de um alimentador gravimétrico GRMD15 (SchenckProcess, Darmstadt, Alemanha) a uma taxa de 7,5 kg / h e sendo monitorada por controle automático (SchenckProcess, Darmstadt, Alemanha). A água destilada foi injetada entre a primeira e a segunda zona modular através de uma porta com 5,25 milímetros de diâmetro interno usando umêmbolo de bomba dosadora, modelo JX 8/1 (AILIPU PumpCo. Ltd.,Zhejiang, China).

As variáveis de extrusão, como o torque do motor, pressão, velocidade do parafuso, taxa de alimentação de água e da temperatura dos módulos são registradas por um computador utilizando o software FITSYS Plus (Clextral Inc., Firminy, França). Os dados foram registrados após uma variação mínima de torque e pressão na saída da matriz.

Acoplada à coextrusora está a bomba com capacidade máxima de 60 Hz, modelo R17F, (Netzsch, Santa Catarina, Brasil) responsável pelo transporte do recheio até a saída do material já extrudado no final do equipamento, como observado na Figura 8.



**Figura 7.** Extrusora de duplo parafuso com matriz de coextrusão e bomba de alimentação do recheio.

Para a injeção manual do recheio de fruta no biscoito extrudado, o recheio, mantido aquecido em torno de 65°C em banho-maria, foi injetado utilizando-se uma pipeta Pasteur. Os biscoitos foram cortados manualmente e após receberem o recheio foram para a estufa a 60°C por 4 h a fim de atingir o teor de umidade necessário para se obter uma textura adequada do produto final.

#### **4.2.3 Determinações físico-químicas**

As análises físico-químicas e os ensaios de formulação foram realizados no Laboratório de Propriedades Físicas da Planta Piloto II e as determinações do comportamento reológico e o processo de coextrusão foram realizados no laboratório de Cereais e Extrusão (Planta Piloto IV) da Embrapa Agroindústria de Alimentos, localizada em Guaratiba, RJ.

##### **Caracterização das polpas de frutas e dos recheios**

Para a caracterização das polpas de frutas foram realizadas análises de pH, sólidos solúveis, acidez total titulável e sólidos totais.

As determinações de pH foram efetuadas com o auxílio de pHmetro digital modelo TEC - 3MP (Tecnal, São Paulo, Brasil), por imersão direta do eletrodo nas amostras, segundo o método 973.41, AOAC 2000. A determinação do teor de sólidos solúveis foi feita pela leitura direta das amostras em refratômetro digital modelo PAL-3 (Atago, Tokio, Japão), escala de 0°B a 93°B. A acidez total foi realizada por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N, padronizada, e o resultado expresso em ácido cítrico, segundo o método 942.15, AOAC 2000. Para determinação da atividade de água, foi utilizado o Aqualab digital (DecagonDevices, Canada). A determinação de sólidos totais foi realizada pela evaporação do teor de água através da utilização de estufas, segundo os métodos 925.45; 925.09; 934.06, 968.11 e 979.12, da AOAC 2000.

#### **4.2.4 Comportamento reológico**

O comportamento reológico estacionário e oscilatório foi conduzido em reômetro rotacional MARS II (Thermo Fischer, Karlsruhe, Alemanha) (Figura 7) equipado com sensor de geometria placa-placa (PP35Ti) e abertura (gap) de 1,0mm. Todos os testes foram realizados em duplicata e os dados coletados pelo programa Rheowin Job Manager.



**Figura 8.** Reômetro Haake Mars II

As amostras foram previamente acondicionadas à temperatura ambiente (25°C) controlada pelo instrumento usando um dispositivo do tipo Peltier na base, onde era depositada a amostra, para posteriormente serem encaminhadas ao equipamento. Foram realizadas também análises a temperatura de 65°C, escolhida para a simulação do bombeamento do recheio no processo de coextrusão no interior do biscoito. Para o ensaio estacionário foi determinada uma deformação ( $\gamma$ ) de 0,1 a 500s<sup>-1</sup> em temperaturas de 25°C, 45°C, 55°C e 65°C. A primeira temperatura, 25°C, é a de armazenamento do recheio/biscoito recheado.

Nos ensaios oscilatórios, os parâmetros de análises foram específicos para cada tipo de teste. Na varredura de amplitude, o intervalo de tensão estipulado foi de 0,001 a 2000Pa, na frequência de 1 Hz. Já na varredura de frequência, o intervalo foi de 0,1 a 100 Hz (PERESSINI et al., 2002). As duas varreduras foram realizadas nas temperaturas de 25°C e 65°C.

O teste de fluência e recuperação (CREEP) também foi realizado a uma taxa de tensão de 0,1 Pa, a 65°C.

#### **4.2.5 Determinação da estabilidade do recheio**

Os biscoitos prontos foram acondicionados em sacos de polipropileno biorientado metalizado, ideais para biscoitos (ALVES, GARCIA, BORDIN, 1999) e selados para evitar absorção de umidade do ar. As análises de textura foram realizadas imediatamente após o processo (tempo zero) e a cada sete dias, ao longo de um mês de armazenamento à temperatura ambiente (25°C).

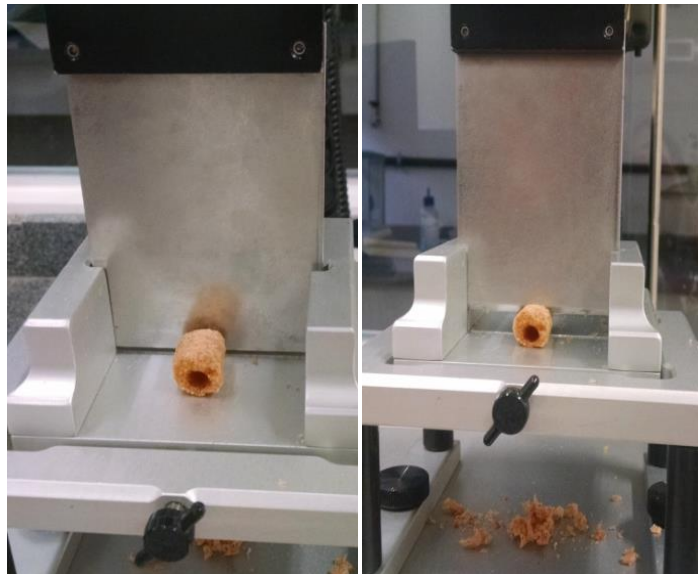
##### **Textura Instrumental**

Para a análise de textura instrumental foi utilizado o Texturômetro TA-XT Plus (Extralab, Jarinu, SP, Brasil) com amostragem de 12 corpos de prova. A quantificação foi feita através do teste de resistência ao corte (teste de cisalhamento), medido em força

(N\_newton), utilizando-se o *probe* Blade Set (HDP/BSK) (Figura 10) com os parâmetros de análise para biscoito (REF:BIS2/KB): velocidade de pré-teste, teste e pós teste de 1,0 mm/s e 20 mm de distância (distância que o *probe* percorre depois de atingir a amostra). Foi realizado também o teste de tensão ou teste de resistência à flexão utilizando o *probe* Thee Point Band Ring (HDP/3PB) (Figura 9): velocidade de pré-teste de 1,0 mm/s; 3,0 mm/s a velocidade de teste; 10 mm/s a velocidade de pós-teste e com uma distância de 25 mm (distância que o *probe* percorre depois de atingir a amostra) (STABLE MICRO SYSTEMS, 1997; MONTENEGRO et al., 2008).



**Figura 9.** Teste de resistência a flexão.



**Figur10.** a Teste de resistência ao corte.

De acordo com Kim et al. (2009), o teste de resistência ao corte ou teste de cisalhamento relaciona a força necessária para a penetração do dente dentro de um alimento,

especialmente pelos dentes incisivos. Já o teste de resistência a flexão ou teste de fraturabilidade correlaciona os movimentos descendentes na mastigação. Além disso, o teste de fraturabilidade, no caso de biscoitos, pode indicar a resistência a danos mecânicos externo como no transporte, por exemplo. Os resultados representam a média dos 12 corpos de prova para cada análise.

#### **4.2.6 Análise microbiológica**

A análise microbiológica foi realizada no biscoito recheado fresco (tempo zero do armazenamento) e com 30 dias de armazenado (T30) e as análises realizadas foram: *Salmonella* sp. contagem de Coliformes a 45°C por NMP; contagem padrão de Bactérias Aeróbias Mesófilas (UFC/g); contagem de Bolores e Leveduras (UFC/g) *Staphylococcus Coagulase Positiva* (UFC/g), conforme metodologia proposta pelo *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods* (APHA, 2015).

#### **4.2.7 Composição centesimal**

As determinações de umidade, proteínas, cinzas e fibra alimentar foram realizadas em duplicatas de amostras, segundo método descrito pelas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008). Para a análise de lipídeos, foi utilizado o método baseado na extração por solvente sob pressão, no equipamento da Ankom Technology Inc. (Macedon, NY) (LIU, 2011). Essa metodologia foi aprovada pela AOCS em 2005, com a publicação do método oficial Am 5-04 (AOCS, 2005).

O cálculo para obtenção do teor de carboidrato (diferença) e para valor calórico foi realizado segundo RDC n.º 360 de 23 de dezembro de 2003 (BRASIL, 2002).

#### **4.2.8 Análise estatística**

O experimento foi feito com modelo inteiramente ao acaso e as análises foram realizadas em duplicata, com exceção das determinações físico-químicas, conforme especificação do item 4.2.3, sendo os resultados avaliados pelo teste Tukey a 5% de significância, para comparação das médias.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Desenvolvimento do Recheio**

#### **5.1.1 Testes Preliminares**

O principal objetivo no desenvolvimento das formulações do recheio foi obter um produto com baixa atividade de água

##### **5.1.1.1 Influência do teor de polpa na formulação**

Inicialmente foram testadas três formulações com 50, 60 e 70% de polpa de fruta, padronizadas em um mesmo teor de sólidos solúveis (70°Brix), o que significa variação no teor de sacarose, conforme descrito na Tabela 6.

Os resultados obtidos evidenciam que mesmo com 70°Brix, a atividade de água permaneceu relativamente alta e muito distante do mínimo esperado (0,5) para este tipo de produto. Quanto maior o teor de polpa de fruta maior é a necessidade de eliminação de água por evaporação para que seja atingido o teor de sólidos solúveis pretendido.

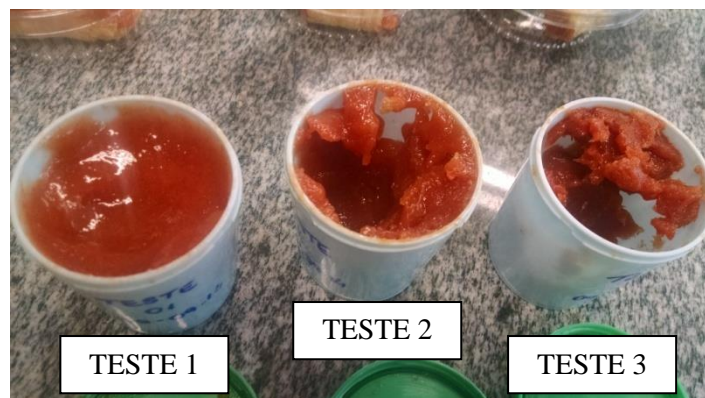
**Tabela 5.** Determinação da atividade de água e do teor de sólidos solúveis das formulações teste de recheio de goiaba variando-se o teor de polpa.

Ingredientes	Formulação (%)		
	Teste 1	Teste 2	Teste 3
Polpa de Goiaba	50	60	70
Sacarose	49	39	29
Pectina ATM	1	1	1
Aw	0,758 <sup>b</sup>	0,751 <sup>b</sup>	0,763 <sup>a</sup>
S.S. a 25°C (°Brix <sub>25</sub> )	70,2 <sup>a</sup>	70,4 <sup>a</sup>	68,9 <sup>b</sup>

ATM\_ altametoxilação; Aw\_ atividade de água; S.S.\_ sólidos solúveis

<sup>a</sup>médias com a mesma letra na linha não diferem significativamente entre si a um nível de significância de 5% pelo teste Tukey.

A maior ou menor perda de água do material reflete nas suas características de textura, conforme pode ser observado na Figura 11.



**Figura 11.** Ensaio de formulação: teste 1, 2 e 3 para polpa de goiaba.

A medida que esse teor diminuiu, a viscosidade foi diminuindo, de forma que com 50% de polpa obteve-se a melhor característica de textura, levando-se em conta que esse teor de sólidos solúveis é o mínimo a ser utilizado para garantir a uma maior redução de atividade de água.

### 5.1.1.2 Influência de hidrocolóides na formulação

Foram realizados quatro novos testes de formulação com a adição de goma xantana, goma guar, carboximetilcelulose (CMC) e carragena, combinadas entre si, conforme Tabela 6.

Observando os resultados obtidos é possível verificar que os hidrocolóides, nas concentrações utilizadas, não apresentaram poder de supressão da atividade de água, cujos valores, nos recheios, ficaram distantes da faixa ideal. Cotoprova et al. (2016) confirmam a eficiência da capacidade de retenção de água de hidrocolóides em recheios de fruta, uma vez que eles adsorvem a água livre e promovem estabilidade nos processos de congelamento e descongelamento, porém, eles não conseguem inviabilizar a água livre por meio de ligações químicas.

**Tabela 6.**Determinação da atividade de água e sólidos solúveis das formulações teste de recheios de goiaba e açaí, variando-se os hidrocolóides.

Ingredientes	Formulação (%)							
	Teste4		Teste5		Teste6		Teste7	
Polpa de Goiaba	50	-	50	-	50	-	50	-
Polpa de Açaí	-	50	-	50	-	50	-	50
Sacarose	49	49	49	49	49	49	49	49
Pectina ATM	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Goma Guar	-	-	0,15	0,15	-	-	-	-
Goma Xantana	-	-	0,15	0,15	-	-	0,15	0,15
Goma CMC	0,15	0,15	-	-	0,15	0,15	-	-
Carragena	0,15	0,15	-	-	0,15	0,15	0,15	0,15
Ácido Cítrico	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Aw	0,761 <sup>a</sup>	0,718 <sup>c</sup>	0,777 <sup>a</sup>	0,766 <sup>b</sup>	0,764 <sup>a</sup>	0,783 <sup>a</sup>	0,758 <sup>a</sup>	0,738 <sup>c</sup>
S.S. a 25°C (°Brix <sub>o</sub> )	70	75	70	75	70	75	70	75

ATM\_ altametoxilação; Aw\_atividade de água; S.S.\_sólidos solúveis expressos em °Brix.; <sup>a</sup>médias com a mesma letra na linha não diferem significativamente entre si a um nível de significância de 5% pelo teste Tukey.

Desta forma, mesmo diante dos benefícios potenciais para a estabilidade conferida pelos hidrocolóides, optou-se pela não utilização dos mesmos nas formulações.

### 5.1.1.3 Influência da adição de amido na formulação

A formulação utilizada no Teste 08 com a adição de 1% de amido está apresentada na Tabela 7. Os resultados evidenciam, assim como nos testes anteriores que a adição de amido não conseguiu reduzir a atividade de água do sistema e proporcionou um aumento da viscosidade, o que não é satisfatório para os recheios formulados.

