

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS**  
**CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**FRANCIELLE FERNANDES FELIPPE**

**APLICAÇÃO DO PSYLLIUM (*Plantago ovata*) COMO SUBSTITUTO DA  
PECTINA EM GELEIA DE ABACAXI**

**MEDIANEIRA**

**2021**

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS**  
**CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**FRANCIELLE FERNANDES FELIPPE**

**APLICAÇÃO DO PSYLLIUM (*Plantago ovata*) COMO SUBSTITUTO DA  
PECTINA EM GELEIA DE ABACAXI**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial para conclusão do curso da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira do curso de Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Gláucia Cristina Moreira

Co-orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Daiane Cristina Lenhard Farias

**MEDIANEIRA**

**2021**



**Ministério da Educação**  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Medianeira  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Coordenação Engenharia de Alimentos

---

**Francielle Fernandes Felipe**

**Aplicação do psyllium (*Plantago ovata*) como substituto da pectina em geleia de abacaxi.**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado às 14:00 horas do dia 07 de maio de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro(a) de Alimentos, do Curso de Bacharelado em Engenharia de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Gláucia Cristina Moreira (Orientadora)

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Daiane Cristina Lenhard Farias (Co-orientadora)

---

Prof.<sup>a</sup> MSc. Eliana Maria Baldissera (Banca)

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Carolina Castilho Garcia (Banca)

---

Francielle Fernandes Felipe (Aluno)

Medianeira, 07 de maio de 2021.

“O termo de aprovação assinado encontra-se na coordenação do curso”

Dedico este trabalho em especial à minha mãe Tânia, meu pai Marcos, minha irmã Tatiane e meu noivo Marco, os quais são minha base e meu maior amor, a conclusão desta etapa com certeza devo a vocês.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado forças, sabedoria e saúde para atravessar essa jornada.

Agradeço a minha mãe Tânia A. P. Felipe, ao meu pai Marcos F. Felipe, por acreditarem em mim e serem a minha maior força e estrutura, estando ao meu lado todo o momento, apoiando e incentivando sempre, com muito amor e carinho ao longo desses anos, muito obrigada, com certeza serei eternamente grata, pois sem vocês isso não seria possível.

Agradeço a minha irmã Tatiane P. F. Araújo por todo apoio, amor e carinho durante essa trajetória, você com certeza fez parte de todo esse momento.

Agradeço ao meu noivo Marco A. S. de Souza, por ser meu companheiro fiel e amigo em todas horas difíceis e em todas conquistas, por me ajudar a desenvolver o projeto, e me acalmar em cada etapa difícil, com muita paciência e amor, muito obrigada.

Agradeço a minha sogra Neusa da Silva e meu sogro Robson Silva, por todo carinho, apoio e amor a mim concedido, com certeza tudo isso me auxiliou na minha trajetória.

Agradeço também aos meus professores, em especial à minha orientadora Gláucia, à co-orientadora Daiane e à professora Carolina, por toda paciência e dedicação com esse projeto e comigo, obrigada por toda ajuda.

Agradeço aos meus amigos que fizeram parte dessa trajetória, e claro minha amiga Mirela que esteve comigo boa parte da graduação e no meu projeto me auxiliando e ajudando sempre.

Muito obrigada

## RESUMO

FELIPPE, F. F. **Aplicação do psyllium (*Plantago ovata*) como substituto da pectina em geleia de abacaxi**. 44f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2021. Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Gláucia Cristina Moreira e Co-orientadora Prof.<sup>a</sup> Dra. Daiane Cristina Lenhard Farias.

A produção de geleia é um método de conservação de frutas pelo uso do calor, sendo caracterizada pela sua baixa concentração de umidade e elevado teor de sólidos. Aliado a isto tem-se a alternativa de minimizar perdas, adicionando subprodutos de partes dos frutos, que podem conter maior quantidade de nutrientes se comparados com a polpa do fruto. O psyllium possui características pécticas, com alto teor de fibras, apresentando de 10 a 30% de mucilagem em sua casca. Com base nisso, o objetivo deste trabalho foi desenvolver geleia com polpa e farinha da casca do abacaxi, com substituição da pectina por mucilagem de psyllium. Foram elaboradas formulações de geleia extra com 0,25% de psyllium (referente a massa do açúcar) e 1% de farinha de casca de abacaxi, que foi obtida a partir de um processo de secagem da casca por 300 minutos, seguida de trituração e padronização da granulometria com malha de 20 mesh. Também foi elaborada uma formulação padrão com 50% da polpa do fruto, 50% de açúcar, 1% de pectina (referente a massa do açúcar) e 0,65% de ácido cítrico (referente a massa do açúcar). As formulações foram elaboradas com referência às Boas Práticas de Fabricação e ao padrão de identidade e qualidade da geleia. Para todas as formulações foram obtidas a medida instrumental de cor cujos dados se assemelharam a trabalhos encontrados na literatura. O pH das geleias apresentou características desejáveis, sendo obtido teores maiores para formulações adicionadas de farinha de casca de abacaxi. O mesmo efeito foi observado para o teor de sólidos solúveis (°Brix) com valores de 65,33 para a geleia padrão, 65,67 com psyllium, e 67,67 a 68,00 para as formulações contendo farinha de casca de abacaxi. Também foram encontrados teores maiores para a acidez titulável das geleias com farinha da casca do abacaxi. A atividade de água determinada foi na faixa de 0,84 a 0,88, sendo a menor obtida para formulação com psyllium. Para a farinha da casca de abacaxi foi determinado o coeficiente de difusividade efetiva da água durante a secagem cujo valor foi de  $1,51 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  com coeficiente de determinação de 0,95. Por fim, comparou-se o comportamento reológico das geleias elaboradas, verificando-se comportamento de fluido não newtoniano com características pseudoplásticas para todas as formulações. Ainda, verificou-se que a adição de psyllium aumentou a viscosidade da geleia. A geleia de abacaxi com psyllium e farinha da casca do abacaxi apresentou bons resultados, demonstrando ser viável a substituição da pectina por psyllium e o reaproveitamento do subproduto (casca do abacaxi).

**Palavras-chave:** Açúcar. Alimentos - Conservação. Fibras.

## ABSTRACT

FELIPPE, F. F. **Application of psyllium (*Plantago ovata*) as a substitute for pectin in pineapple jam**. 44f. Course Conclusion Work (Food Engineering) – Federal Technological University of Paraná, Medianeira, 2021. Advisor: Prof.<sup>a</sup> Dra. Gláucia Cristina Moreira e Co-advisor Prof.<sup>a</sup> Dra. Daiane Cristina Lenhard Farias.

The production of jelly is a method of preserving fruits by the use of heat, being characterized by its low concentration of moisture and high content of solids. Allied to this is the alternative of minimizing losses, adding by-products of parts of the fruits, which may contain a greater amount of nutrients when compared to the fruit pulp. Psyllium has pectic characteristics, with a high fiber content, with 10 to 30% mucilage in its bark. Based on this, the objective of this work was to develop jam with pulp and flour from pineapple peel, with replacement of pectin by psyllium mucilage. Extra jelly formulations were prepared with 0.25% psyllium (referring to the sugar mass) and 1% pineapple peel flour, which was obtained from a peel drying process for 300 minutes, followed by crushing and standardization of granulometry with 20 mesh. A standard formulation was also prepared with 50% of the fruit pulp, 50% of sugar, 1% of pectin (referring to the sugar mass) and 0.65% of citric acid (referring to the sugar mass). The formulations were prepared with reference to Good Manufacturing Practices and the standard of identity and quality of the jelly. For all formulations, the instrumental color measurement was obtained, whose data resembled works found in the literature. The pH of the jellies showed desirable characteristics, with higher levels being obtained for formulations added with pineapple peel flour. The same effect was observed for the content of soluble solids (°Brix) with values of 65.33 for standard jelly, 65.67 with psyllium, and 67.67 to 68.00 for formulations containing pineapple peel flour. Higher levels were also found for the titratable acidity of jellies with pineapple peel flour. The water activity determined was in the range of 0.84 to 0.88, the lowest being obtained for formulation with psyllium. For the pineapple peel flour, the effective diffusivity coefficient of water during drying was determined, whose value was  $1,51 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  with a coefficient of determination of 0.95. Finally, the rheological behavior of the elaborated jellies was compared, verifying the behavior of non-Newtonian fluid with pseudoplastic characteristics for all formulations. In addition, it was found that the addition of psyllium increased the viscosity of the jelly. Pineapple jelly with psyllium and pineapple peel flour showed good results, showing that it is feasible to substitute pectin for psyllium and reuse the by-product (pineapple peel).