Apesar do teor de sacarose utilizado no teste não justificar a adição da pectina de baixa metoxilação, ela foi escolhida para o teste como forma de comparação com os testes posteriores, onde a redução do teor de sacarose será maior.

**Tabela 7.**Determinação da atividade de água e sólidos solúveis da formulação teste de recheio de goiaba e de açaí com adição de amido.

Ingredientes	Formulação (%)	
	Teste 08	
Polpa de goiaba	50	-
Polpa de açaí	-	50
Sacarose	48	48
Pectina BTM*	1	1
CaCl <sub>2</sub>	0,08	0,08
Amido	1	1
Ácido cítrico	0,10	0,10
Aw	0,787 <sup>a</sup>	0,756 <sup>b</sup>
S.S. a 25°C (°Brix <sub>o</sub> )	70	70

\*BTM\_baixa metoxilação; Aw\_atividade de água; S.S.\_sólidos solúveis expressos em °Brix.



.<sup>a</sup>médias com a mesma letra na linha não diferem significativamente entre si a um nível de significância de 5% pelo teste Tukey.

#### 5.1.1.4 Influência da adição de inulina

A inulina é um oligossacarídeo que devido a sua capacidade de reter água, apresenta propriedades lubrificantes e de fluidez que são semelhantes às de gorduras. Por essas razões foi testada na formulação, conforme disposto na Tabela 8. A adição de 10% na formulação não foi capaz de reduzir a atividade de água do recheio de goiaba e açaí, quando comparado aos testes anteriores. Solowiej *et al.* (2015) também obteve o mesmo resultado quando utilizou a inulina como substituto de gordura de queijo processado.

**Tabela 8.** Determinação da atividade de água e sólidos solúveis da formulação teste de recheio de goiaba e de açaí com adição de inulina.

Ingredientes	Formulação (%)	
	Teste 9	
Polpa de Goiaba	50	-
Polpa de Açaí	-	50
Sacarose	38	38
Pectina BTM	1	1
CaCl <sub>2</sub>	0,08	0,08
Inulina	10	10
Ácido Cítrico	0,10	0,10
Aw	0,782 <sup>a</sup>	0,776 <sup>a</sup>
S.S. a 25°C (°Brix <sub>25</sub> )	70	70

Aw\_atividade de água; S.S.\_sólidos solúveis expressos em °Brix. <sup>a</sup>médias com a mesma letra na linha não diferem significativamente entre si a um nível de significância de 5% pelo teste Tukey.

#### 5.1.1.5 Influência da adição de polióis

A utilização dos polióis, como glicerol e sorbitol na formulação foi objetivada em função da redução da cristalização do açúcar na fase aquosa e pelo seu poder de ligação com a água livre do sistema, reduzindo desta forma a atividade de água do recheio. Os testes de formulação com diferentes teores de glicerol e sorbitol estão dispostos na Tabela 9.

**Tabela 9.** Determinação da atividade de água e sólidos solúveis da formulação teste de recheio de goiaba com adição de glicerol e sorbitol.

Ingredientes	Formulação (%)				
	Teste 11	Teste 12	Teste 13	Teste 14	Teste 15
Polpa de Goiaba	50	50	50	50	50
Sacarose	39	44	44	39	39
Pectina BTM	1	1	1	1	1
CaCl <sub>2</sub>	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Ácido Cítrico	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Glicerol	10	5	-	5	-
Sorbitol	-	-	5	5	10
Aw	0,757 <sup>b</sup>	0,778 <sup>a</sup>	0,793 <sup>a</sup>	0,756 <sup>b</sup>	0,715 <sup>c</sup>

S.S. a 25°C (°Brix <sub>w</sub> )	70	70	70	70	70
Aw <sub>w</sub> atividade de água; S.S. <sub>w</sub> sólidos solúveis expressos em °Brix. <sup>a</sup> médias com a mesma letra na linha não diferem significativamente entre si a um nível de significância de 5% pelo teste Tukey.					

Os resultados obtidos mostram que a melhor redução da atividade de água foi promovida pela formulação com 10% de polióis (Teste 15). Porém sob essas concentrações de glicerol e sorbitol, tanto no teste 15 quanto no teste 11, o recheio apresentou sabor residual. Desta forma o teste que apresentou melhor eficiência de supressão de atividade de água foi o teste 14, sendo as concentrações de 5% de glicerol e sorbitol a escolhida para o desenvolvimento do recheio. Torrezan, Jardine e Vitali (1999) avaliaram o poder de supressão de atividade de água da glicose, sacarose, açúcar invertido e glicerol adicionados a polpa de goiaba, em diferentes concentrações e verificou que o glicerol foi o que melhor reduziu o teor de atividade de água.

Martiville *et al.* (2004) desenvolveram um recheio para biscoitos que apresentavam atividade de 0,2 a 0,35 e para conseguir uma boa estabilidade concluíram que necessitavam de uma concentração mínima de glicerol de 16%. Esse teor é muito elevado e vai de encontro a questão da “rotulagem limpa” por não ser considerado aditivo natural. Além disso, sob altas concentrações, o glicerol apresenta sabor residual, ou seja, confere um amargor ao produto final, sendo necessária a redução desta quantidade ou combinação com outro poliol, como o sorbitol, por exemplo.

A substituição de açúcares por polióis confere vantagens também na redução calórica, onde enquanto cada grama de sacarose oferece cerca de 4 kcal, os pólios conferem em média 2,4 kcal (BRASIL, 2001). Em relação ao limite de utilização, o Ministério da Saúde preconiza uma ingestão diária máxima de 50g de sorbitol. Acima dessa concentração exige-se a descrição de “Este produto pode ter efeito laxativo” na embalagem (BRASIL, 1998). Em relação ao uso de glicerol, existe apenas o limite mínimo de 5% para frutas secas e desidratadas (BRASIL, 2013).

Basu *et al.* (2011) avaliaram o efeito da substituição de sacarose por sorbitol em formulações de geléia de manga e observou uma redução da firmeza de gel com o aumento da substituição de sorbitol, devido a formação de fracas zonas de ligação na rede de gel de pectina promovida pelo sorbitol. Essa característica é de extrema importância para o desenvolvimento das formulações do recheio, que tem como prioridade a redução da atividade de água e da viscosidade do sistema.

#### **5.1.1.6. Influência da adição de glicose na formulação**

O teste 16 realizado com a adição de glicose em pó com o intuito de reduzir a cristalização do recheio está apresentado na Tabela 10. Usualmente a adição de glicose é de cerca de 20% a 25% do teor de sacarose (LAGO, GOMES e SILVA, 2006, GRANADA *et al.*, 2005). Os resultados evidenciam a eficiência da glicose em pó adicionada na formulação pela manutenção dos teores de atividade de água pela substituição parcial da sacarose pela glicose.

**Tabela 10.**Determinação da atividade de água e sólidos solúveis da formulação teste de recheio de goiaba com adição de glicose.

Ingredientes	Formulação (%)
	Teste16
Polpa de Goiaba	50
Sacarose	31,8
Glicose em pó	7
Pectina BTM	1
CaCl <sub>2</sub>	0,08
Ácido Cítrico	0,10
Glicerol	5
Sorbitol	5
Aw	0,683
S.S. a 25°C (°Brix <sub>o</sub> )	70

Aw\_atividade de água; S.S.\_sólidos solúveis expressos em °Brix. .

A ausência de cristalização é importante porque confere ao produto uma suavidade na boca, mesmo após um longo tempo de armazenamento, além de favorecer o processo de enchimento (MARTIVILLE et al, 2004).

#### 5.1.1.7 Influência da adição de maltodextrina na formulação

A inserção da maltodextrina na formulação deve-se à tentativa de reduzir o poder de doçura além de reduzir a viscosidade do recheio, o que irá facilitar o bombeamento do mesmo (Tabela 11). Para isso, foi necessário verificar se essa incorporação proporcionou alterações na atividade de água do recheio, comparando com o teste 16.

**Tabela 11.**Determinação da atividade de água e sólidos solúveis da formulação teste de recheio de goiaba com adição de maltodextrina.

Ingredientes	Formulação (%)
	Teste 17
Polpa de Goiaba	50
Sacarose	26
Glicose em pó	7
Pectina BTM	0,50
CaCl <sub>2</sub>	0,04
Ácido Cítrico	0,1
Glicerol	5
Sorbitol	5
Maltodextrina	6
Aw	0,737
S.S. a 25°C (°Brix <sub>o</sub> )	70

Aw\_atividade de água; S.S.\_sólidos solúveis expressos em °Brix

Comparando-se, pelo testeTukey os valores de atividade de água das formulações 16(Tabela 10) e 17 (Tabela 11), verifica-se que a adição de maltodextrina promoveu um

aumento significativo da atividade de água do sistema, porém ela reduziu a viscosidade do sistema, conforme observado na Tabela 12. Tais resultados vão ao encontro dos obtidos na literatura pela utilização da maltodextrina na redução de viscosidade de sucos de fruta, por exemplo, (SILVA et al., 2006; OBEROI e SOGI, 2015). Desta forma, optou-se pela utilização da maltodextrina nos recheios e para minimizar esse aumento da água livre, foi necessário aumentar o teor de sólidos solúveis final para 80°Brix.

**Tabela 12.** Viscosidade aparente dos testes 16 e 17, a uma taxa de deformação de 100 s<sup>-1</sup>.

TESTE	$\eta$ (Pa.s) a 25°C
	$\gamma = 100 \text{ s}^{-1}$
17	10,50 <sup>b</sup>
16	18,20 <sup>a</sup>

$\eta$ \_ viscosidade aparente,  $\gamma$ \_ taxa de deformação (1/s). <sup>a</sup>médias com a mesma letra na linha não diferem significativamente entre si a um nível de significância de 5% pelo teste Tukey.

### 5.1.2. Ajuste da formulação final

A partir do resultado do teste 17, foram elaborados testes com as polpas de goiaba, abacaxi e açaí, aumentando o teor de sólidos solúveis de 70°Brix para 80°Brix (Tabela 13) com o intuito de reduzir ainda mais a água livre do sistema. Houve a redução do teor de pectina adicionado nos recheios para reduzir o poder de gelificação do sistema e, assim, diminuir a sua viscosidade. No recheio de goiaba a redução foi maior pelo fato de sua polpa apresentar o maior teor de pectina, quando comparada à polpa de abacaxi e de açaí (JACKIX, 1988).

**Tabela 13.** Atividade de água e sólidos solúveis da formulação teste de recheio de goiaba, abacaxi e açaí com aumento do teor de sólidos solúveis finais.

Ingredientes	Formulação (%)		
		Final	
Polpa de Goiaba	50	-	-
Polpa de Abacaxi	-	50	-
Polpa de Açaí	-	-	50
Sacarose	26,4	26,2	26,2
Glicose em pó	7	7	7
Pectina BTM	0,30	0,50	0,50
CaCl <sub>2</sub>	0,02	0,04	0,04
Ácido Cítrico	0,10	0,10	0,10
Glicerol	5	5	5
Sorbitol	5	5	5
Maltodextrina	6	6	6
Citrato de sódio	0,10	0,10	0,10
Benzoato de Sódio	0,10	0,10	0,10
Aw	0,655 <sup>a</sup>	0,643 <sup>b</sup>	0,645 <sup>b</sup>
S.S. a 25°C (°Brix)	80	80	80

Aw\_atividade de água; S.S.\_sólidos solúveis expressos em °Brix

Além das alterações de teor de sólidos solúveis e de pectina, também foram adicionadas a formulação o citrato de sódio, que forma uma solução tampão juntamente com o ácido cítrico e evita alterações de pH com conseqüente melhorias de estabilidade de validade comercial. Aliado a isso, foi adicionado o conservador benzoato de sódio, que funciona bem em meio ácido para inibir a bolores e leveduras, assim como o crescimento bacteriano (HARRY, PYLYPIW e GREY, 2000, BRASIL, 2011).

A formulação descrita acima para os três sabores de polpa foi a que apresentou os melhores resultados de redução de atividade de água e desta forma foi utilizada para todas as análises de caracterização e estabilidade do recheio e do biscoito recheado.

## 5.2 Produtos coextrudados

A obtenção do biscoito extrudado foi realizada conforme descrito na metodologia e mostrado na Figura 12, saindo da matriz coextrusora e na Figura 13 o biscoito com o recheio de goiaba.



**Figura12.** Biscoitos extrudados saindo da matriz coextrusora cortados manualmente.



**Figura 13.** Biscoitos extrudados recheados.

### 5.3 Determinações físico-químicas

Os resultados obtidos na caracterização química das polpas de fruta estão apresentados na Tabela 14. Deve-se sempre evidenciar que ao comparar a caracterização das matérias-primas com resultados de outros estudos, os frutos, inclusive da mesma variedade, podem apresentar diferenças devido a fatores como condições climáticas e de solo existentes nas diferentes regiões de cultivo (CARDOSO, 2004).

Os resultados de todas as polpas ficaram dentro dos limites estabelecidos pelo padrão de identidade e qualidade de polpa de fruta (BRASIL, 2000).

**Tabela 14.** Avaliação físico-química das polpas de frutas.

Análise	Polpa de Goiaba	Polpa de Abacaxi	Polpa de Açaí
Acidez (g/100g)	0,54 ± 0,01	0,68 ± 0,01	0,11 ± 0,01
pH	3,73 ± 0,03	3,55 ± 0,01	4,65 ± 0,01
Aw	0,989 ± 0,002	0,979 ± 0,002	0,984 ± 0,002
Sólidos Solúveis a 25°C (°Brix)	7,40 ± 0,06	11,50 ± 0,01	2,30 ± 0,02
Sólidos Totais (g/100g)	9,71 ± 0,03	11,11 ± 0,06	11,26 ± 0,05

Aw\_ atividade de água.

Em valores de pH superiores a 3,5 existe a necessidade de adição de ácidos orgânicos comestíveis no processamento dos frutos, visando melhorias na qualidade final dos produtos acabados (MANICA et al., 1998).

O teor de sólidos totais está dentro do padrão de identidade e qualidade preconizado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2000) e semelhante aos valores reportados pela literatura (ALEXANDRE, CUNHA, HUBINGER, 2004, PEREIRA, 2011; OLIVEIRA et al, 2012).

Os resultados da caracterização físico-química dos recheios de goiaba, abacaxi e açaí estão apresentados na Tabela 15.

**Tabela 15.** Avaliação físico-química dos recheios elaborados.

Amostra	Acidez (g/100g)	pH	Aw	Sólidos Totais (g/100g)
Recheio de Goiaba	0,693 ± 0,001	3,95 ± 0,02	0,651 ± 0,004	95,81 ± 0,57
Recheio de Abacaxi	0,711 ± 0,003	3,99 ± 0,01	0,638 ± 0,006	96,86 ± 0,12
Recheio de Açaí	0,359 ± 0,002	4,45 ± 0,03	0,650 ± 0,006	97,39 ± 0,82

Aw\_ atividade de água.

A carência do mercado de recheios à base de polpa de fruta como também a ausência de estudos sobre tais produtos dificultam as análises comparativas dos resultados. Os produtos que mais se assemelham aos recheios são as geleias e doces em pasta.