**Keywords:** Sugar. Food - Conservation. Fibers.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Secagem.....	15
<b>Figura 2</b> – Formação de geleia em função da combinação pectina, açúcar e acidez.....	17
<b>Figura 3</b> – Possível estrutura do gel pectina-açúcar.....	18
<b>Figura 4</b> – Psyllium.....	19
<b>Figura 5</b> – Variação linear das tensões cisalhantes com o gradiente de velocidade para fluidos comuns.....	22
<b>Figura 6</b> – Curvas características de comportamento reológico de fluidos dependentes do tempo.....	22
<b>Figura 7</b> – Curvas características de comportamento reológico de fluidos não newtonianos independentes do tempo.....	23
<b>Figura 8</b> – Curva de secagem da casca do abacaxi.....	31
<b>Figura 9</b> – Perfil da viscosidade das geleias em relação à velocidade de rotação.....	37



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Comparação da composição centesimal da polpa e da casca do abacaxi.....	15
<b>Tabela 2</b> – Formulações de geleias produzidas com substituição da pectina por psyllium e adição da farinha da casca do abacaxi.....	28
<b>Tabela 3</b> – Análises granulométrica da farinha da casca de abacaxi.....	32
<b>Tabela 4</b> – Análise físico-químicas da Geleia de Abacaxi elaboradas.....	32
<b>Tabela 5</b> – Componentes colorimétricos das geleias de abacaxi elaboradas.....	34
<b>Tabela 6</b> – Análise Reológica da Geleia de Abacaxi com adição do psyllium como substituto da pectina.....	36

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b>	10
2	<b>OBJETIVOS</b>	12
2.1	OBJETIVO GERAL	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	13
3.1	ABACAXI	13
3.1.1	Utilização dos subprodutos do abacaxi	13
3.2	GELEIA	16
3.2.1	Pectina	17
3.3	PSYLLIUM	18
3.4	REOLOGIA	20
4	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	25
4.1	MATERIAIS	25
4.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	25
4.2.1	Secagem e preparo da farinha da casca do abacaxi	25
4.2.2	Modelagem matemática da secagem	26
4.2.3	Análises da farinha	27
4.2.4	Processamento da geleia	27
4.2.5	Reometria	28
4.2.6	Análises físico-químicas da geleia	29
4.2.7	Análise estatística	29
5	<b>RESULTADOS</b>	30
5.1	ANÁLISE DA FARINHA	30
5.1.1	Secagem	30
5.1.2	Granulometria	31
5.2	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA GELEIA	32
5.3	REOLOGIA DA GELEIA	35
6	<b>CONCLUSÕES</b>	38
	Referências	39

## 1 INTRODUÇÃO

A colheita de frutas e hortaliças é um grande desafio para o produtor, uma vez que, no campo, podem ocorrer alguns danos físicos nesses vegetais. As perdas pós-colheita podem surgir devido a fatores ligados não só a colheita, mas também ao manejo, armazenamento e transporte inadequado, causando modificações mecânicas, fisiológicas ou patológicas. Para redução destas perdas, existem diversos processamentos, como a desidratação, processamento mínimo, congelamento, conservação pelo uso de calor, aplicados a fim de reduzir a carga microbiana, teores de água e inativar enzimas, mantendo assim a qualidade do produto (FERREIRA, 2008; OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

As conservas de frutas que utilizam no seu processamento o calor são caracterizadas pela sua baixa concentração de umidade e elevado teor de sólidos, principalmente sacarose. A geleia é um dos produtos obtidos por este processo, em que se alia o suco ou polpa de frutas, com ácido, pectina e açúcar (OETTERER; REGINATO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

Durante a seleção das frutas destinadas para a fabricação de geleia, é realizada a separação daquelas com propriedades inferiores, dentre elas, as com danos mecânicos, aquelas em maturação fisiológica, deterioradas, manchadas e com doenças, e ainda se retiram materiais estranhos vindos do campo juntamente com as frutas. Escolhem-se as frutas sadias, com melhor aroma, sabor, cor, e pouco verdes, sendo o ideal que apresentem quantidade de pectina que resulte em geleia de boa qualidade tecnológica, a qual deve ter uma boa conservação sem que sofra alterações, preservando o aroma e o sabor da fruta original. Quando retirada a geleia do vidro, a mesma deve oscilar sem escorrer, não estando açucarada, sendo macia e firme. (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008; TORREZAN, 2003).

O abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill) é um fruto de clima tropical, da família Bromeliaceae, constituído por inflorescências, endosperma e embrião. O gênero *Ananas*, possui alta diversificação genética, sendo caracterizado pelos açúcares, compostos voláteis, elevada acidez e baixa concentração de pectina. A casca,

geralmente descartada, contém alto teor de fibras e nutrientes, em geral em teores maiores que os encontrados na polpa (GONDIM et al., 2005; VIEIRA et al., 2006).

A pectina é constituída por metil éster de ácido poligalacturônico, sendo um polissacarídeo linear, com grupo metoxila. Pode-se obter a pectina comercial de subprodutos do suco de maçã e frutas cítricas, sendo que a quantidade obtida varia conforme o tipo de fruta e a maturação da mesma (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

As fibras alimentares derivadas das partes comestíveis dos carboidratos e dos vegetais possuem efeito sobre a saciedade do ser humano, possuindo alta capacidade hidrofílica e formando um material gelatinoso em meio aquoso, o qual eleva seu volume. O psyllium da espécie *Plantago ovata*, oriundo da Ásia, Europa Mediterrânea e Norte da África, é classificado como fibra natural. As quantidades de partes solúveis e insolúveis em sua semente são de 20:80 respectivamente. Na cutícula (envoltório das sementes), conhecida como *psyllium husk*, o teor de fibras é de 70:30, sendo este o mais utilizado comercialmente (COSTA; ROSA, 2016).

Com o intuito de minimizar perdas e alcançar fonte diferenciada de pectina, objetivou-se com esse trabalho desenvolver geleia com polpa e farinha da casca do abacaxi e substituição da pectina por mucilagem de psyllium.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver geleia com polpa e farinha da casca do abacaxi, substituindo a pectina por farinha de psyllium.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Produzir a farinha da casca do abacaxi a partir da secagem.
- Modelar a cinética de secagem da casca do abacaxi.
- Realizar a análise granulométrica e determinar a umidade da farinha da casca do abacaxi.
- Desenvolver diferentes formulações de geleias com psyllium, farinha da casca do abacaxi e formulação padrão.
- Realizar as análises de atividade de água, cor, acidez, pH, sólidos solúveis das geleias desenvolvidas.
- Comparar a viscosidade e o comportamento reológico das diferentes formulações de geleia.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 ABACAXI

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* L. Merrill) é uma planta monocotiledônea, herbácea perene, da família Bromeliaceae, composto de caule (talo) curto e grosso, com folhas firmes ao redor, assim como no caule tem-se o pedúnculo que ampara as inflorescências e o fruto (EMBRAPA, 2000). O Brasil é o segundo maior produtor mundial de abacaxi com produção de 1.766.986 toneladas de frutos em 2018 (IBGE, 2018), ultrapassado somente pela Costa Rica segundo o Instituto Interamericano de Cooperação Agrícola (IICA, 2019).

O abacaxi é originário do Brasil, portanto é de clima tropical, sua colheita geralmente é realizada quando o fruto apresenta 50% da casca verde e 50% amarela. Para a indústria o ideal é que o fruto esteja totalmente amarelo, com polpa translúcida, e o teor de sólidos solúveis superior a 10 °Brix (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

Cada planta origina um fruto de elevado sabor e aroma característico, o qual pode ser utilizado tanto *in natura* quanto para diversas aplicações, como abacaxi em calda, sucos, pedaços desidratados e cristalizados, licor, aguardente e geleia (NASCENTE; DA COSTA; COSTA, 2005). Segundo Gondim et al. (2015), cada 100 g da parte comestível *in natura* do abacaxi contém aproximadamente 48 kcal, 86 % (m/m) de umidade inicial, 1 g de proteína, 0 g de lipídios, 1 g de fibra, e valores consideráveis de sais mineiras.

##### 3.1.1 Utilização dos subprodutos do abacaxi

O consumo de frutos e hortaliças vem aumentando devido à busca por uma alimentação cada vez mais saudável. Assim como, produtos prontos para o consumo,

reaproveitamento de subprodutos, praticidade e rapidez, vem se destacando no setor alimentício. O armazenamento e o transporte longo, faz com que haja aplicações de tecnologia pertinente de processamento para prolongar vida útil dos frutos, a fim de reduzir perdas, que chegam de 25% a 30% (OLIVEIRA, 2015).

Segundo a Organização das Nações Unidas Para a Alimentação e a Agricultura – FAO, estima-se que a produção mundial de subprodutos agroindustriais atinja 1,3 bilhões de toneladas de alimentos por ano, sendo 30% para os cereais, 40 a 50% de raízes, frutas e hortaliças, 20% para carne e produtos lácteos e 35% de peixes, sendo essa quantidade suficiente para alimentar bilhões de pessoas (FAO, 2018).

Os principais coprodutos gerados pelo processamento do abacaxi são as frações da casca, extremidades, cilindro central e a coroa. Lima et al. (2017) analisaram as proporções das partes do abacaxi e encontraram: 60% de polpa, 6,3% do cilindro central e 33,7% da casca. Segundo Botelho, Conceição e Carvalho (2002) essa alta porcentagem gerada de subprodutos pode ser aplicada no processamento de alimentos, devido ao alto teor de fibras e nutrientes, além do baixo valor calórico encontrado nessas partes da fruta.

No entanto, estes subprodutos ainda são considerados rejeitos nas indústrias, e são destinados para a alimentação animal, sendo que pelo menos 16% destina-se à alimentação de ovinos, de acordo com Rogério et al. (2007). A casca e o cilindro central do abacaxi podem ser considerados ricos em fibras, apresentando grande importância no processo digestivo animal e humano (BOTELHO; CONCEIÇÃO; CARVALHO, 2002).

Segundo Gondim et al. (2005) a composição centesimal da casca do abacaxi possui teores maiores em comparação aos da polpa do abacaxi (Tabela 1), sendo estes valores próximos aos encontrados por Lima et al. (2017).

Avaliando a composição centesimal da casca do abacaxi verifica-se a potencialidade de aplicação do subproduto para a produção de alimentos, pois são benéficos a saúde pelo alto teor de fibras e nutrientes (MORENO, 2016).

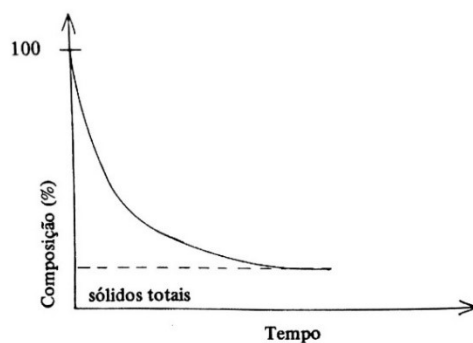
Tabela 1 - Comparação da composição centesimal da polpa e da casca do abacaxi.

Composição	Polpa de abacaxi*	Casca do abacaxi*	Polpa de abacaxi**	Casca do abacaxi**
Umidade (g 100 g <sup>-1</sup> )	86	78,13	85,43	85,31
Fibras (g 100 g <sup>-1</sup> )	1	3,89	0,81	3,47
Proteínas (g 100 g <sup>-1</sup> )	1	1,45	0,64	0,84
Cinzas (g 100 g <sup>-1</sup> )	0,4	1,03	0,32	0,54
Calorias (kcal)	48	70,55	55,35	45,38
Carboidratos (g 100 g <sup>-1</sup> )	12	14,95	12,46	9,27

Fonte: adaptado de \*Gondim et al. (2005) e \*\*Lima et al. (2017).

A secagem tem por finalidade a conservação de alimentos, sendo um dos processos mais antigos utilizados. Neste processo ocorre transferência de calor e massa, com redução da atividade de água do alimento e reduzindo a proliferação de microrganismos. A velocidade de secagem é conduzida pela agilidade com que o ar transmite calor à água na fração alimentícia, eliminando o vapor de água produzido. Nesse período a água alcança a superfície da partícula tão rapidamente assim como sua evaporação. Todavia ocorre um ponto o qual a água já não alcança a superfície na mesma velocidade de difusão. Conforme a porção de umidade diminui, descrese a velocidade de difusão e abaixa a velocidade de secagem (Figura 1) (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

Figura 1 – Secagem



Fonte: Gava, Silva e Frias (2008).



O método de secagem pode ser aplicado para a casca de abacaxi, visando aumentar a vida útil da mesma, e possibilitando a elaboração de farinhas, que podem ser armazenadas por longo período (OLIVEIRA, 2014).

### 3.2 GELEIA

Produtos processados requerem alta qualidade, e para isso, cuidados no campo são de grande importância, a fim de preservar as características sensoriais e manter a segurança do produto. A industrialização de frutas e hortaliças possuem diversas etapas, dentre elas: colheita, transporte, seleção, lavagem, sanitização, processamento, embalagem e armazenamento (OLIVEIRA, 2015). O processamento da conserva de alimentos pelo uso do açúcar, aliado ao aquecimento, aumenta a pressão osmótica do meio e diminui a atividade de água, desfavorecendo o desenvolvimento da maioria dos microrganismos (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

Segundo a Resolução Normativa nº15/78, extraída do Compêndio da Legislação de Alimentos (ABIA, 2001), a geleia é obtida pela cocção de frutas inteiras, ou pedaços, polpa ou suco de frutas, com açúcar, água e concentrado até consistência gelatinosa. São classificadas como comum quando apresentam 40% de frutas e 60% de açúcar, e extra sendo 50% para 50% a relação fruta/açúcar (BRASIL, 1978).