Granada, Zambianzi e Mendonça (2004) afirmam que para geleia a faixa de pH ideal é de 3,0 a 4,0. Os recheios de abacaxi e açaí apresentaram valores de pH superiores a 4,0. Neste caso seria necessário o aumento no percentual da formulação de ácido cítrico.

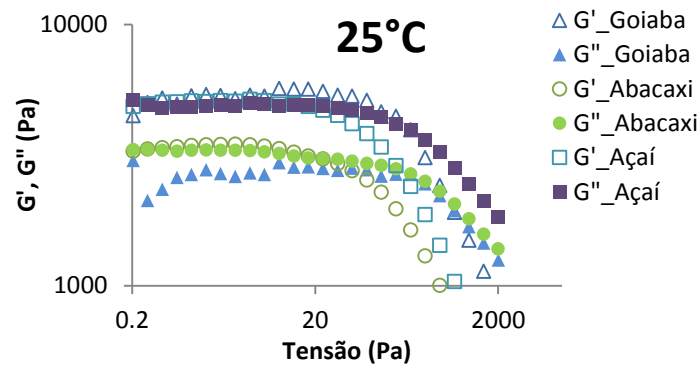
Na elaboração de geleias a acidez deve ser controlada, e permanecer entre 0,8 a 0,3%. Além disso, em geleias com acidez acima de 0,8%, pode ocorrer a sinerese (ASSIS et al., 2007). Os resultados obtidos de acidez ficaram dentro dessa faixa de estabilidade.

O teor de atividade de água obtido foi maior do que o esperado (0,5), porém foi o mínimo conseguido para manter as características de escoamento dos recheios, sob aquecimento, para o bombeamento do sistema de enchimento dos biscoitos.

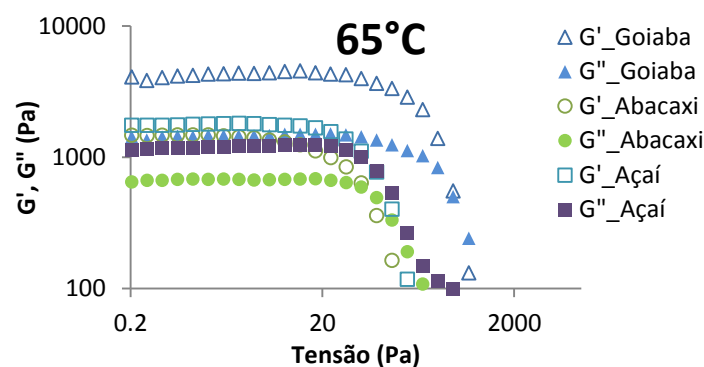
## 5.4 Comportamento Reológico

### 5.4.1. Regime oscilatório

As curvas de varredura de tensão, a 1 Hz, dos três recheios formulados, onde estão dispostos os módulos de armazenamento ( $G'$ ) e os módulos de perda ( $G''$ ) pela tensão aplicada estão apresentadas nas Figuras 14 e 15. Como pode-se observar, para todas as três formulações,  $G'$  foi maior que  $G''$ , tanto a 25°C quanto a 65°C, indicando que os recheios de goiaba, abacaxi e açaí apresentam um comportamento predominantemente elástico. A região de viscoelasticidade linear (RVL) é caracterizada pela independência de  $G'$  e  $G''$  da tensão aplicada, ou seja, compreende a região em que tais valores são constantes. Observa-se pelos gráficos que as formulações de goiaba, a 25°C, apresentaram RVL maiores do que as formulações de abacaxi e açaí. Isso significa que os recheios de goiaba e açaí são mais estruturados e resistem mais a maiores tensões, sem que sua estrutura química seja desestruturada, quando comparados ao recheio de abacaxi. Essa desestruturação do material pode ser confirmada no momento em que  $G''$  passa a ser maior que  $G'$ , conferindo ao material características mais viscosas, pela destruição da estrutura química do mesmo.



**Figura 14.** Varreduras de Tensão dos recheios de goiaba, abacaxi e açai a 25°C.



**Figura 15.** Varredura de Tensão dos recheios de goiaba, abacaxi e açai a 65°C.

O aumento da temperatura não alterou significativamente a RVL dos três recheios, apenas as magnitudes de  $G'$  e  $G''$  foram reduzidas, conforme pode ser melhor observado na Tabela 16. Além disso, os dados também confirmam a diferença de magnitude das regiões de viscoelasticidade linear, pois a uma mesma tensão (100 Pa),  $G'$  só foi maior que  $G''$  para o recheio de goiaba, tanto a 25°C quanto a 65°C.

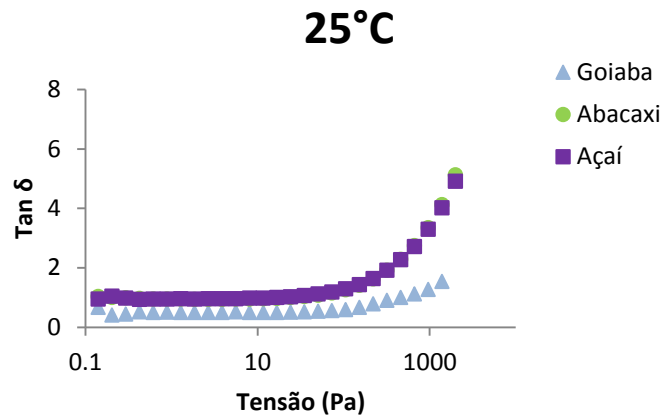
**Tabela 16.** Dados da varredura de tensão para as três formulações.

Recheio	Temperatura	$\tau$ (Pa)	$G'$	$G''$
Goiaba	25°C	100	4638,5	2629,5
	65°C	100	3353,0	1246,0
Abacaxi	25°C	100	2285,6	2892,5
	65°C	100	164,5	332,6
Açai	25°C	100	3397,0	4423,5
	65°C	100	403,55	532,7

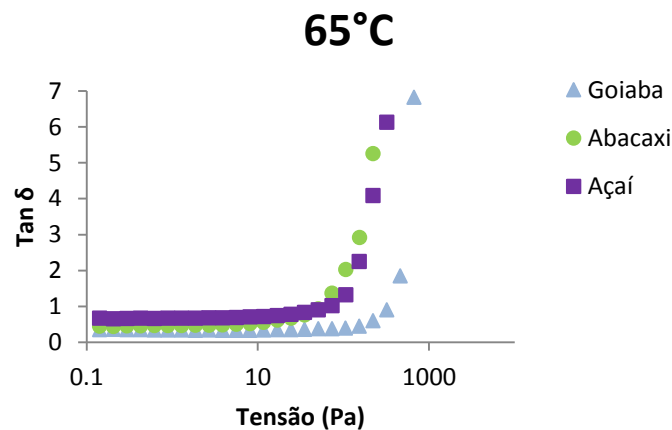
$\tau$ \_tensão;  $G'$ \_módulo de armazenamento,  $G''$ \_módulo de perda.

Os resultados da varredura de tensão expressos pela  $\tan\delta$  ( $G''/G'$ ) pela tensão aplicada estão apresentados na Figura 16 e Figura 17. Tanto a 25°C quanto a 65°C, a curva do recheio de goiaba apresentou valores menores de  $\tan\delta$  que os recheios de abacaxi e açai, que apresentaram valores bem semelhantes, tanto que as curvas se sobrepõem no gráfico. Este resultado confirma que a formulação de goiaba apresenta sua estrutura com características mais elásticas que os recheios de abacaxi e açai.



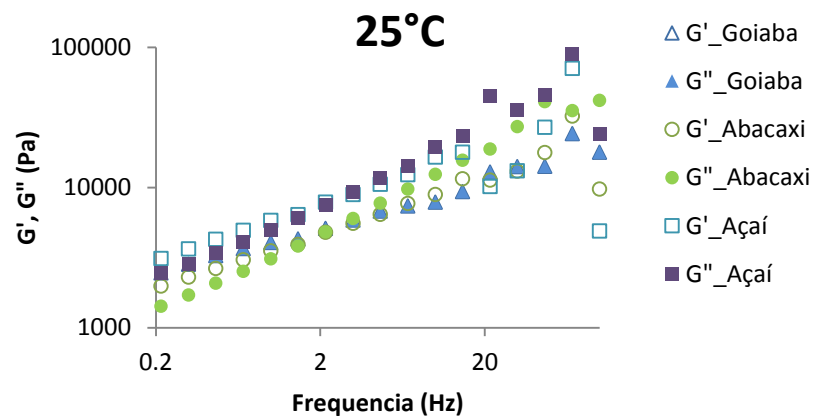


**Figura 16.** Varredura de tensão para os recheios de goiaba, abacaxi e açaí a 25°C.

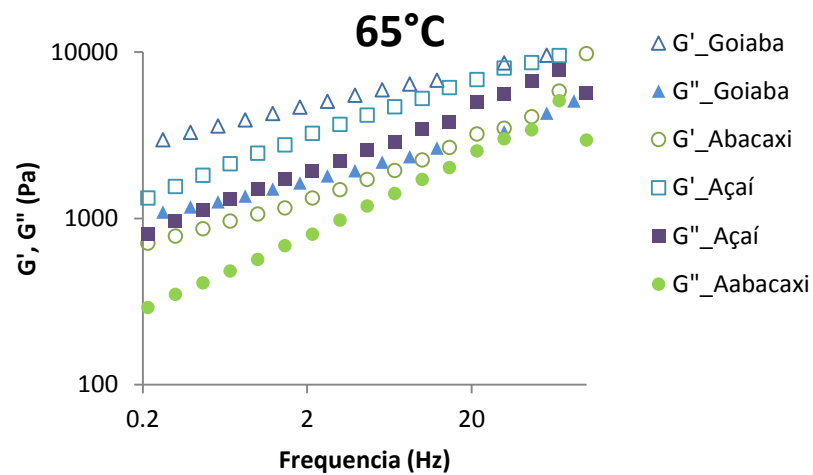


**Figura 17.** Varredura de tensão para os recheios de goiaba, abacaxi e açaí a 65°C.

A varredura de frequência deve ser realizada para caracterizar a conformação e as interações intermoleculares em sistemas com diferentes estados de coesão. As Figura 18 e 19 mostram varreduras de frequência, a uma tensão constante dentro da região de viscoelasticidade linear, indicando a dependência de  $G'$  e  $G''$  da frequência oscilatória aplicada, para as três formulações a 25°C e 65°C. Todas as formulações apresentaram  $G'$  maior que  $G''$  a baixíssimas frequências, indicando que o comportamento elástico sobrepõe o viscoso, fato que dificulta a operação por equipamentos. Esse comportamento muda rapidamente, ainda a baixas frequências, para as formulações de abacaxi e açaí, onde o  $G''$  passa a ser maior que o  $G'$  (Figura 18). O recheio de goiaba também apresenta essa característica, porém o fenômeno ocorre a maiores frequências. Isso pode ser observado melhor através da Tabela 17, que apresenta os valores de *crossover*, que é o ponto onde  $G'$  encontra  $G''$  e há mudanças no comportamento e estrutura do material.



**Figura 18.** Varredura de frequência dos recheios de goiaba, abacaxi e açai a 25°C.



**Figura 19.** Varredura de frequência dos recheios de goiaba, abacaxi e açai a 65°C.

**Tabela 17.** Dados de crossover para as três formulações.

Recheio	Temperatura	$CROSS-OVER(G'=G'')$
		Frequência (Hz)
Goiaba	25°C	$3,14 \times 10$
	65°C	$1,06 \times 10^4$
Abacaxi	25°C	2,45
	65°C	$1,75 \times 10^2$
Açai	25°C	4,53
	65°C	$1,42 \times 10^5$

O volume de partículas, forma e estado de agregação no sistema têm uma influência importante no comportamento reológico de um produto, tanto para sistemas estáticos ou dinâmicos (RICHMOND, 2002). Sistemas com pequenas partículas têm geralmente um

comportamento viscoso que domina o comportamento elástico. Já para sistemas com partículas maiores, predomina o comportamento elástico (ADAMS; FRITH; STOKES, 2004).

Segundo Munizaga-Tabilo e Barbosa-Canovas (2005), produtos a base de fruta apresentam  $G'$  e  $G''$  dependentes da frequência, caracterizando os recheios como géis fracos. Isso ocorre devido ao processo de relaxamento no interior do produto que apresenta uma pequena (<10) diferença entre a magnitude  $G'$  e  $G''$ , como ocorreu nas três formulações desenvolvidas, conforme Tabela 18.

**Tabela 18.** Magnitude de  $G'/G''$  a diferentes frequências (f).

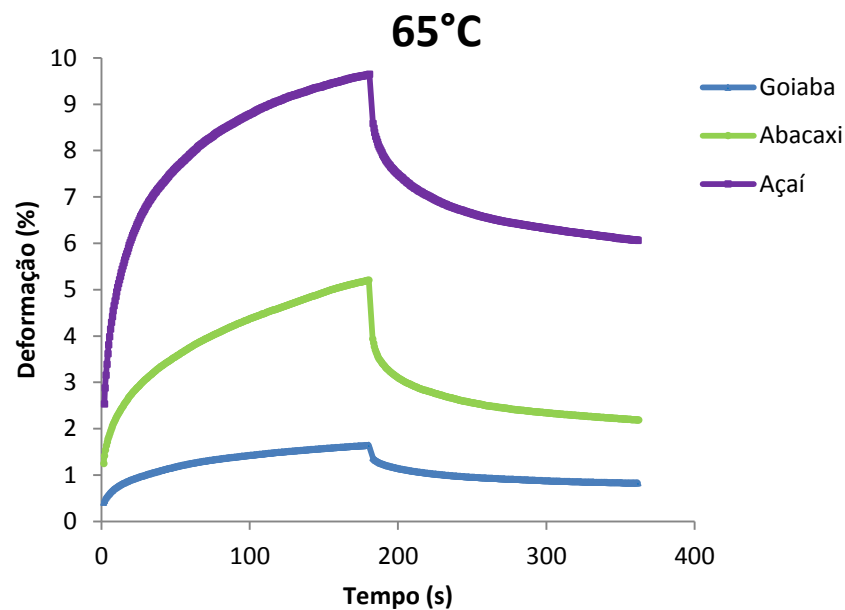
Goiaba	f (Hz)	$G'/G''$	Abacaxi	f (Hz)	$G'/G''$	Açaí	f (Hz)	$G'/G''$
	1	1,74		1	1,18		1	1,14
25°C	10	1,10	25°C	10	0,85	25°C	10	0,72
	100	0,62		100	0,20		100	0,23
	1	2,85		1	1,64		1	1,87
65°C	10	2,73	65°C	10	1,54	65°C	10	1,31
	100	2,21		100	1,95		100	3,31

A Figura 19 mostra a alteração do comportamento das formulações mediante o aumento da temperatura. A dependência de  $G'$  e  $G''$  permaneceu, porém o *cross-over* aumentou. Além disso, houve uma redução dos valores de  $G'$  e  $G''$  e um aumento na magnitude de  $G'/G''$  (Tabela 18). Desta forma, o aumento da temperatura alterou a estrutura das formulações, transformando-as em estruturas mais estáveis, quando comparadas a sua estrutura a 25°C. Agudelo (2014) encontrou resultados semelhantes ao avaliar a influência da adição de fécula de mandioca nativa em recheios de fruta com e sem pectina de baixa metoxilação.