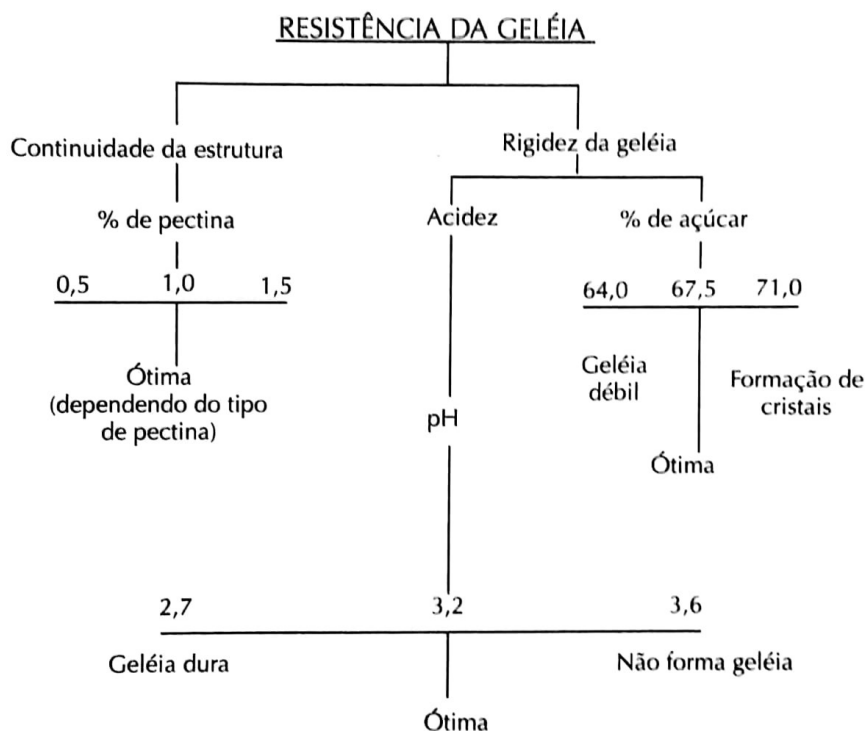
Segundo Oetterer, Reginato-d'arce e Spoto (2006) a geleia é o produto resultante do processamento tecnológico do suco obtido da fruta *in natura* desprovido de sólidos em suspensão, onde ocorre o equilíbrio entre o ácido, a pectina e o açúcar, originando um produto gelatinizado.

Silva (2006) elaborou geleia de abacaxi extra, obtendo os seguintes valores: pH 3,17; 67,66 °Brix; umidade de 29,82%; e acidez de 0,71%; valores bem próximos aos encontrados por Ruaro (2015) que obteve pH de 3,41; 70 °Brix;  $a_w$  0,62 a 0,74 e acidez de 0,66%.

A quantidade a ser adicionada de ácido, pectina e açúcar pode variar dentro do estabelecido pela Legislação brasileira (Figura 2). A pectina varia de acordo com o

tipo de fruta e maturação podendo assim, atingir uma formação de gel com elevada qualidade (BRASIL, 1978; BASSANI, 2004).

**Figura 2 - Formação de geleia em função da combinação pectina, açúcar e acidez.**



Fonte: Gava, Silva e Frias (2008).

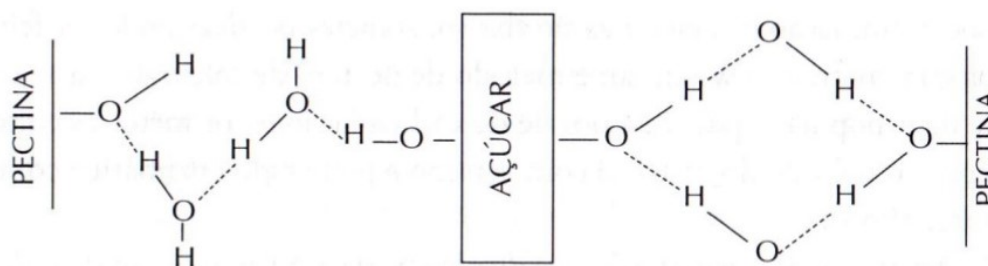
### 3.2.1 Pectina

O termo pectina (ácido galacturônico ou galacturonoglicano) designa uma família de compostos, para as preparações solúveis em água, com conteúdo éster metílico e graus de neutralização variados, o qual forma géis (DAMODARAN; PARK; FENNEMA, 2010).

Por sua vez a formação do gel é relacionada a qualidade da pectina, temperatura, pH e quantidade de açúcar. Segundo Gava, Silva e Frias (2008) a capacidade de gerar gel dos ácidos pectínicos se origina da relação do grau de

polimerização alta, com exiguidade dos grupos ligados à cadeia poligalacturônica e do conteúdo de grupos metoxílicos. Fato esse decorrente de pectinas com alto ou baixo grupos metoxílicos, podendo formar geleia na presença de elevada concentração de açúcar ou ausência com íons de cálcio, respectivamente. Damodaran, Park e Fennema (2010) relatam que o mecanismo de ação dos açúcares advém da remoção da película de água que envolve a pectina, favorecendo a formação de pontes de hidrogênio entre os grupamentos hidroxílicos dos açúcares e da pectina, formando o gel (Figura 3) (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

**Figura 3 - Possível estrutura do gel pectina-açúcar**



Fonte: Gava, Silva e Frias (2008).

A pectina pode ser encontrada nas sementes, no albedo (casca branca interna) das frutas cítricas e nas polpas, originando com a interação entre o ácido e açúcar, uma rede fibrilar que aprisiona moléculas de água, estando ligadas à fibrila de pectina (OETTERER; REGINATO-D'ARCE; SPOTO, 2006; BASSANI, 2004).

### 3.3 PSYLLIUM

O *Psyllium husk* é uma fibra natural hidrossolúvel completa (Figura 4), pertencente a família Plantaginaceae, e contém 10-30% de mucilagem na sua casca, sendo ela derivada da semente da planta *Plantago ovata*. *Psyllium* também é

conhecido como Ispaghula e Isapgol, sendo o seu plantio anual e cultivado na região noroeste da Índia (SVC, 2005). Propõe-se que o uso dessa fibra aumente a saciedade, reduzindo a ingestão calórica (ABESO, 2016).

**Figura 4 - Psyllium**



**Fonte: Medical News Today (2017)**

O gênero *Plantago* compreende cerca de 50 espécies, das quais dez são nativas da Índia. Quando examinada microscopicamente, a epiderme das sementes são formadas por células poliédricas, cujas paredes são espessadas por depósito secundário, que são as fontes da mucilagem, e que representam 30% de sua estrutura. A casca possui 70 partes de fibras solúveis, a qual aumenta de tamanho com a absorção de água (CHOPRA, 1958).

O psyllium pode ser adicionado no preparo de diversos alimentos. Estudos comprovam que esta fibra tem efeito benéfico sob ação de diminuição de respostas pós-prandial de glicose e insulina, reduzindo também significativamente o apetite (KARHUNEN et al., 2010).

Em estudos realizados por Liu et al. (2010) foram obtidos dados que comprovaram a possibilidade de obtenção de derivados de psyllium atuando como geleificantes. Além de apresentar diferentes comportamentos reológicos com teores diferentes de hidroxipropilado o qual é utilizado para melhorar a vida de prateleira,

estabilidade ao congelamento-descongelamento, inchaço em água fria e propriedades de reconstituição.

### 3.4 REOLOGIA

O termo "reologia" foi criado pelo professor Bingham, do Lafayette College Indiana. Tem como significado o estudo da deformação e fluxo da matéria. Em 1678, Robert Hooke desenvolveu sua "Verdadeira Teoria da Elasticidade", dizendo que se você dobrar a tensão, dobrará a extensão. Por outro lado, Isaac Newton estudou o líquido, e observou que "A resistência que surge da falta de atrito interno das partes do líquido, sendo outras coisas iguais, é proporcional à velocidade com que as partes do líquido são separadas umas das outras" (BARNES; HUTTON; WALTERS, 1989).

A ciência da reologia inclui todos os aspectos do estudo da deformação e escoamento de sólidos não-hookeanos e líquidos não-newtonianos. A principal é a viscosidade, que se baseia na capacidade de um líquido persistir ao fluxo induzido pela tensão aplicada (cisalhamento) (VRIESMANN, 2008; BARNES; HUTTON; WALTERS, 1989).

De acordo com Livi (2004) o fluido é uma substância que se deforma sob a ação de uma tensão cisalhante, ou seja, quando um material é submetido a uma força externa, este muda de tamanho e forma. Essa alteração na forma ou tamanho do corpo é definida como deformação (BEER et al., 2005).

Quando um fluido está submetido ao movimento entre placas, chegando ao perfil linear no momento em que este fica permanente, uma força constante atua na placa inferior para manter o movimento, sendo descrita conforme Equação 1:

$$\frac{F}{A} = \mu \frac{V}{Y} \quad (01)$$

Em que:  $A$  representa a área,  $Y$  é a distância,  $V$  a velocidade e  $F$  a força. A constante  $\mu$  é uma propriedade do fluido, definida como viscosidade (BIRD; STEWART; LIGHTFOOT, 2003).

A Equação 2 é conhecida como Lei de Newton da Viscosidade, em que  $\tau$  é a força na direção  $x$  em uma área unitária perpendicular à direção  $y$ , em relação a derivada da velocidade em  $y$ .

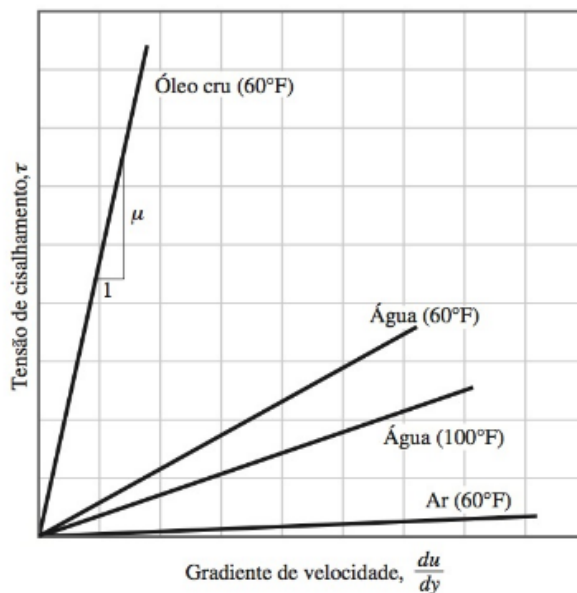
$$\tau_{yx} = -\mu \frac{dv_x}{dy} \quad (02)$$

Segundo Vriesman (2008), a viscosidade do fluido está relacionada com a força, o torque e a rotação a que o fluido está submetido, assim como o fornecimento do valor da viscosidade a qual pode ser mensurada por equipamentos como viscosímetros ou reômetros.

Os fluidos são classificados como newtonianos e não newtonianos. De um modo geral, os fluidos como, ar, água, óleo de motor, enfim todos os gases e líquidos com peso molecular menor que 5000, são considerados fluidos newtonianos (Figura 5), para os quais a tensão de cisalhamento é diretamente proporcional à taxa de deformação sofrida pelo fluido. Fluidos como lama, pastas, suspensões, entre outros, são considerados não-newtonianos, quando a tensão cisalhante aplicada não é diretamente proporcional à taxa de deformação (BIRD; STEWART; LIGHTFOOT, 2003; LIVI, 2004).

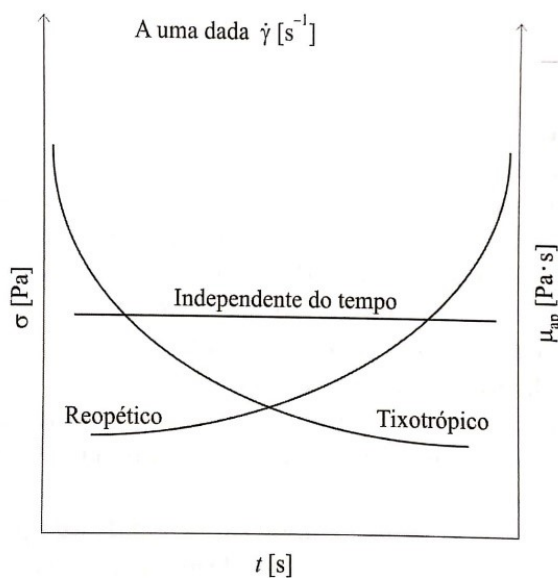
Os fluidos não-newtonianos são divididos em dois grupos: os dependentes (Figura 6) e os independentes do tempo (Figura 7) (FERREIRA et al., 2005). Sob ação de um esforço constante muitos fluidos modificam sua viscosidade aparente com o passar do tempo, como os reopéticos, que tem uma elevação da viscosidade com o tempo, ao contrário dos tixotrópicos, que tem uma redução da viscosidade com o tempo (LIVI, 2004). Dentre os fluidos independentes do tempo, podem-se citar os plásticos de Bingham, os dilatantes, os pseudoplásticos, entre outros, que apresentam características individuais (FOUST et al., 2012).

Figura 5 - Variação linear das tensões cisalhantes com o gradiente de velocidade para fluidos comuns.



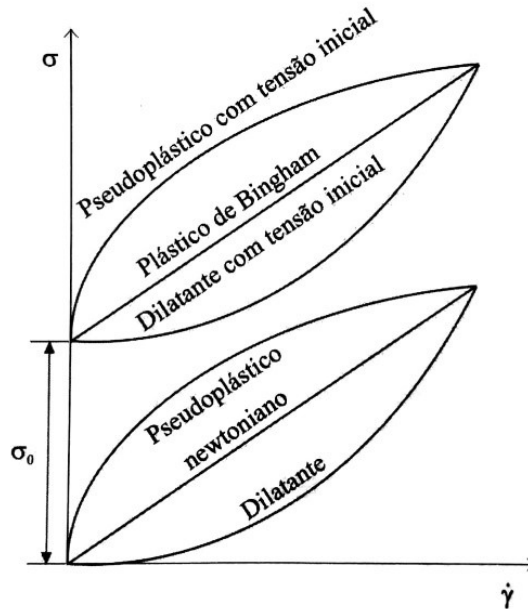
Fonte: Moran et al. (2005).

Figura 6 - Curvas características de comportamento reológico de fluidos dependentes do tempo.



Fonte: Tadini et al. (2016)

Figura 7 - Curvas características de comportamento reológico de fluidos não newtonianos independentes do tempo.



Fonte: Tadini et al. (2016)

O fluido plástico de Bingham, possui uma tensão de cisalhamento mínima, que deve ser excedida antes de o escoamento iniciar. A partir do início do movimento, esses fluidos apresentam relação linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação, descrito pela Equação 3 (SILVA, 2018; FOUST et al., 2012).

$$\tau_y g_c = \tau_0 g_c - \mu_b \left( \frac{dV}{dx} \right) \quad (03)$$

Em que:  $\tau > \tau_0$  representam as tensões de cisalhamento final e inicial respectivamente;  $\mu_b$  é a viscosidade plástica da suspensão e  $\frac{dV}{dx}$  a taxa de deformação,  $\tau_y g_c$  a tensão de cisalhamento num ponto do fluido.

Alguns fluidos não newtonianos são descritos pelo modelo de Ostwald-de-Waele, ou lei da Potência, conforme Equação 4 (SILVA, 2018; FOUST, 2012).



$$\tau_y g_c = -K \left( \frac{dv}{dx} \right)^{n-1} \quad (04)$$

Sendo:  $\tau_y g_c$  tensão de cisalhamento num dado ponto,  $K$  o índice de consistência,  $n$  o índice de comportamento do fluido, e  $\frac{dv}{dx}$  a taxa de deformação.