Comportamento semelhante foi encontrado por Basu *et al.* (2011) quando avaliaram a substituição de sacarose por sorbitol em geleia de manga. Os resultados mostraram que o sorbitol tem um poder de supressão de atividade de água menor que a sacarose e para as varreduras de frequência, a 25°C, o  $G'$  foi maior do que  $G''$  em um tempo determinado da curva. Além disso, a medida que o teor de sorbitol aumentou, a magnitude de  $G'$  e  $G''$  diminuiu. Isso porque a teores de sólidos solúveis maiores existe uma dominância das forças de atração, devido a ligações de hidrogênio e associação hidrófoba.

O teste de fluência ou *creep* é um ensaio importante para simular fenômenos que ocorrem sob força gravitacional, tais como sedimentação e separação de fases, além de auxiliar na predição do tempo de vida útil (Shelf Life) (STEFFE, 1996). A recuperação da deformação aplicada em materiais viscoelásticos é parcial e controlada pela característica mais elástica ou viscosa da amostra, situando-se em uma posição intermediária entre um sólido e um líquido. Quanto maior for a fase de recuperação, maior será a característica viscoelástica da amostra. Esta técnica permite observar o comportamento viscoelástico de amostras com grande sensibilidade sem significativa perturbação da estrutura intramolecular (IAGHER *et al.*, 2002).

Os resultados obtidos nos testes de fluência (*creep*) e recuperação (*recovery*) para os recheios de goiaba, abacaxi e açaí a 65°C estão dispostos na Figura 20.



**Figura 20.** Teste de fluência e recuperação dos recheios de goiaba, abacaxi e açaí a 65°C.

Os resultados evidenciam que as formulações apresentaram diferentes magnitudes de recuperação mediante aquecimento. Como a recuperação é dependente do tempo, para se determinar esta com precisão, teoricamente, seria necessário um tempo infinito. Mas nesses testes práticos, pode-se observar que a recuperação, não total, já ocorreu em torno de 3 minutos, ou seja, a fração constante da curva de recuperação, em tempos maiores e sem tensão aplicada, permite a obtenção do quanto o material recuperou-se da tensão inicialmente aplicada. Esses valores podem ser observados na Tabela 19.

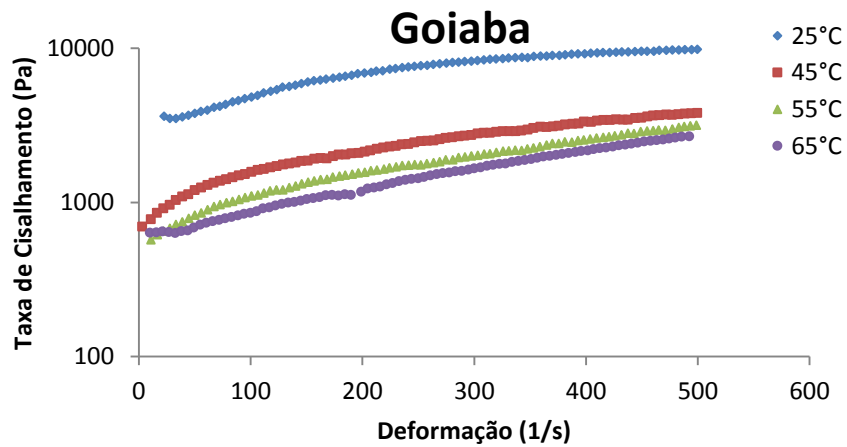
**Tabela 19.** Recuperação (%) dos recheios formulados.

Recheio	Recuperação
Goiaba	68%
Abacaxi	78%
Açaí	50%

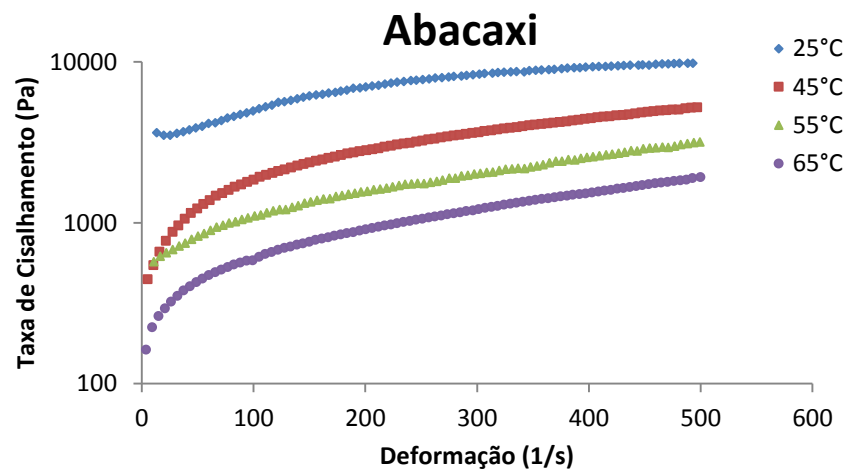
O recheio de açaí foi o que apresentou a menor recuperação, logo ele apresenta o caráter mais viscoso, comparando as três formulações. Como os testes de fluência foram realizados sob aquecimento, o comportamento mais viscoso do açaí, comparado as demais formulações. Pode ser explicado pelo teor de gordura presente no recheio decorrente da composição química da polpa de açaí. O recheio de abacaxi apresentou a maior recuperação, sendo, por tanto, o recheio com comportamento mais elástico mediante aquecimento.

#### 5.4.2. Regime estacionário

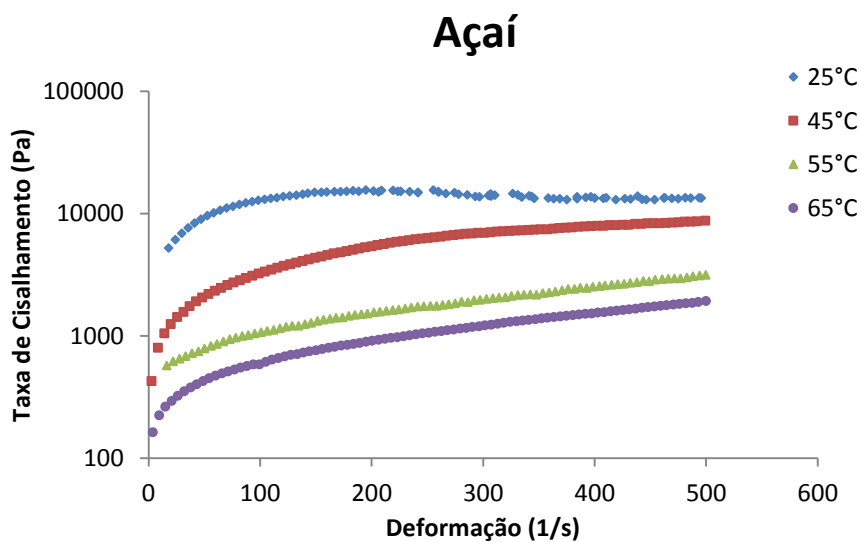
Os resultados das análises em regime estacionário que correspondem às curvas de fluxo e as curvas de viscosidade estão apresentados nas Figuras 21, 22 e 23, realizadas a 25°C, 45°C, 55°C e 65°C.



**Figura 21.** Curvas de fluxo a diferentes temperaturas do recheio de goiaba.



**Figura 22.** Curvas de fluxo a diferentes temperaturas do recheio de abacaxi.



**Figura 23.** Curvas de fluxo a diferentes temperaturas do recheio de açaí.

A forma como as partículas se agregam e a quebra de sua estrutura mediante uma tensão, levam a alterações de volume, apresentando uma reologia não linear, poisas partículas têm a capacidade de se deformarem, mudando sua forma e influenciando a reologia (ADAMS et al, 2004). A partir da Figura 16 é possível observar que o aumento da temperatura alterou o comportamento do material de forma expressiva, principalmente os recheios de abacaxi e açai. Para o recheio de goiaba, a partir de 45°C, as alterações da curva de fluxo foram menores quando comparada a curva de 25°C. Para melhor observação, foi necessária a utilização dos modelos matemáticos para a obtenção de parâmetros que facilitassem a caracterização do material.

Os dados experimentais foram ajustados pelos modelos de Ostwald de Waele (Lei da potência), Heschel-Bulkey, Casson e Bingham. Os resultados estão apresentados nas Tabelas 20, 21, 22 e 23, respectivamente.

**Tabela 20.** Parâmetros do modelo Ostwald de Waele para os recheios de goiaba, abacaxi e açai.

$\tau = K\dot{\gamma}^n$				
Recheio	Temperatura	K (Pas <sup>n</sup> )	n	R <sup>2</sup>
Goiaba	25°C	7,117 x 10 <sup>2</sup>	0,400	0,996
	45°C	1,310 x 10 <sup>2</sup>	0,540	0,996
	55°C	6,0 x 10 <sup>1</sup>	0,622	0,990
	65°C	2,909 x 10 <sup>1</sup>	0,695	0,980
Abacaxi	25°C	1,006 x 10 <sup>3</sup>	0,4547	0,999
	45°C	9,288 x 10 <sup>1</sup>	0,6488	0,998
	55°C	3,633 x 10 <sup>1</sup>	0,7015	0,999
	65°C	2,173 x 10 <sup>1</sup>	0,7088	0,994
Açai	25°C	1,825 x 10 <sup>3</sup>	0,4275	0,993
	45°C	1,749 x 10 <sup>2</sup>	0,6166	0,996
	55°C	6,500 x 10 <sup>1</sup>	0,7579	0,999
	65°C	2,200 x 10 <sup>1</sup>	0,9129	0,997

K\_índice de consistência, n\_índice de comportamento do fluido,  $\eta_p$ \_viscosidade plástica de Casson.

**Tabela 21.** Parâmetros do modelo Herschel-Bulkley para os recheios de goiaba, abacaxi e açai.

$\tau = \tau_0 + K\dot{\gamma}^n$					
Recheio	Temperatura	$\tau_0$ (Pa)	K (Pas <sup>n</sup> )	N	R <sup>2</sup>
Goiaba	25°C	1,373 x 10 <sup>3</sup>	2,595 x 10 <sup>2</sup>	0,537	0,998
	45°C	8,440 x 10 <sup>2</sup>	9,823	0,792	0,999
	55°C	7,020 x 10 <sup>2</sup>	1,361	0,875	0,998
	65°C	5,160 x 10 <sup>2</sup>	0,527	0,966	0,998
Abacaxi	25°C	1,412 x 10 <sup>3</sup>	1,542 x 10 <sup>3</sup>	0,398	0,999
	45°C	4,100 x 10 <sup>2</sup>	4,214 x 10 <sup>1</sup>	0,765	0,999
	55°C	2,540 x 10 <sup>2</sup>	1,302 x 10 <sup>1</sup>	0,855	0,999
	65°C	2,450 x 10 <sup>2</sup>	3,610	0,979	0,999

Açaí	25°C	3,483 x 10 <sup>3</sup>	3,834 x 10 <sup>3</sup>	0,319	0,996
	45°C	8,672 x 10 <sup>2</sup>	4,845 x 10 <sup>2</sup>	0,490	0,997
	55°C	3,622 x 10 <sup>2</sup>	2,194 x 10 <sup>1</sup>	0,898	0,999
	65°C	2,719 x 10 <sup>2</sup>	7,080	0,972	0,999

$\tau_0$ \_tensão de cisalhamento inicial, K\_índice de consistência, n\_índice de comportamento do fluido,  $\eta_p$ \_viscosidadeplástica de Casson.

**Tabela 22.** Parâmetros do modelo de Casson para os recheios de goiaba, abacaxi e açaí.

$$\tau^{1/2} = \tau_0^{1/2} + \eta_p(\gamma)^{1/2}$$

Recheio	Temperatura	$\tau_0$ (Pa)	n	$\eta_p$	R <sup>2</sup>
Goiaba	25°C	1,965 x 10 <sup>3</sup>	0,500	4,950	0,995
	45°C	4,547 x 10 <sup>2</sup>	0,500	3,176	0,998
	55°C	2,328 x 10 <sup>2</sup>	0,500	3,024	0,996
	65°C	1,238 x 10 <sup>2</sup>	0,500	2,577	0,989
Abacaxi	25°C	2,877 x 10 <sup>3</sup>	0,500	1,254 x 10 <sup>1</sup>	0,986
	45°C	3,503 x 10 <sup>2</sup>	0,500	5,678	0,999
	55°C	1,351 x 10 <sup>2</sup>	0,500	3,552	0,999
	65°	8,429 x 10 <sup>1</sup>	0,500	2,218	0,998
Açaí	25°C	3,304 x 10 <sup>3</sup>	0,500	3,029 x 10 <sup>1</sup>	0,9719
	45°C	6,081 x 10 <sup>2</sup>	0,500	8,832	0,9915
	55°C	1,437 x 10 <sup>2</sup>	0,500	8,865	0,9995
	65°C	3,237 x 10 <sup>1</sup>	0,500	1,100 x 10 <sup>1</sup>	0,9986

$\tau_0$ \_tensão de cisalhamento inicial, n (0,5)\_índice de comportamento do fluido,  $\eta_p$ \_viscosidade plástica de Casson.

**Tabela 23.** Parâmetros do modelo de Bingham para os recheios de goiaba, abacaxi e açaí.

$$\tau = \tau_0 + \eta_p \gamma$$

Recheio	Temperatura	$\tau_0$ (Pa)	$\eta_p$	R <sup>2</sup>
Goiaba	25°C	3,143 x 10 <sup>3</sup>	1,241 x 10 <sup>1</sup>	0,975
	45°C	9,356 x 10 <sup>2</sup>	5,813	0,999
	55°C	5,402 x 10 <sup>2</sup>	5,231	0,997
	65°	3,638 x 10 <sup>2</sup>	3,776	0,996
Abacaxi	25°C	5,077 x 10 <sup>3</sup>	2,625 x 10 <sup>1</sup>	0,961
	45°C	8,920 x 10 <sup>2</sup>	9,184	0,996
	55°C	4,029 x 10 <sup>2</sup>	5,099	0,998
	65°	2,563 x 10 <sup>2</sup>	3,170	0,991
Açaí	25°C	5,597 x 10 <sup>3</sup>	6,655 x 10 <sup>1</sup>	0,938
	45°C	1,436 x 10 <sup>3</sup>	1,420 x 10 <sup>1</sup>	0,981
	55°C	5,415 x 10 <sup>2</sup>	1,132 x 10 <sup>1</sup>	0,999
	65°	3,037 x 10 <sup>2</sup>	1,200 x 10 <sup>1</sup>	0,999

$\tau_0$ \_tensão de cisalhamento inicial,  $\eta_p$ \_viscosidade plástica de Bingham.