Uma extensão da Lei da Potência, conhecido como Bingham generalizado ou modelo de Herschel-Bulkley, são usados para fluidos que só iniciam o movimento quando a tensão de cisalhamento supera a tensão inicial, e não há relação linear entre a tensão cisalhante e a taxa de deformação, como descrito pela Equação 5.

$$\tau = \tau_0 + K_H (\dot{\gamma})^{n_H} \quad (05)$$

Em que:  $K_H$  é o índice de consistência do fluido;  $n_H$ , o índice de comportamento do fluido.

A reometria representa a medição das propriedades reológicas dos fluidos, divididos em três grupos: instrumentos de medição das propriedades fundamentais, medição imitativa e empírica. A obtenção dos comportamentos dos fluidos é usualmente realizada mantendo a taxa de cisalhamento constante; os equipamentos rotacionais são bastante aplicáveis, pois analisam o comportamento dependente do tempo (TADINI et al., 2016).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 MATERIAIS

Foram utilizados abacaxis *in natura* cv. Smooth cavenne, psyllium e açúcar adquiridos em comércio local da cidade de Medianeira/PR. O ácido cítrico e pectina de alto teor de metoxilação foram fornecidos pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Medianeira.

### 4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os frutos foram selecionados e lavados em água corrente com detergente neutro, sendo em seguida imersos durante 1 minuto em água com 200 mg L<sup>-1</sup> de hipoclorito de sódio (pH 6,5) a fim de remover resíduos da colheita e microrganismos aderidos à superfície dos frutos, sendo então, secados com papel absorvente.

Em seguida foi realizada a extração da polpa dos abacaxis e separação das cascas que foram cortadas em tamanhos de 3 x 2 x 0,1 cm, para a realização da secagem e preparo da farinha. Foi utilizada balança semi-analítica (modelo BCW15, marca Welmy ®) para a pesagem das cascas.

#### 4.2.1 Secagem e preparo da farinha da casca do abacaxi

Foi preparada a farinha através da secagem das cascas em estufa com circulação de ar forçado (modelo Q317B, marca Quimis®) a 70 °C até alcançarem o peso constante após sucessivas pesagens.

Após a secagem, as cascas foram trituradas em moinho de facas (Solab SL31), obtendo-se a farinha, a qual foi acondicionada em embalagens plásticas previamente higienizadas com detergente neutro e água corrente e fechadas hermeticamente. A farinha ficou armazenada na temperatura de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  até o momento da sua utilização.

#### 4.2.2 Modelagem matemática da secagem

A partir dos dados obtidos que relacionam a perda de água em função do tempo foi determinado o coeficiente de difusão efetivo da água ( $D_{eff}$ ) de acordo com a segunda Lei de Fick aplicada a uma placa infinita. A solução analítica da equação de difusão, disposta na Equação 6, foi descrita por Crank (1975).

$$X = \left( \frac{\bar{X}_t - X^{eq}}{X^0 - X^{eq}} \right) = \frac{8}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} \exp \left[ -(2n-1)^2 \frac{\pi^2 D_{eff} t}{z^2} \right] \dots \quad (06)$$

Em que:  $eq$  indica equilíbrio; 0 indica conteúdo inicial de água (em  $t = 0$ );  $X$  é o adimensional ou residual de umidade (adimensional);  $X$  representa o teor de água (bs);  $\bar{X}_t$  é o teor médio de água num tempo  $t$ , em s, qualquer (db);  $D_{eff}$  é o coeficiente de difusão efetivo da água ( $m^2 \cdot s^{-1}$ );  $z$  é a espessura das amostras (m) e  $n$  é o número de termos da série.

Os coeficientes de difusão efetivos foram determinados através do ajuste dos dados experimentais à Equação 6, utilizando onze termos da série, com base no algoritmo de Levenberg-Marquardt usado para estimar parâmetros não lineares pelo método dos mínimos quadrados (Marquardt, 1963). Os ajustes dos dados experimentais ao modelo proposto pela Equação 6 foram avaliados com base no coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

#### 4.2.3 Análises da farinha

Foram realizadas as análises de granulometria, umidade inicial, final e de equilíbrio.

A análise granulométrica foi realizada em equipamento (Bertel Indústria Metalúrgica®) composto por 4 peneiras com malhas de abertura de 20, 30, 50 e 75 mesh., com adição de 250 g de farinha na peneira superior de 20 mesh, seguido pelas demais 30, 50 e 75 mesh., com agitação começando lentamente e mantendo-se constante em 6,5 rpm por 30 minutos. Em seguida realizou-se a pesagem das amostras de cada peneira, obtendo-se os valores em porcentagem da massa de farinha retida em cada uma delas.

A umidade foi determinada pelo método gravimétrico de perda de massa por dessecação em estufa a 105 °C, através da metodologia descrita pela AOAC (2005).

#### 4.2.4 Processamento da geleia

Para elaboração da geleia, os frutos higienizados foram descascados e foi retirado o cilindro central. Em seguida, eles foram cortados e triturados para extrair o suco. Foram elaboradas formulações de geleia do tipo extra com diferentes concentrações de psyllium, farinha de casca do abacaxi, a partir de ensaios preliminares em diferentes condições experimentais. Também foi elaborada uma formulação padrão com 50% da polpa do fruto, 50% de açúcar, 1% de pectina (referente a massa do açúcar) e 0,65% de ácido cítrico (referente a massa do açúcar). Sendo assim, foram produzidas quatro formulações (Tabela 2) baseadas no regulamento técnico de identidade e qualidade para este produto (BRASIL, 2001).

Para as formulações com adição do psyllium foi repetido o mesmo procedimento das formulações com adição da pectina, dissolvendo 10% do açúcar com psyllium, e em seguida dissolvendo o restante do açúcar com a polpa.

**Tabela 2 – Formulações de geleias produzidas com substituição da pectina por psyllium e adição da farinha da casca do abacaxi.**

Formulações	Pectina	Psyllium	Polpa de abacaxi	Farinha da casca do abacaxi	Açúcar	Ácido cítrico
F1	-	0,25%	49%	1%	50%	0,65%
F2	-	0,25%	50%	-	50%	0,65%
F3	1%	-	49%	1%	50%	0,65%
F4 (padrão)	1%	-	50%	-	50%	0,65%

\*F1 – 0,25% psyllium e 1% farinha da casca do abacaxi; F2 – 0,25% psyllium; F3 – 1% Pectina e 1% farinha da casca do abacaxi; F4 – Formulação padrão.

**Fonte: Autoria própria.**

As formulações foram elaboradas com referência às Boas Práticas de Fabricação (BRASIL, 1997) e ao padrão de identidade e qualidade da geleia (BRASIL, 2001).

Para todas as formulações foram avaliadas as características reológicas e físico-químicas. As análises foram realizadas em triplicata.

#### 4.2.5 Reometria

A análise reológica foi conduzida em um viscosímetro rotacional marca Brookfield (Middleboro – MA, USA), modelo LVDV – III ULTRA. Para a determinação da viscosidade das amostras de geleia utilizou-se o *spindle* TF-bar, variando-se a velocidade de rotação de 0,5 a 5,0 rpm.

Os dados foram analisados quanto a variação da viscosidade com a velocidade de rotação, prevendo-se assim o comportamento reológico das geleias. Também se comparou a viscosidade das diferentes formulações.

#### 4.2.6 Análises físico-químicas da geleia

Foram realizadas análises em triplicata de pH, acidez titulável, atividade de água, cor e teor de sólidos solúveis nas formulações de geleia.

O pH na geleia foi determinado em pHmetro segundo normativa do Instituto Adolfo Lutz (2005).

A acidez titulável foi determinada por titulação de acordo com a metodologia descrita pelas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).