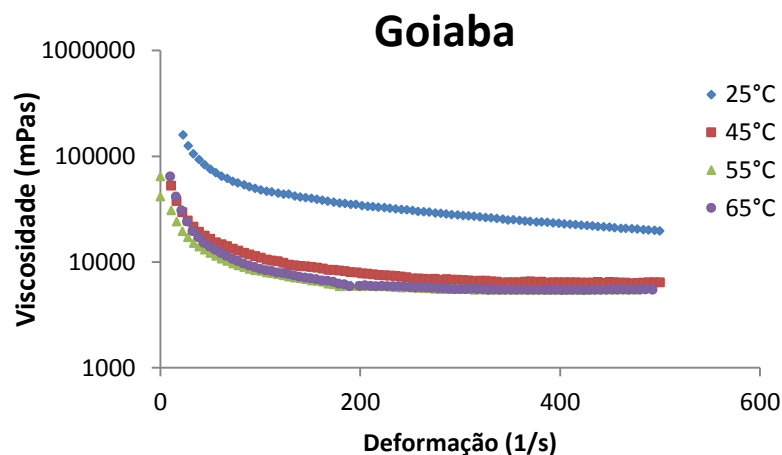
Por meio do índice de correlação ( $R^2$ ) é possível observar que os quatro modelos matemáticos aplicados representaram bem o comportamento dos recheios. Porém, o modelo que apresentou os melhores ajustes foi o modelo de Herschel-Bulkey.

Os índices de consistência ( $K$ ) indicam o grau de resistência do fluido ao deslocamento e o índice de comportamento ( $n$ ) indica fisicamente o nível de afastamento do fluido do modelo newtoniano (MACHADO, 2002). Desta forma, tanto pelo modelo de Herschel-Bulkley quanto pelo modelo de Ostwald de Waele houve redução dos índices de consistência, indicando que o aumento de temperatura reduziu a resistência das formulações ao escoamento. Características semelhantes foram encontradas por Cabral, Queiros e Figueiredo (2002) em polpa de cupuaçu e Silva (2011) na avaliação reológica de doce em massa produzido com soro de leite de cabra, leite de vaca e polpa de umbu.

Foi observado também um aumento do índice de comportamento com o aumento da temperatura, onde as formulações se distanciam cada vez mais do comportamento newtoniano. Além disso, apresentam valores absolutos menores que 1 (um) caracterizando todas as formulações como fluidos pseudoplásticos.

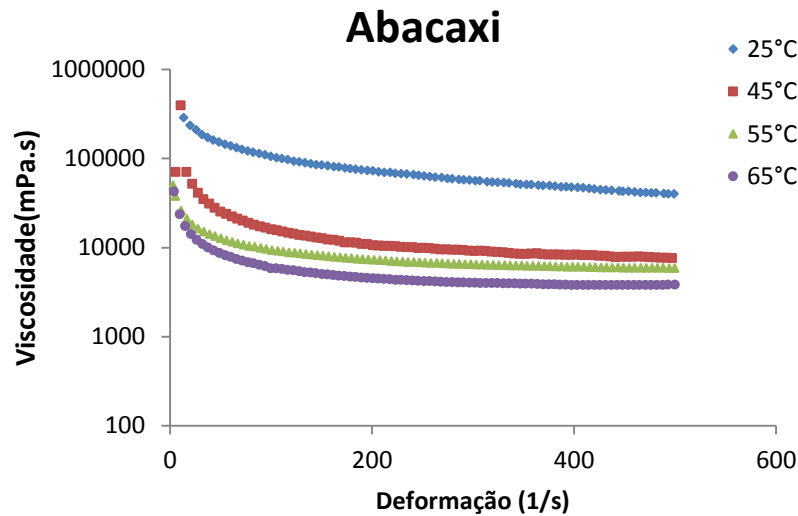
O valor da tensão limite de escoamento ( $\tau_0$ ) é estimado por extrapolação através do gráfico de tensão cisalhante ( $\tau$ ) versus taxa de cisalhamento ( $\dot{\gamma}$ ) em coordenadas cartesianas.

Pelos modelos aplicados, em todos os casos a tensão limite de escoamento foi reduzida com o aumento da temperatura, indicando que a elevação da temperatura melhora as propriedades de escoamento, facilitando as etapas de processamento. Tal característica também pode ser observada pelas curvas de viscosidade dispostas na Figura 24, Figura 25 e Figura 26 onde é nítida a redução da viscosidade com a temperatura. O recheio de goiaba apresentou a maior redução a 45°C, quando comparada à curva de 25°C e as curvas de 55°C e 65°C quase não apresentaram redução quando comparadas à de 45°C. Comportamento diferente foi observado nos recheios de abacaxi e açaí, que tiveram reduções em todas as faixas de temperaturas. Essa análise já sinaliza que o recheio de goiaba é menos afetado pela temperatura, quando comparado aos demais recheios. Esse tipo de comportamento, definido pela redução da viscosidade aparente ( $\eta$ ) pelo aumento da taxa de deformação ( $\dot{\gamma}$ ), confirma o caráter pseudoplástico das formulações.

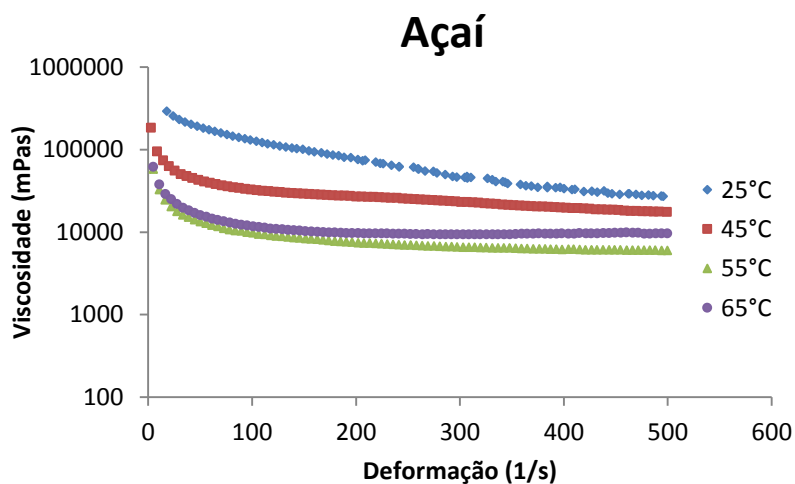


**Figura 24.** Curvas de viscosidade a diferentes temperaturas do recheio de goiaba.



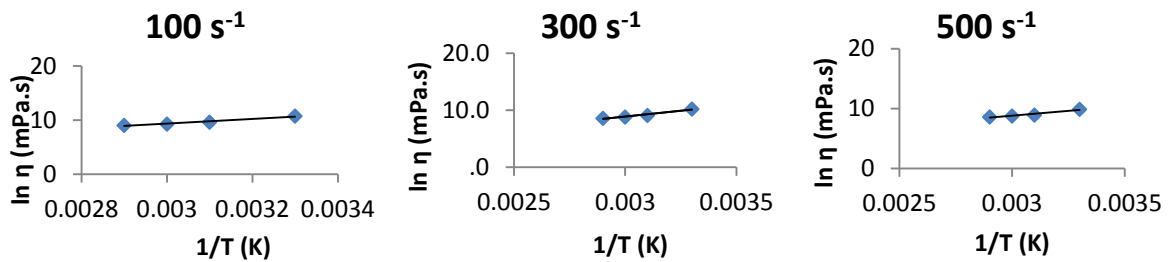


**Figura 25.** Curvas de viscosidade a diferentes temperaturas do recheio de abacaxi.

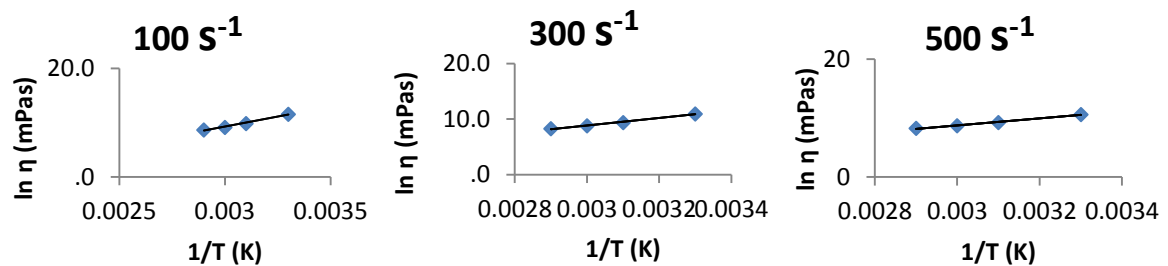


**Figura 26.** Curvas de viscosidade a diferentes temperaturas do recheio de açaí.

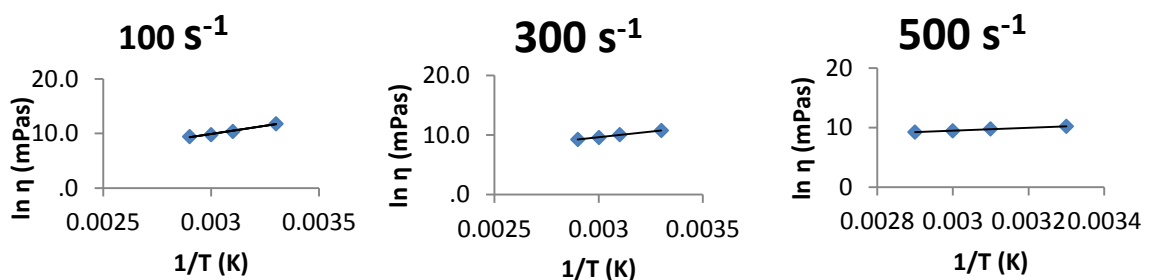
A quantificação da influência da temperatura sobre um material foi realizada mediante um ajuste não linear dos dados de viscosidade aparente ( $\eta_a$ ) à equação de Arrhenius (Eq. 11). Através do coeficiente angular das retas apresentadas na Figura 18, 19 e 20, obteve-se os valores de energia de ativação dos recheios nas temperaturas de 25, 45, 55 e 65°C. Os parâmetros estão apresentados na Tabela 23 para a viscosidade aparente nas taxas de 100, 300 e 500s<sup>-1</sup>, pois estes constituem valores importantes nas operações industriais de processamento, onde a taxa de deformação é sempre maior que 100s<sup>-1</sup> (STEFFE, 1996).



**Figura 27.** Ajuste da viscosidade aparente pela equação de Arrhenius para recheio de goiaba.



**Figura 28.** Ajuste da viscosidade aparente pela equação de Arrhenius para recheio de abacaxi.



**Figura 29.** Ajuste da viscosidade aparente pela equação de Arrhenius para recheio de açai.

De acordo com a Tabela 24 pode-se perceber que a equação de Arrhenius ajustou-se bem aos recheios, o que pode ser evidenciado pelos coeficientes de correlação elevados, variando de 0,934 a 0,996. O maior valor de energia de ativação foi do recheio de abacaxi, indicando este ser o recheio que sofre maior influência da temperatura. Em seguida, o recheio de açai, e, por último, o de goiaba. Desta forma, confirma-se o comportamento das curvas de viscosidade, caracterizando o recheio de goiaba como o que menos sofre influência da temperatura. Isso pode ser explicado em função do teor de pectina normalmente presente na polpa de goiaba, que é expressivamente maior do que das polpas de abacaxi e açai. No processo de gelatinização da pectina ATM, presente naturalmente na polpa de goiaba, ocorre a formação de géis termicamente irreversíveis, ou seja, que não sofre influência da temperatura. Já na gelatinização da pectina de baixa metoxilação (BTM), utilizada nas formulações, o gel formado é termorreversível (EVAGELIOU, RICHARDSON, MORRIS, 2000).

A energia de ativação é necessária para movimentar as moléculas. À medida que a temperatura aumenta, o líquido flui mais facilmente devido à maior energia de ativação em maiores temperaturas (GURSES et al. 2005).

**Tabela 24.** Valores e Energia de Ativação ( $E_a$ ) e índice de correlação ( $R^2$ ).

Recheio	$\gamma$	$E_a$ (kcal/mol)	$R^2$
Goiaba	100 s <sup>-1</sup>	8,729	0,970
	300s <sup>-1</sup>	8,310	0,957
	500s <sup>-1</sup>	6,483	0,934
Abacaxi	100 s <sup>-1</sup>	14,622	0,984
	300s <sup>-1</sup>	13,319	0,989
	500s <sup>-1</sup>	11,825	0,991
Açaí	100 s <sup>-1</sup>	11,869	0,986
	300s <sup>-1</sup>	7,613	0,996
	500s <sup>-1</sup>	4,846	0,995

Os valores de energia de ativação foram próximos aos obtidos por Moura *et al.* (2011) em geleias light de morango (13 kcal/mol) e goiaba (15 kcal/mol) e Machado, 2012, ao avaliar a reologia de doce de manga enriquecido com resíduos provenientes do processamento de polpas.

### 5.5 Textura Instrumental

Os biscoitos recheados foram armazenados ao longo de 30 dias em embalagens de polipropileno biorientado metalizado com 12 amostras cada um, como observado na Figura 30.

**Figura 30.** Embalagem com biscoitos recheados.

Os resultados do teste de resistência à flexão dos biscoitos recheados estão dispostos na Tabela 25. É possível verificar que para o biscoito de goiaba e açaí, a força exercida para o rompimento dos biscoitos aumentou significativamente a partir do 8º dia de armazenamento e manteve-se constante até o 29º dia de armazenamento. Já para as amostras de biscoito de abacaxi a força só aumenta significativamente a partir do 15º dia de armazenamento. Ou seja,

o biscoito de abacaxi demorou mais tempo para atingir o equilíbrio do sistema biscoito-recheio quando comparado aos biscoitos de goiaba e açaí. Este equilíbrio deve ter ocorrido quando cessou a migração de água do recheio para a matriz amilácea, que é o biscoito.

**Tabela 25.** Teste de resistência a flexão dos biscoitos recheados.

Amostras	FRATURABILIDADE (N)				
	T0	T8	T15	T22	T29
BiscoitoGoiaba	1,679 <sup>b</sup>	4,982 <sup>a</sup>	6,072 <sup>a</sup>	6,243 <sup>a</sup>	6,102 <sup>a</sup>
BiscoitoAbacaxi	2,045 <sup>b</sup>	2,691 <sup>b</sup>	3,682 <sup>ab</sup>	5,037 <sup>a</sup>	5,060 <sup>a</sup>
BiscoitoAçaí	2,074 <sup>b</sup>	4,670 <sup>a</sup>	5,262 <sup>a</sup>	4,844 <sup>a</sup>	5,130 <sup>a</sup>

To\_biscoito fresco; T8\_biscoito armazenado por 8 dias; T15\_biscoito armazenados por 15 dias; T22\_biscoitos armazenados por 22 dias; T29\_bisocitosarmazenados por 29 dias.). <sup>a</sup>médias com a mesma letra na linha não diferem significativamente entre si a um nível de significância de 5% pelo teste Tukey.

Os resultados do teste de resistência ao corte dos biscoitos recheados estão dispostos na Tabela 26. Observa-se que para o biscoito de goiaba e abacaxi não houve variação de força necessária para cortar o biscoito. Com o biscoito de açaí ocorreu uma redução da força a partir do 8º dia de armazenamento. Além disso, para os biscoitos frescos, pode-se observar que o biscoito de açaí apresentou maior força para o corte do que os biscoitos de goiaba e abacaxi. Esse resultado pode ser correlacionado com as características reológicas do recheio a 25°C, pelo fato das análises de textura terem sido realizadas sob essa temperatura. Segundo Steffe (1996), o processo de mastigação e deglutição apresenta uma taxa de deformação que varia de  $10^1$  a  $10^2$  s<sup>-1</sup>. As viscosidades obtidas em uma deformação de 100 s<sup>-1</sup> apresentaram valores maiores para o recheio de açaí quando comparado ao recheio de goiaba e abacaxi.

**Tabela 26.** Teste de resistência ao corte dos biscoitos recheados.

Amostras	DUREZA (N)				
	T0	T8	T15	T22	T29
Biscoito Goiaba	1,313 <sup>a</sup>	1,217 <sup>a</sup>	0,861 <sup>a</sup>	0,966 <sup>a</sup>	1,151 <sup>a</sup>
BiscoitoAbacaxi	0,948 <sup>a</sup>	0,751 <sup>a</sup>	0,834 <sup>a</sup>	0,810 <sup>a</sup>	0,898 <sup>a</sup>
Biscoito Açaí	2,041 <sup>a</sup>	1,049 <sup>b</sup>	0,909 <sup>b</sup>	0,971 <sup>b</sup>	1,087 <sup>b</sup>

To\_biscoito fresco; T8\_biscoito armazenado por 8 dias; T15\_biscoito armazenados por 15 dias; T22\_biscoito armazenados por 22 dias; T29\_biscoito armazenados por 29 dias.). <sup>a</sup>médias com a mesma letra na linha não diferem significativamente entre si a um nível de significância de 5% pelo teste Tukey.

Características semelhantes aos dos biscoitos de goiaba e abacaxi foram encontradas por Silva et al. (2015), que avaliaram a dureza de biscoito recheados com substituição parcial de gordura por polpa de abacate ao longo dos 30 dias de armazenamento e observaram que os valores de dureza não se alteraram até o 30º dia de armazenamento.

## 5.6 Avaliação microbiológica

A qualidade microbiológica dos biscoitos foi avaliada tanto dos biscoitos recheados frescos (Tabela 27) quanto dos biscoitos recheados armazenados (Tabela 28) por um período de 30 dias.

Pela RDC n° 12 de 02 de janeiro de 2001 para doce em massa e geleias a base de frutas deve-se realizar contagem de bolores e leveduras com limite máximo de  $10^4$  UFC/g. Já para biscoito com recheio, o padrão de qualidade microbiológica deve ser avaliado pela análise de Coliformes a  $45^\circ\text{C}$  com limite de  $10^2$  NMP; *Staphylococcus* Coagulase Positiva com limite de  $10^3$  UFC/g e ausência de *Salmonella* sp. Existe ainda o grupo de Bactérias Aeróbias Mesófilas, que crescem em uma faixa de temperatura de 20 a  $45^\circ\text{C}$ , tendo como temperatura ótima de  $32^\circ\text{C}$  e apesar de não estar presente na RDC n° 12 de 2001, indicam a qualidade com que o alimento foi obtido ou processado e sua presença em altas contagens é indicativa de procedimentos higiênicos inadequados na produção, beneficiamento ou na conservação dependendo da origem da amostra (BRASIL, 2001; FRANCO; LANDGRAF, 1996).

Todas as bactérias patogênicas de origem alimentar são mesófilas. Sendo assim, a alta contagem de mesófilas, que crescem à mesma temperatura do corpo humano, significa que houve condições para que esses patógenos se multiplicassem. A legislação não exige uma contagem máxima, mas considerando o processo de deterioração por esse tipo de microrganismo, a contagem deve estar igual ou superior a  $10^6$  UFC/g do alimento (FRANCO; LANDGRAF, 1996).

Granada *et al.*(2005) avaliaram a estabilidade microbiológica de geléia *light* de abacaxi e obtiveram uma contagem de coliformes a  $45^\circ\text{C}$  e bolores e leveduras inferior ao limite exigido pela RDC n°12 ( $10^2$  NMP e  $10^4$  UFC/g, respectivamente), semelhante aos resultados obtidos para todos os três sabores de biscoitos frescos. Almeida *et al.* (2009) obtiveram o mesmo resultado para goiabada formulada com diferentes edulcorantes.

De acordo com os resultados obtidos, observa-se que as amostras de biscoito armazenadas apresentaram um aumento da contagem de bactérias aeróbias mesófilas para os três sabores de biscoitos e também houve um aumento da contagem de bolores e leveduras, principalmente dos biscoitos de abacaxi, ficando acima do limite estabelecido pela legislação para esse tipo de alimento e, no limite máximo, para que possam ser considerados deteriorados. Tanto para os biscoitos frescos, quanto para os armazenados, a contagem ficou abaixo do limite máximo exigido pela legislação para bons padrões microbiológicos (Tabelas 27 e 28).

**Tabela 27.** Avaliação microbiológica dos biscoitos recheados frescos.

Análise	Biscoito Fresco			
	Padrão	Goiaba	Abacaxi	Açaí
<i>Salmonellasp.</i>	Ausência em 25 mL	Ausência	Ausência	Ausência
Contagem de Coliformes a 45°C por NMP*	< 10 <sup>2</sup>	<3	<3	<3
Contagem padrão de Bactérias Aeróbias Mesófilas(UFC*/g)	< 10 <sup>6</sup>	5,0 x 10 <sup>1</sup> estimado	3,5 x 10 <sup>2</sup> estimado	<1,0 x 10 <sup>1</sup> estimado
Contagem de Bolores e Leveduras(UFC/g)	< 10 <sup>4</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup> estimado	<1,0 x 10 <sup>1</sup> estimado	<1,0 x 10 <sup>1</sup> estimado
<i>Staphylococcus</i> Coagulase Positiva (UFC/g)	< 10 <sup>2</sup>	<100	<100	<100

\*NMP\_ número mais provável; UFC\_unidade formadora de colônia.

**Tabela 28.** Avaliação microbiológica dos biscoitos recheados armazenados ao longo de 30 dias.

Análise	Biscoito Armazenado_30 dias			
	Padrão	Goiaba	Abacaxi	Açaí
<i>Salmonellasp.</i>	Ausência em 25 mL	Ausência	Ausência	Ausência
Contagem de Coliformes a 45°C por NMP*	< 10 <sup>2</sup>	<3	<3	<3
Contagem padrão de Bactérias Aeróbias Mesófilas (UFC*/g)	< 10 <sup>6</sup>	1,4 x 10 <sup>6</sup>	2,0 x 10 <sup>5</sup>	8,4 x 10 <sup>5</sup>
Contagem de Bolores e Leveduras(UFC/g)	< 10 <sup>4</sup>	3,0 x 10 <sup>2</sup> estimado	7,0 x 10 <sup>5</sup>	2,0 x 10 <sup>3</sup>
<i>Staphylococcus</i> Coagulase Positiva (UFC/g)	< 10 <sup>2</sup>	<100	<100	<100

\*NMP\_ número mais provável; UFC\_unidade formadora de colônia

A análise de *Staphylococcus* Coagulase Positiva é importante para a confirmação de surtos de intoxicação alimentar e o controle higiênico-sanitário dos processos de produção de alimentos. Quando presente em alimentos serve como indicador de contaminação pós-processo e das condições de sanitização da área de processamento (MARTINS et al. 2009; FRANCO e LANDGRAF, 2005).

### 5.7 Composição centesimal

Os resultados da composição centesimal dos recheios estão apresentados na Tabela 29. Em função da carência de biscoitos coextrudados no mercado, foram analisadas amostras comerciais nos sabores de goiaba e chocateia fim de compará-las com os produtos obtidos

no presente trabalho. A base dos biscoitos comerciais é de farinhas de trigo e arroz e seus respectivos recheios recebem a adição de gordura vegetal (soja e palma). Isso explica o maior teor de gordura das amostras comerciais quando comparadas aos três biscoitos formulados de goiaba, açaí e abacaxi.

Levando-se em conta a comparação apenas dos biscoitos de goiaba, de acordo com a Tabela 28, pode-se avaliar a intensa redução do teor de gorduras totais (95%) do biscoito formulado em relação à amostra comercial, o que pode caracterizá-lo como “light em gordura” ou ainda “Não contém gordura” por apresentar um teor de gordura inferior a 0,5 g/100g, segundo a Portaria nº27, de 13 de janeiro de 1998 (BRASIL, 1998a). Embora exista essa redução de gorduras totais, o teor calórico apresentou uma redução de apenas 14%, que pode ser explicada pelo maior teor de carboidrato dos biscoitos formulados em relação aos comerciais.

O teor de fibra alimentar do biscoito recheado de goiaba formulado foi maior do que o comercial e acima de 6 g/100g, que é o limite mínimo estabelecido para considerar um alimento com alto teor de fibra alimentar (BRASIL, 1998a).

**Tabela 29.** Composição centesimal dos biscoitos recheados formulados e de amostras comerciais.

Análise	Biscoito				
	Goiaba	Abacaxi	Açaí	Goiaba Comercial	Chocolate Comercial
Umidade (g/100g)	12,52	11,00	11,17	9,5	3,45
Cinzas* (g/100g)	0,65	0,67	0,75	1,72	2,03
Proteínas* (g/100g)	2,43	2,78	2,78	6,86	7,08
Carboidratos* (g/100g)	90,00	93,88	90,43	78,95	74,71
Lipídeos* (g/100g)	0,37	0,35	2,40	8,28	13,16
Fibra Alimentar* (g/100g)	6,55	2,33	3,64	4,19	3,01
Valor Calórico (Kcal/100g)	326,32	346,87	350,37	378,05	430,27

\*resultados expressos em base seca.

Lima e SabaaSrur (1999) avaliaram o teor de fibras alimentares em doce cremoso de goiaba adicionado de goma guar e obtiveram um resultado que justifica esse alto teor de fibras do biscoito de goiaba. Para as fibras alimentares solúveis o teor foi de 2,89 g/100g e de fibras alimentares insolúveis foi de 4,39, que somados dão 7,28 g/100g. O valor acima do obtido pela formulação pode ser explicada pela adição da guar, que vai contribuir para a elevação do teor de fibras solúveis.

O elevado teor protéico das amostras comerciais pode ser explicado pela adição de farinha de soja em suas formulações, conforme descrição na embalagem dos produtos.

## 6 CONCLUSÃO

Os recheios de goiaba, abacaxi e açaí foram desenvolvidos satisfatoriamente, apesar de não terem atingido o nível de atividade de água desejado ( $< 0,5$ ), e a partir dos resultados das replicatas conclui-se que existe boa reprodutibilidade na obtenção dos mesmos.

As características reológicas dos recheios mostraram que todas as formulações apresentaram comportamento pseudoplástico, com o índice de comportamento menor que 1 e o modelo matemático que melhor descreve o comportamento foi o modelo de Herschel-Bulkley. O recheio de goiaba foi o que menos sofreu influência da temperatura aplicada no sistema, quando comparado ao recheio de açaí e abacaxi e também mostrou-se mais fisicamente estruturado. Isso pode ser explicado pelo maior teor de pectina da polpa de goiaba, gerando diferenças na formulação dos géis.

Na avaliação da estabilidade do produto, ou seja, do biscoito já recheado, foi possível concluir que a estabilidade foi atingida a partir da segunda e terceira semana, porém o tempo de armazenamento foi curto para avaliar se futuramente haveria ou não alterações na textura do material.

Em relação à composição química dos biscoitos recheados, foi possível concluir que os recheios apresentaram ausência de gordura, quando comparado aos existentes no mercado. A redução de açúcar não foi tão marcante para alterar a classificação do produto, de forma que o teor carboidrato acabou sendo maior do que o apresentado no mercado. O biscoito de goiaba apresentou elevado teor de fibras, podendo ser classificado como “fonte de fibra”.

Microbiologicamente todas as formulações apresentaram alta contagem para Anaeróbias Mesófilas e apenas o biscoito de abacaxi excedeu o limite da legislação para contagem de bolores e leveduras sob condições de armazenamento de 30 dias. Desta forma, existe a necessidade de melhorias de processamento e condições de armazenamento, além do controle da matéria prima para atingir a qualidade ideal de consumo.

## 7 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

√ Estabelecer melhorias nas condições de processamento e/ou armazenamento de modo a reduzir a carga microbiana do produto final;

√ Realizar análise sensorial do produto de forma a verificar a aceitação do biscoito recheado.

√ Avaliar a estabilidade do produto obtido, quanto à textura e sinerese, por um maior tempo de armazenamento;

√ Realizar determinações de compostos bioativos de forma a verificar a influência dos tratamentos térmicos na estabilidade desses compostos;

√ Realizar a determinação do tamanho de partícula das formulações e o teor de pectina em cada polpa de fruta utilizada;

√ Avaliar a redução do valor calórico do material com a adição de edulcorante natural.



## 8 BIBLIOGRAFIA

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Análise sensorial de alimentos e bebidas** – NBR 12806. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 8p.
- AGUDELO, A., VARELA, P., TERESA SANZ, FISZMAN, S. Formulating fruit fillings. Freezing and baking stability of a tapioca starch-pectin mixture model. **Food Hydrocolloids**, Spain, v. 40, p. 203 – 213, 2014.
- ADAMS, S.; FRITH, W. J.; STOKES, J. R. Influence of particle modulus on the rheological properties of agar microgels suspensions. **Journal of Rheology**, v. 48, p. 1195- 1213, 2004.
- ADHIKARI, B., HOWES, T., BJANDARI, B.R., TROUNG, V. Effect of addition of maltodextrin on drying kinetics and stickiness of sugar and acid-rich foods during convective drying experiments and modelling. **Journal of Food Engineering**, v. 62, p. 53–68, 2004.
- AGUIAR, A.L.L., VIEIRA, A.D.S., SILVA, M.M.G., ANDRADE, F.J.E.T. **Avaliação da aceitação do doce em pasta de abacaxi (*Arábiccomosus(L.) Merrill*) com casca**, 2009. In: IV CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE E NORDESTE DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA, Belém-PA, 2009.
- ALBUQUERQUE, E. M. B., ALMEIDA, F. A. C., F. A. C., GOMES, J. P., CEZAR ALVES, N. M. C. A., SILVA, W. P. Production of “peanut milk” based beverages enriched with umbu and guava pulps. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 14, p. 61–67, 2015.
- ALEXANDRE, D., CUNHA, R.L., HUBINGER, M.D. Conservação do açaí pela tecnologia de obstáculos. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 114-119, 2004.
- ALMEIDA, E.L., RAMOS, A.M., BINOTTI, M.L., CHAUCA, M.C., STRINGHETA, P.C. Análise de perfil de textura e aceitabilidade sensorial de goiabadas desenvolvidas com diferentes edulcorantes. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n.6, p. 697-704, nov/dez, 2009.
- ALVES, R. E., BRITO, E. A., RUFINO, M. S. M., SAMPAIO, C. G. Antioxidant activity measurement in tropical fruits: a case study with acerola. **Acta Horticulturae**, v. 773, 299–305, 2008.
- ALVES, R.M.V., GARCIA, E.E.C., BORDIN, M.R. Influence of packaging material/ sealing on the quality of biscuit. **Journal of Plastic Film & sheeting**, v. 15, p. 57 – 71, 1999.
- ALVES, C.C.O., RESENDE, J.V., PRADO, M.E.T., CRUVINEL, R.S.R. The effects of added sugars and alcohols on the induction of crystallization and the stability of the freeze-dried peki (*Caryocarbrasiliense*Camb.) fruit pulps. **Food Science and Technology**, Brasil, v. 43, p. 934–941, 2010.
- ANDRADE, A.S.A. Estudo do perfil sensorial, físico-químico e aceitação de queijo coalho produzido no estado do Ceará. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Campina Grande, Paraíba, 2011.
- AOAC.International.Official methods of analysis.16th edition. Arlington, USA. v. 2, 1997.