A atividade de água foi determinada a 25 °C no equipamento AquaLab 4TE (Decagon Devices, EUA).

O teor de sólidos solúveis (°Brix) foi analisado com o refratômetro, utilizando como base o método de refratometria do instituto Adolfo Lutz (2005).

A medida instrumental de cor foi determinada em colorímetro Minolta (Chroma meter CR-300, sistema L\*, a\*, b\* Color Space, por refletância). Os parâmetros de cor avaliados foram: luminosidade L\* (100 para branco e 0 para preto); e coordenadas de cromaticidade do sistema CIE/LAB a\*, (-) para verde e (+) para vermelho; b\*, (-) para azul e (+) para amarelo; com iluminante D65 e 45° de ângulo de observação.

#### 4.2.7 Análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento estatístico inteiramente casualizado composto por quatro tratamentos e três repetições por tratamento. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância por meio do programa Infostat.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 ANÁLISE DA FARINHA

#### 5.1.1 Secagem

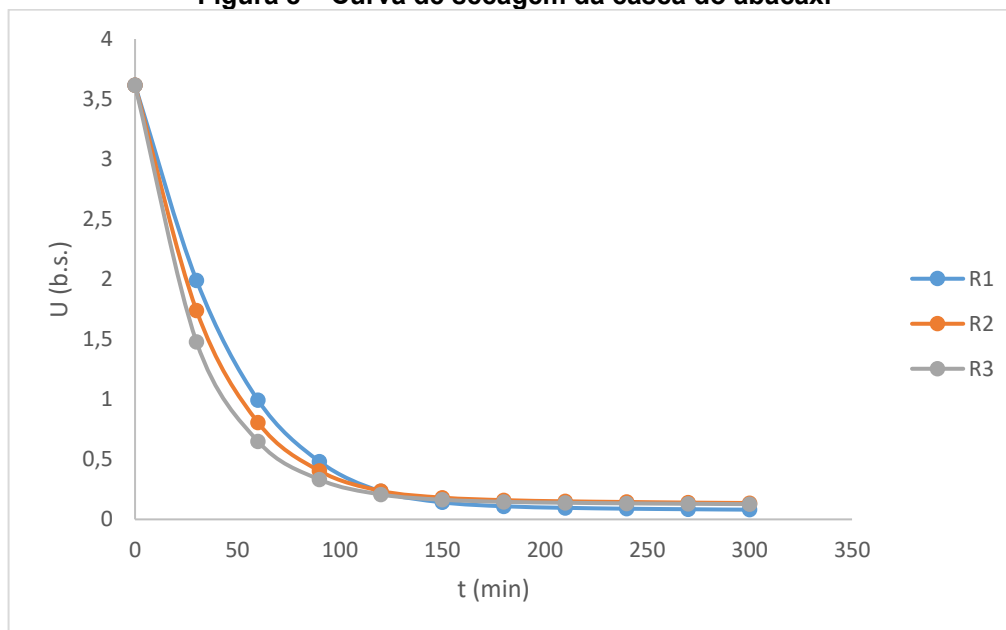
A umidade inicial das cascas de abacaxi fresco foi de 78,33 % (m/m), a final, após 300 min de secagem, foi de 22,47 % (m/m) e a umidade de equilíbrio, obtida por método dinâmico, após 24 h de secagem, foi de 3,20 % (m/m). Esses valores são próximos aos determinados por Barreiro, Chaves e Garcia (2016) que foram de 81,16% (m/m) 18,67% (m/m) e 7,26% (m/m), respectivamente.

A secagem da casca do abacaxi foi realizada por 300 minutos, tempo semelhante ao trabalhado por Barreiro, Chaves e Garcia (2016), que utilizaram um tempo total de 340 minutos a 70 °C.

Foi observada elevada perda de água nos primeiros 90 minutos de operação, o que pode ser observado na Figura 8, que mostra o decréscimo da umidade das cascas em função do tempo. A partir de 90 minutos, a taxa de perda de água vai sendo reduzida, tendendo ao equilíbrio na transferência de massa, por volta dos 300 min de operação, uma vez que o ar de secagem se torna cada vez mais saturado em água.

Na operação de secagem há três períodos: o de indução, no qual a transferência de massa e calor é pequena; o de velocidade constante, no qual a água da superfície do sólido, que se encontra livre, evapora com facilidade; e posteriormente a secagem ocorre a uma taxa decrescente, já que a água se encontra ligada à estrutura do material e precisa difundir de seu interior até sua superfície para ser removida, tornando o processo mais demorado (Park et al., 2007).

**Figura 8 – Curva de secagem da casca do abacaxi**



**Fonte: Autoria própria.**

A difusividade efetiva da água durante a secagem das cascas de abacaxi foi de  $1,51 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ , superior ao valor encontrado por Barreiro, Chaves e Garcia (2016) que avaliaram a secagem da casca do abacaxi encontrando o valor de  $3,60 \times 10^{-12} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ , e inferior ao encontrado por Pinto et al. (2016) que estudaram a cinética de secagem da casca de abacaxi, obtendo o coeficiente de difusividade efetiva de  $2,57 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ . Os coeficientes de determinação  $R^2$  foram de 0,95; 0,98; 0,99 respectivamente, representando bons ajustes dos dados experimentais ao modelo proposto.

As diferenças nos valores obtidos são consequência de diversos fatores, tais como as condições operacionais trabalhadas, temperatura, tempo, velocidade do ar de secagem, umidade relativa do ar utilizado na operação, como também relacionadas a características da matéria prima, que é alterada em função da variedade, condições e local de cultivo, época de colheita, etc.

### 5.1.2 Granulometria



Foram obtidas as médias das porcentagens retidas em cada peneira, conforme apresentado na Tabela 3. Como é possível verificar, a maior parte de farinha ficou retida na peneira de 20 *mesh* e, portanto, foi a granulometria da farinha utilizada nas formulações da geleia. Sendo essa análise importante para a padronização da mesma.

**Tabela 3 – Análises granulométrica da farinha da casca de abacaxi.**

<b>Peneiras (mesh)</b>	<b>% de massa retida</b>
20	54,44
30	9,92
50	21,14
75	13,56
Base	0,95

Fonte: Autoria própria.

## 5.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA GELEIA

Na Tabela 04 encontram-se os resultados das análises físico-químicas das quatro formulações de geleia desenvolvidas.

**Tabela 4 – Análises físico-químicas das geleias de abacaxi elaboradas.**

<b>Formulações</b>	<b>Teor de sólidos solúveis (°Brix)</b>	<b>Acidez titulável (g de ácido cítrico 100g<sup>-1</sup> polpa)</b>	<b>Atividade de água (<i>a<sub>w</sub></i>)</b>	<b>pH</b>
F1	68,00 <sup>a</sup> ± 1,00	0,78 <sup>a</sup> ± 0,01	0,86 <sup>ab</sup> ± 0,02	3,15 <sup>ab</sup> ± 0,02
F2	65,67 <sup>b</sup> ± 0,57	0,70 <sup>b</sup> ± 0,008	0,84 <sup>b</sup> ± 0,01	3,18 <sup>a</sup> ± 0,02
F3	67,67 <sup>a</sup> ± 0,57	0,79 <sup>a</sup> ± 0,006	0,89 <sup>a</sup> ± 0,003	3,18 <sup>a</sup> ± 0,01
F4	65,33 <sup>b</sup> ± 0,57	0,69 <sup>b</sup> ± 0,007	0,88 <sup>a</sup> ± 0,001	3,11 <sup>b</sup> ± 0,01

Letras iguais seguidas pela mesma coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

\*F1 – 0,25% psyllium e 1% farinha da casca do abacaxi; F2 – 0,25% psyllium; F3 – 1% Pectina e 1% farinha da casca do abacaxi; F4 – Formulação padrão.