AOAC International. Official methods of analysis of AOAC International. 17th edition. Gaithersburg, MD, USA, Association of Analytical Communities, 2000.

AOCS. American Oil Chemists' Society. Official Method Am 5-04, Rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent extraction. Urbana: Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society, 2005.

ASSIS, M. M. M., MAIA, G. A., FIGUEIREDO, E. A. T., FIGUEIREDO, R. W., MONTEIRO, J. C. S. Processamento e estabilidade de geléia de caju. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.1, p.46-51, 2007.

BAIXAULI, R., et al. "Muffins with resistant starch: Baking performance in relation to the rheological properties of the batter." **Journal of Cereal Science**, v. 47, n.3, p. 502-509, 2008.

BÁRCENAS, M. E., ROSELL, C. M. Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat bread. **Food Hydrocolloids**, v. 19, p. 1037–1043, 2005.

BARCLAY, T., GINIC-MARKOVIC, M., COOPER, P., & PETROVSKY, N. INULIN — A versatile polysaccharide with multiple pharmaceutical and food chemical uses. **Journal of Excipients and Food Chemistry**, v.1, n.3, p. 27–50, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Anvisa. Resolução - CNNPA nº 12, de 30 de março de 1978a. A Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos, em conformidade com o artigo nº 64, do Decreto-lei nº 986, de 21 de outubro de 1969 e de acordo com o que foi estabelecido na 410ª. Diário Oficial da União. 1978 24 jul. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br>. Acesso em: 08 Jan. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Anvisa. Resolução Normativa nº 9, de 1978b. Doce em pasta. Disponível em: Acesso em 09 de jan. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Anvisa. Portaria nº 27 de 13 de janeiro de 1998a. A Diretoria Colegiada da ANVISA/MS aprova Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes), constantes do anexo desta Portaria. Diário Oficial da União. 1998 27 jan. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br>. Acesso em: 07 Jan.. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Anvisa. Portaria nº 41 de 14 de janeiro de 1998b. A Diretoria Colegiada da ANVISA/MS aprova Regulamento Técnico para ROTULAGEM NUTRICIONAL DE ALIMENTOS EMBALADOS, constante do anexo desta Portaria. Diário Oficial da União. 1998 21 jan. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br>. Acesso em: 07 Jan.. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Anvisa. Portaria nº 29, de 13 de janeiro de 1998b. Secretária de Vigilância Sanitária, do Ministério da Saúde, no uso de suas atribuições legais pela necessidade de fixar a identidade e as características mínimas de qualidade a que devem obedecer os ALIMENTOS PARA FINS ESPECIAIS; Diário Oficial da União. 1998 jan. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br>. Acesso em: 09 Jan. 2016.

BRASIL.Ministério da Saúde. Anvisa. RDC nº 40, de 21 de março de 2001 A Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária no uso da atribuição que lhe confere o art. 11 inciso IV do Regulamento da ANVISA aprovado pelo Decreto n.º 3.029, de 16 de abril de 1999, c/c o § 1º do art. 111 do Regimento Interno aprovado pela Portaria n.º 593, de 25 de agosto de 2000. Diário Oficial da União. 2001 22 dez. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br>. Acesso em: 09 Jan.. 2016.

BRASIL. Federação da Agricultura do Estado do Paraná. Pineapple. 2009. Disponível em: <http://www.faep.com.br/legislacao/anexo1.asp>. Acesso em: 07 ago. 2014

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Produção e Comercialização. Departamento de Comercialização. Balança Comercial do Agronegócio. Brasília, DF. 2000. 25 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Instrução Normativa Nº 01, de 7 de Janeiro de 2000. Regulamento Técnico Geral para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de fruta conforme consta do Anexo I desta Instrução Normativa. Brasília, 2000. Disponível em: [www.agricultura.rs.gov.br](http://www.agricultura.rs.gov.br). Acesso em: 10 Jan. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Anvisa. Resolução RDC n.12, de 02 de janeiro de 2001. A Diretoria Colegiada da ANVISA/MS aprova Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos.Diário Oficial da União. 2001 10 jan. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br>. Acesso em: 07 Jan.. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Anvisa. Resolução RDC n.360, de 23 de dezembro de 2003. A Diretoria Colegiada da ANVISA/MS aprova Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Diário Oficial da União. 2003 26 set. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br>. Acesso em:21 Dez. 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Anvisa. Resolução RDC n.265, de 22 de setembro de 2005. Aprova Regulamento Técnico para balas, bombons e gomas de mascar. Disponível em: Acesso em: 12 Dez. 2015.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. POF: Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: Antropometria e Estado Nutricional de Crianças, Adolescentes e Adultos no Brasil, Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Anvisa. Legislação. Compêndio da Legislação Brasileira de Aditivos de Alimentos. mar, 2011. Brasília, Disponível em:<http://portal.anvisa.gov.br>.Acesso em: 09 Jan. 2016.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da extração vegetal e da silvicultura 2011. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2011>. Acesso em: 27 de out. 2014.

BIGLIARDI, B., GALATI, F. Ofunctionalfoods. **Trends in Food Science & Technology**, Italy, v. 31, n. 2, p. 118-129, 2013.

BOYLE, E. A. E., SOFOS, J. N., & SCHMIDT, G. R. Depression of aw by soluble and insoluble solids in alginate restructured beef heart meat. **Journal of Food Science**, 58, 959–967, 1993.

CALORIE CONTROL COUNCIL. Polyols. Disponível em: <<http://www.polyols.org>> Acesso em: 12 Dez. 2015.

CARDOSO, V.F. Desenvolvimento de doce de fruta em massa funcional de valor calórico reduzido, pela combinação de goiaba vermelha e yacon desidratados osmoticamente e acerola. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

CASTRO, A. G. **A química e a reologia no processamento dos alimentos**. Lisboa, 2003.295 p.

CARVAJAL, P. A., MACDONALD, G. A., & LANIER, T. Cryostabilization mechanism of fish muscle proteins by maltodextrins. **Cryobiology**, v. 38, p. 16-26,1999.

CHANTARO, P., PONGSAWATMANIT, R. Influence of sucrose on thermal and pasting properties of tapioca starch and xanthan gum mixtures, Thailand. **Journal of Food Engineering**, Thailand, v. 98, p. 44–50, 2010.

CHRONAKIS, I. S. On the molecular characteristics, compositional properties and structural-functional mechanisms of maltodextrins: a review. **Critical Reviews in Food Science**, v. 38, p. 599-637, 1998.

CINDIO, B., GABRIELE, D., POLLINI, C.M., PERESSINI, D., C, SENSIDONI, A. Filled snack production by coextrusion-cooking:1. Rheological modelling of the process.**Journal of Food Engineering**, v. 52, p.67–74, 2002.

CONLON, M., BIRD, A. The Impact of Diet and Lifestyle on Gut. **Microbiota and Human Health. Nutrients**, v. 7, n. 1, p. 17–44, 2015.

CROPOTOVA, J., TYLEWICZU, U., DELLAROSA, N., LAGHI, L., ROMANI, S., ROSA, M.D. Effect of freezing on microstructure and degree of syneresis in differently formulated fruit fillings. **Food Chemistry**, v. 195, p. 71–78, 2016.

DAUCHET,L., AMOUYEL, P., HERCBERG, S., DALLONGEVILLE, J. Fruit and Vegetable Consumption and Risk of Coronary Heart Disease: A Meta-Analysis of Cohort Studies. **The Journal of Nutrition\_Nutritional Epidemiology**, France, v. 136, p. 2588–2593, 2006.

ETTRE, L. S. "Nomenclature for chromatography (IUPAC Recommendations 1993)." **Pure and Applied Chemistry**, v. 65, n.4, p. 819-872, 1993.

EVAGELIOU, V., RICHARDSON, R.K., MORRIS, E.R. Effect of pH, sugar type and thermal annealing on high-methoxy pectin gels. **Carbohydrate Polymer**, v. 42, p. 245–259, 2000.

FALCONE, R. G., & PHILLIPS, R. D. Effects of feed composition, feed moisture and barrel temperature on the physical and rheological properties of snack-like products prepared from cowpea and sorghum flours by extrusion. **Journal of Food Science**, v.53, n. 5, p. 1464–1469, 1988.

FAO, 2010. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: [www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org). Acesso em: jul. 2014.

FAO, 2010. Food and Agriculture Organization of the United Nations – Committee on Commodity Problems. Tropical Fruits Compendium. Disponível em: [http://www.fao.org/unfao/bodies/ccp/ccp66/Index\\_en.htm](http://www.fao.org/unfao/bodies/ccp/ccp66/Index_en.htm). Acesso em: out. 2014.

FDA. 2006. Code of Federal Regulations, 21 CFR 582.1320, Title 21, Vol. 6, 21CFR582.1320. Disponível em: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2002-title47-vol1/pdf/CFR-2002-title47-vol1-sec15-13.pdf>. Acesso: 12 de dez. 2015.

FERNANDEZ, M. L. Pectin: composition, chemistry, physicochemical properties, food applications, and physiological effects. In S. S. Cho, & M. L. Dreher (Eds.), **Handbook of Dietary Fibre**. New York: Marcel Dekker, Inc. 2001. p. 583-602.

FERREIRA, Catherine Zilá. Composição de geleias de morango preparadas com açúcar, sucos de frutas ou edulcorantes. 2013. 29 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Nutrição). Faculdade de Ciência da Saúde, Brasília.

FIZMAN, S. M.; DURAN, L. Effect of fruit pulps and sucrose on the compression response of different polysaccharides gel systems. **Carbohydrate Polymers**. v. 17, n. 1, p. 11-17, 1992.

FRAEYE, I., COLLE, I., VANDEVENNE, E., DUVETTER, T., BUGGENHOUT, S.V., MOLDENAERS, P., LOEY, A. V., HENDRICKX, M., Influence of pectin structure on texture of pectin–calcium gels. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Belgium, V. 11, p. 401–409, 2010.

FRANCO, B.D.G. de M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2005. 182 p.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. **Tecnologia de alimentos: Princípios e aplicação**. São Paulo: Nobel, 2008. 505p.

GORDON, A., CRUZ, A.P.G., CABRAL, L.M.C., FREITAS, S.C., TAXI, C.M.A.D., DONANGELO, C.M., R.A., FRIEDRICH, M., MATTA, V.M., MARX, F. Chemical characterization and evaluation of antioxidant properties of Açaí fruits (*Euterpe oleracea* Mart.) during ripening. **Food Chemistry**, v. 133, p. 256–263, 2012.

GAGLIARDI, A. C. M.; FILHO, J. M.; SANTOS, R.D. Perfil nutricional de alimentos com alegação de zero gordura trans. **Revista Associação Médica Brasileira**, v.55, n.1, 2009.

GRANADA, G.G., ZAMBIANZI, R.C., MENDONÇA. ABACAXI: produção, mercado e subprodutos. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 22, n. 2, p. 405-422, 2004.

GRANADA, G.G., ZAMBIANZI, R.C., MENDONÇA, C.R.B., SILVA, E. Caracterização física, química, microbiológica e sensorial de Geléias light de abacaxi. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 629-635, 2005.

GRANT, W.D. Life at low water activity. **Philosophical Transactions Royal**, Lond. B, UK, v. 359, p. 1249–1267, 2004.

GUILBERT, S., CLEMENT, O., & CHEFTEL, J. C. Relative efficiency of various aw-lowering agents in aqueous solutions and in intermediate moisture foods. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v. 14, p. 245–251, 1981.

HARRY, M., PYLYPIW, JR., GREY, M. T. Rapid high-performance liquid chromatography method for the analysis of sodium benzoate and potassium sorbate in foods. **Journal of Chromatography**, v. 883, p. 299–304, 2000.

HIRASHIMA, M., TAKAHASHI, R., & NISHINARI, K. Changes in the viscoelasticity of maize starch pastes by adding sucrose at different stages. **Food Hydrocolloids**, 19, 777-784, 2005.

HOLDSWORTH, S. D. Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behaviour of fluid food products. **Journal of Texture Studies**, v. 2, p. 393-418, 1971.

IAGHER, F.; REICHER, F.; GANTER, J. L.M. S. Structural and rheological properties of polysaccharides from mango (*Mangifera indica* L.) pulp. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.31, p.9-17, 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Produção Agrícola Mundial. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br> Acesso em: 27 out. 2014.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. Brasília, v.1, 4ª Edição, p.1018,2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p.1020. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br> Acesso em: 21 dez. 2015.

JACKIX, M. H. **Doces, geléias e frutas em calda**. Campinas: UNICAMP/SP, 1988. 172p.

JINDRA, J. A., HANSEN, J.P. Low water activity filling. US 6770316 B2, 03 ago, 2004.

KANG, J., XIE, C., LI, Z., NAGARAJAN, S., SCHAUSS, A.G., WU, T., WU, X. Flavonoids from acai (*Euterpe oleracea*) pulp and their antioxidant and anti-inflammatory activities. **Food Chemistry**, China, v. 128, p. 152–157, 2011.

KAWATRA, S. K.; BAKSHI, A. K.; MILLER, T. E. Rheological characterization of mineral suspensions using a vibrating sphere and a rotational viscometer. **International Journal of Mineral Processing**, v. 44, p. 155-165, 1996.

- KAUR, C., KAPOOR, H. C. Antioxidants in fruits and vegetables ± the millennium's health. **International Journal of Food Science and Technology**, Indian, v. 36, p. 703±725, 2001.
- LABUZA, T.P., HYMAN, C.R. Moisture migration and control in multi-domain foods. **Trends in Food Science & Technology**, USA, v. 9, p. 47±55, 1998.
- LAGO, E.S., GOMES, E., SILVA, R. PRODUÇÃO DE GELÉIA DE JAMBOLÃO (*Syzygiumcumini* Lamarck): PROCESSAMENTO, PARÂMETROS FÍSICO – QUÍMICOS E AVALIAÇÃO SENSORIAL. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n 4, p. 847-852, out.-dez. 2006.
- LAZAR, M.A. How obesity causes diabetes: not a tall tale. **Science**, v. 307, p. 373–375, 2005.
- LE, A. S.; MULDERING, K. B. Sorbitol and mannitol. In: NABORS, L. O. B.; GELARDI, R. C., eds. *Alternative sweeteners*. 3.ed. New York: Marcel Dekker, p.34- 41, 2001.
- LEGAZ, M. E., VICENTE, C. Sugar alcohols. **Carbohydrates**, p.427-439, 2005.
- LEITE, K. M. S. C., TADIOTTI, A. C., BALDOCHI, D., & OLIVEIRA, O. M. M. F. Partial purification, heat stability and kinetic characterization of the pectin methyl esterase from Brazilian guava, Paluma cultivars. **Food Chemistry**, v. 94, p. 565–572, 2006.
- LI, R.; CARPENTER, J. A.; CHENEY, R. Sensory and instrumental properties of smoked sausage made with Mechanically Separated Poultry (MSP) meat and wheat protein. **Journal of Food Science**, v. 63, n. 5, 1998.
- LIMA, A. S. et al. Study of process variables on the kinetics of the osmotic dehydration of melon. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Brazil, v. 24, n. 2, p. 282-286, 2004.
- LIVESEY, G. (2003). Health potential of polyols as sugar replacers, with emphasis on low glycaemic properties. **Nutrition Research Reviews**, v. 16, n. 2, p. 163-191, 2003.
- LOBANCO, C. M.; VEDOVATO, G. M.; CANO, C. B.; BASTOS, D. H. M. Fidedignidade de rótulos de alimentos comercializados no município de São Paulo, SP. **Revista de Saúde Pública**, v.43, n.3, 2009.
- LONGO-SILVA, G., TOLONI, M.H.A., TADDEI, J.A.A.C. "Traffic light labelling: traduzindo a rotulagem de alimentos." **Revista Nutrição**, v. 23, n.6, p. 1031-1040, 2010.
- LUCHESE, C.L., GURAK, P.D., MARCZAK, L.D.F. Osmotic dehydration of physalis (*Physalisperuviana* L.): Evaluation of water loss and sucrose incorporation and the quantification of carotenoids. **LWT - Food Science and Technology**, v. 63, p. 1128-1136, 2015.
- MACHADO, J. C. V. Fluido de Perfuração. [S.l.]: Progarma Trainer Petrobras-UMBA/ST/EP, 2002b.
- MANICA, I.; KIST, H.; MICHELETTO, E.L.; KRAUSE, C.A. Competição entre quatro cultivares e duas seleções de goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.8, p.1305-1313, 1998.

MARCOTTE, M., TAHERIAN HOSHAHILI, R. A., & RAMASWAMY, S. H. Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. **Food Research International**, v. 34, p. 695-703, 2001.

MARTINS, S.C.S., MARTINS, C.M., ALBUQUERQUE, L.M.B., FONTELES, T.V., REGO, S.L., JUNIOR, G.S.F. Perfil de resistência de cepas de *Staphylococcus* coagulase positiva isoladas de manipuladores de alimentos. **Boletim CEPPA**, Curitiba v. 27, n. 1, p. 43-52 jan./jun. 2009.

MARTINVILLE, J.A.S., CHIRIFE, J. Buenos Aires. **Low water activity flavored filling for baked flour based**. Int. Cl.7A21D 13/00. US 6,660,314 B2. Jul. 11, 2002. Dec. 9, 2003.

MCCLEMENTS, J. **Food Biopolymers and Colloids Research**Laboratory.University of Massachusetts Amherst.Disponível em: <<http://www.unix.oit.umass.edu/~mcclemen/581Rheology.html>. > Access: 27/10/2014.

MILJKOVIC, D., & BIGNAMI, G. S. Nutraceuticals and methods of obtaining nutraceuticals from tropical crops.USA. Application Number: 10/992.502. Google Patent, 2002.

MONTENEGRO, F.M.,GOMES-RUFFI, C.R., VICENTE, C.A., , COLLARES-QUEIROZ, F.P. , STEEL, C.J. Biscoitos de polvilho azedo enriquecidos com fibras solúveis e insolúveis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, p. 184-191, 2008.

MORGADO, I. F.; AQUINO, C. N. P.; TERRA, D. C. T. Aspectos econômicos da cultura do abacaxi: sazonalidade de preços no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 26, n. 1, p. 44-47, 2004.

MORRIS, E. R. Food polysaccharides and their applications. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 517-546.

MOTA, C.J.A., SILVA, C.X.A., GONÇALVES, V.L.C. Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da glicerina de produção de biodiesel. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 639-648, 2009.

MUNIZAGA-TABIIO, G.; BARBOSA-CANOVAS, G. V. Rheology for the food industry.**Journal of Food Engineering**, v. 67, p. 147-156, 2005.

NISHINARI, K., ZHANG, H., IKEDA, S. Hydrocolloid gels of polysaccharides and proteins. **Current Opinion in Colloid and Interface Science**, v. 5, p. 195–201, 2000.

NORA, C.D., MÜLLER,C.D., BONA, G.S., RIOS, A.O., , HERTZ, P.F., JABLONSKI, A., JONG, E.V., FLORES, S.H. Effect of processing on the stability of bioactive compounds from red guava (*Psidiumcattleyanum* Sabine) and guabiju (*Myrcianthespungens*).**Journal of Food Composition and Analysis**, Brazil, v. 34, p. 18–25, 2014.

OBEROI, D. P. S., SOGI, D. S. Effect of drying methods and maltodextrin concentration on pigment content of watermelon juice powder. **Journal of Food Engineering**, v. 165, p. 172–178, 2015.



OBON, J. M., DIAZ-GARCIA, M. C., & CASTELLAR, M. R. Red fruit juice quality and authenticity control by HPLC. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 6, 760–771, 2011.

OLIVEIRA, J.A.R., CARVALHO, A.V., MARTINS, L.H.S., MOREIRA, D.K.T. Elaboração e caracterização físico-química e sensorial de estruturados de polpa concentrada de abacaxi. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara v. 23, n. 1, p. 23-31, 2012.

PAIVA, E. P., LIMA, M.S., PAIXÃO, J.A. Pectina: propriedades químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. **Revista Iberoamericana de Polímero**, V. 10, n. 4, 2009.

PAN, C. Diabetes care in China: meeting the challenge. **World Hospitals and Health Services**, China, v. 41, n. 3, p. 29–32, 2005.

PAPAGEORGIOUS, M.; GOTHARD, M. G. Structural and textural properties of calcium induced, hot made alginate gels. **Carbohydrate Polymers**, v. 24, n.3, p. 199-207, 1994.

PAZ, M., GÚLLON, P., BARROSO, M.F., CARVALHO, A.P., DOMINGUES, V.F., GOMES, A.M., BECKER, H., LONGHINOTTI, E., DELERUE-MATOS, C. Brazilian fruit pulps as functional foods and additives: Evaluation of bioactive compounds, Portugal. **Food Chemistry**, Portugal, v. 172, p. 462–468, 2015.

PELEGRINE, D. H., SILVA, F.C., GASPARETTO, C.A..Rheological behavior of pineapple and mango pulps. **LWT-Food Science and Technology**, v. 35, n.8, p. 645-648, 2002.

PEREIRA, N.J.L. Comportamento reológico e propriedades termofísicas de polpa de goiaba. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2011.

PERESSINI, D. et al. Filled snacks production by co-extrusion-cooking. Part 3.A rheological-based method to compare filler processing properties. **Journal of Food Engineering**, v. 54, p. 227-240, 2002.

RATHEE, P., CHAUDHARY, H., RATHEE, S., RATHEE, D., KUMAR, V., & KOHLI, K. Mechanism of action of flavonoids as anti-inflammatory agents: A review. v. 8, n. 3, p. 229-235, July, 2009.

RAO, M. A.; RIZVI, S. S. **Engineering properties of foods**, New York, MarcelDekker, 1986.

RICHMOND, W. Fudge manufacturing methods and formulas choice confections. **Manufacturing Confectioner**, v. 82, p. 69-91, 2002.

RIBOTTA, P., & ROSELL, C. M. Effects of enzymatic modification of soybean protein on the pasting and rheological profile of starch–protein systems. **Starch/Stärke**, v. 62, p. 373–383, 2010.

ROGÉRIO, M.C.P.; BORGES, I.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M.; PIMENTEL, J.C.M.; MARTINS, G.A.; RIBEIRO, T. P.; COSTA, J.B.; SANTOS, S.F.; CARVALHO,

F.C. Valor nutritivo do resíduo da indústria processadora de abacaxi (*Ananascomosus L.*) em dietas para ovinos. 1. Consumo, digestibilidade aparente e balanços energético e nitrogenado. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.59, n.3, p.773-781, 2007.

ROLIN, C., DE VRIES, J. **Food Gels: Pectin**. Lille Skensved, Denmark: Springer, 1990.

ROSELL, C. M., YOKOYAMA, W., SHOEMAKER, C. Rheology of different hydrocolloids–rice starch blends. Effect of successive heating–cooling cycles. **Carbohydrate Polymers**, Spain, v. 84, p. 373–382, 2011.

ROSSO, V. V., 2013. Bioactivities of Brazilian Fruits and the Antioxidant Potential of Tropical Biomes, Brazil. **Food and Public Health**, Brazil, v. 3, n. 1, p. 37-51, 2013.

SANDERSON, G.R. Polysaccharides in foods. **Food Technology**, Chicago, p. 50-83, 1981.

SANTOS, L.O., RIASCOS, A.V., Effect of processing and storage time on the vitamin C and lycopene contents of nectar of pink guava (*Psidiumguajava L.*), Colombia, 2010. ARCHIVOS LATINO AMERICANOS DE NUTRICION.

SCHAUSS, A.G., WU, X., PRIOR, R.L., OU, B., PATEL, D., HUANG, D., KABABICK, J.P. Phytochemical and Nutrient Composition of the Freeze-Dried Amazonian Palm Berry, *Euterpe oleraceae* Mart. (Acai). **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 54, p. 8598–8603, 2006.

SEAB/DERAL. Secretaria de Estado da agricultura e do abastecimento do Paraná, SEAB, Departamento de Economia Rural, DERAL. 2012. Disponível em: < [www.agricultura.pr.gov.br](http://www.agricultura.pr.gov.br)>. Acesso em: 15 maio. 2013.

SEMENOVA, M. G., ANTIPOVA, A. S., & BELYAKOVA, L. E. Food protein interactions in sugar solutions. **Current Opinion in Colloid and Interface Science**, v. 7, p. 438–444, 2002.

SHADIDI, F. Antioxidant factors in plant foods and selected oilseeds. **Biofactors**, Canada, v. 13, p. 179–185, 2000.

SHARMA, S. K.; MULVANEY, S.J.; RIZVI, S. S. H. **Food processing engineering theory and laboratory experiments**. United States of America: Wiley-Interscience, 2000, 348p.

SIEFARTH, C.; TYAPKOVA, O.; BEAUCHAMO, J.; SCHWEIGGERT, U.; BUETTNER, A.; BADER, S. Influence of polyols and bulking agents on flavour release from low-viscosity solutions. **Food Chemistry**, v.129, p.1462-1468, 2011.

SINGH, R. P.; HELDMAN, D. R. **Introduction to food engineering**, Academic Press, San Diego, 1993.

SRISA-NGA, S., FLOOD, A.E., WHITE, E.T.. The secondary nucleation threshold and crystal growth of  $\alpha$ -glucose monohydrate in aqueous solution. **Cryst. Growth Des**, v. 6, p. 795–801, 2006.

SRIAMORNSAK, P. Chemistry of pectin and its pharmaceutical uses: A review. **Silpakorn University International Journal**, v. 3, p. 206–228, 2003.

SILVA, M. A., SOBRAL, P. J. A., KIECKBUSCH, T. G. State diagrams of freeze dried camucamu (*myrciariadubia (hbk) mc vaug*) with and without maltodextrin addition. **Journal of Food Engineering**, v. 77, n. 3, p. 426–432, 2006.

SILVA, M.S.S. Avaliação reológica e sensorial de doce cremoso produzido com soro de leite de cabra, leite de vaca e polpa de umbu, Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2004.

SILVA, D.L.S., NOGUEIRA, G.D.R., DUZZIONI, A.G., BARROZO, M.A.S. Changes of antioxidant constituents in pineapple (*Ananascomosus*) residue during drying process. **Industrial Crops and Products**, Brazil, v.50, p. 557– 562, 2013.

SILVA, M. F., LOURENCETTI, R. E., MARCHI, L. B., MARQUES, D. R., CHINELLATO, M. M., SANTOS JUNIOR, O. O. S., VISENTAINER, J. V., GIRIBONI MONTEIRO, A. R. G. Desenvolvimento e caracterização de biscoito recheado de chocolate com substituição parcial da gordura hidrogenada por polpa de abacate. **Revista Tecnológica**, Maringá, p. 327-335, 2015

SOUZA, C.L., MELO, G.M.C., ALMEIDA, S.C.S. Avaliação da qualidade do açaí (euterpe oleracea, mart.) comercializado na cidade de Macapá – AP. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 17, n. 2, p. 127-136, 1999.

SOLER, M.P. Frutas, compotas, doce em massa, geleias e frutas cristalizadas para micro e pequena empresa. Campinas: ITAL, 1995. 73 p.

SOŁOWIEJ, Bartosz et al. The effect of fat replacement by inulin on the physicochemical properties and microstructure of acid casein processed cheese analogues with added whey protein polymers. **Food Hydrocolloids**, v. 44, p. 1-11, 2015.

STABLE MICRO SYSTEMS. UserManual.TextureAnalyser TA XT2i, Godalming, versions 6.10 and 7.10. Fasdfafas: Stable Micro Systems, 1997.

STEFFE, J. F. **Rheological Methods in Food Process Engineering**. 2ª Edição. Freeman Press, East Lansing, Michigan State, USA. 1996. 418p.

SUN, Y.H.C. Health concern, food choice motives, and attitudes toward healthy eating: The mediating role of food choice motives. **Appetite**, Taiwan, v. 51, p. 42–49, 2008.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, Elsevier, v. 13, p. 215-225, 2002.

THIBAUT, J. F., RALET, M. C. Physico-chemical properties of pectins in the cell walls and after extraction. In F. Voragen, H. Schols, & R. G. F. Visser (Eds.), **Advances in pectin and pectinase research**, France: Kluwer Academic Publisher, p. 91–105, 2003.

TOLONI, M.H.A., SILVA, G.L., GOULART, R.M.M., TADDEI, J.A.A.C. Introdução de alimentos industrializados e de alimentos de uso tradicional na dieta de crianças de creches públicas no município de São Paulo. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.24, n. 1, 2011.

TORREZAN, R., JARDINE, J.G., VITALI, A.A. Efeito da adição de solutos e ácidos em poupa de goiaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas v. 19, n.1, Campinas, 1999.

VARGAS-SOLÓRZANO, J.W., CARVALHO, C.W.P., TAKEITI, C. Y., ASCHERI, J.L.A., QUEIROZ, V.A.V. Physicochemical properties of expanded extrudates from colored sorghum genotypes. **Food Research International**, v.55, p. 37–44, 2014.

VERBEKE, W., Functional foods: Consumer willingness to compromise on taste for health? **Food Quality and Preference**, v. 17, n. 1–2, p. 126-131, 2006.

VITALI, A. A., RAO, M. A. Flow properties of low-pulp concentrated orange juice: effect of temperature and concentration. **Journal of Food Science**, v. 49, n. 3, p. 882-888, 1984.

WEI, Y.P., WANG, C.S., WU, J.S.B. Flow properties of fruit fillings. **Food Research** , Taiwan, v. 34, p. 377 – 381, 2001.

WEINER, G.; NUSSINOVITCH, A. Succulent hydrocolloid – based, texturized grapefruit products. **Lebensm.-Wiss. Technol.**,v. 27, n. 4, p. 394-399, 1994.

WHITE, F.M. **Mecânica dos fluidos**. Sexta edição. New York: Mc Graw Hill. New York, 2007. 880p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Fruit and Vegetable Promotion Initiative-report of the meeting. p. 25 – 27 August 2003.