Fonte: Autoria própria.

Com relação ao teor de sólidos solúveis, observa-se que não houve diferença significativa entre as formulações F1 e F3, sendo que estas diferiram estatisticamente das demais formulações, apresentando maior °Brix, provavelmente devido à utilização da farinha da casca do abacaxi nessas formulações. Foram encontrados valores semelhantes ao de Ruaro (2015), que elaboraram a geleia de abacaxi com mucilagem de chia, e obteve teores de sólidos solúveis entre 67,8 a 70,2.

Os teores de sólidos solúveis encontrados neste trabalho variaram de 65,33 a 68,00 °Brix. De acordo com a legislação brasileira para geleias de frutas (BRASIL, 1978) do tipo extra, o teor de sólidos solúveis deve ser no mínimo de 65%, portanto todas as formulações encontram-se dentro do estabelecido pela legislação. Segundo Gava, Silva e Frias (2008), a geleia com teor de sólidos solúveis na faixa de 67,5 apresenta uma rigidez ótima, o que foi observado nas formulações 1 e 3.

Para os valores encontrados com relação à acidez titulável, observou-se que não houve diferença estatística entre as formulações F1 e F3, contudo, as mesmas diferiram das formulações F2 e F4, resultando em geleias com maior acidez, fato possivelmente relacionado a adição da farinha da casca do abacaxi à formulação. Os valores encontrados neste trabalho variaram de 0,69 a 0,79 g de ácido cítrico/100 g de polpa. Em trabalhos realizados por Santos et al. (2019) e Souza, Silva e Marques (2015) que avaliaram a caracterização físico-química da farinha da casca do abacaxi, foi obtido 2,98 e 2,52% de ácido cítrico respectivamente, podendo ser explicado o fato de que as formulações com farinha da casca do abacaxi, obtiveram teores mais elevados de acidez titulável. Segundo Torrezan (1998), a acidez da geleia estando na faixa de 0,5 a 0,8% de ácido cítrico considera-se ideal, pois acima desse valor, ocorre sinérese.

Com relação à atividade de água, notou-se que as formulações F3 e F4 apresentaram os maiores valores diferindo da formulação F2, isso provavelmente se deve ao fato das formulações F3 e F4 terem sido produzidas com pectina, que possivelmente apresenta menor capacidade de ligar-se a moléculas de água que o psyllium, aumentando a atividade de água dos produtos. Nas demais formulações utilizou-se o psyllium como substituto da pectina. Para o presente trabalho foram encontrados valores de atividade de água na faixa de 0,84 a 0,89, estando acima das

mensurações de Ruaro (2015) que foi de 0,62 a 0,74 em geleia de abacaxi com adição de mucilagem de chia.

Com relação aos dados de pH, as geleias das formulações F2 e F3 apresentaram maior valor quando comparadas com a geleia da formulação padrão (F4). Provavelmente o que ocasionou o aumento no pH foi a adição do psyllium e da farinha da casca de abacaxi. Segundo Ponhozi et al. (2019 apud WARNBERG et al. 2009), o psyllium apresenta dificuldade na dispersão em soluções aquosas, devido sua elevada capacidade de absorção de água aumentando assim a viscosidade, o que pode gerar grúmulos. As fibras dietéticas podem gerar ação tamponante, pelo fato da troca catiônica. O que de fato pode-se explicar o pH não diminuir com o aumento da acidez, pela não completa dissolução do gel na geleia, podendo causar inexatidão da obtenção do pH na geleia (PONHOZI et al., 2019 apud FERREIRA, 1994). Os valores encontrados variaram de 3,11 a 3,18, próximos ao encontrado por Silva (2006) que elaborou geleia de abacaxi extra, obtendo pH de 3,17. Segundo Gava, Silva e Frias (2008) para uma boa formação de gel, considera-se interessante a faixa de pH em 3,2, o que corrobora com os valores obtidos neste trabalho.

Os valores para os componentes colorimétricos encontram-se na Tabela 05.

**Tabela 5 – Componentes colorimétricos das geleias de abacaxi elaboradas**

<b>Formulações</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>
F1	34,32 <sup>a</sup> ± 2,82	-1,66 <sup>a</sup> ± 0,70	18,67 <sup>a</sup> ± 1,62
F2	38,27 <sup>a</sup> ± 1,38	-2,96 <sup>b</sup> ± 0,32	17,54 <sup>a</sup> ± 0,38
F3	34,29 <sup>a</sup> ± 0,62	-2,40 <sup>ab</sup> ± 0,47	18,35 <sup>a</sup> ± 2,01
F4	38,33 <sup>a</sup> ± 1,44	-3,34 <sup>b</sup> ± 0,24	18,53 <sup>a</sup> ± 1,25

Letras iguais seguidas pela mesma coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\*F1 – 0,25% psyllium e 1% farinha da casca do abacaxi; F2 – 0,25% psyllium; F3 – 1% Pectina e 1% farinha da casca do abacaxi; F4 – Formulação padrão.

**Fonte: Autoria própria.**

Pode-se notar que para  $L^*$  (luminosidade) não houve diferença significativa entre as formulações, sendo que a claridade é expressa de 0 a 100, quanto mais perto do 0, mais escura a amostra e quanto mais perto do 100, mais clara (MIRANDA; MORI; LORINI, 2009). Os dados obtidos neste trabalho variaram de 34,29 a 38,33, valores estes tendendo ao tom escuro. Ruaro (2015), que elaborou geleia de abacaxi com mucilagem de chia, obteve dados semelhantes a estes, sendo de 38,39 a 40,85.

Para o componente  $a^*$  (cromaticidade) quanto mais negativo mais verde, e quanto mais positivo, mais tende para o vermelho de acordo com Miranda, Mori e Lorini (2009). Observou-se que todas as formulações tiveram valores negativos, portanto, aproximando-se do verde, sendo que F1 e F3 foram as menos verdes, diferindo estatisticamente das geleias da F2 e F4, possivelmente pela adição da farinha de casca de abacaxi. Lainetti (2017), responsável pela elaboração de geleia de abacaxi com pimenta, encontrou valores próximos aos obtidos neste trabalho, sendo de -2,55 para  $a^*$ , tendendo ao tom verde.

A cromaticidade  $b^*$  quando negativa tende ao azul e positivo para o amarelo. Todas as formulações tenderam ao amarelo, pois  $b^*$  foi positivo, já que o abacaxi possui coloração amarela contribuindo para esses valores (MIRANDA; MORI; LORINI, 2009). No presente trabalho, não se verificou diferença estatística entre as formulações para o componente  $b^*$ .

### 5.3 REOLOGIA DA GELEIA

Através dos dados apresentados na Tabela 6, das análises reológicas, foram construídos os gráficos de viscosidade (cP) *versus* velocidade de rotação (rpm) apresentados na Figura 9.

Verificou-se para todas as formulações a diminuição da viscosidade com o aumento da velocidade de rotação, com indicativos de comportamento pseudoplástico, assim como em estudos realizados por Arguello et al. (2014), que avaliaram o comportamento reológico da geleia de Umbu (*Spondias tuberosa* Arr.) obtendo como resultados fluidos não-newtoniano com comportamento

pseudoplástico. As maiores viscosidades foram verificadas nas formulações contendo psyllium o que confirma a sua propriedade gelificante, assim como nos estudos realizados por Liu et al. (2010). Além disso, as formulações com adição de psyllium apresentaram maior viscosidade que as formulações sem adição de casca, indicando menor fluidez nas geleias contendo casca.

**Tabela 6 – Análise reológica da geleia de abacaxi com adição de psyllium e farinha de casca de abacaxi**

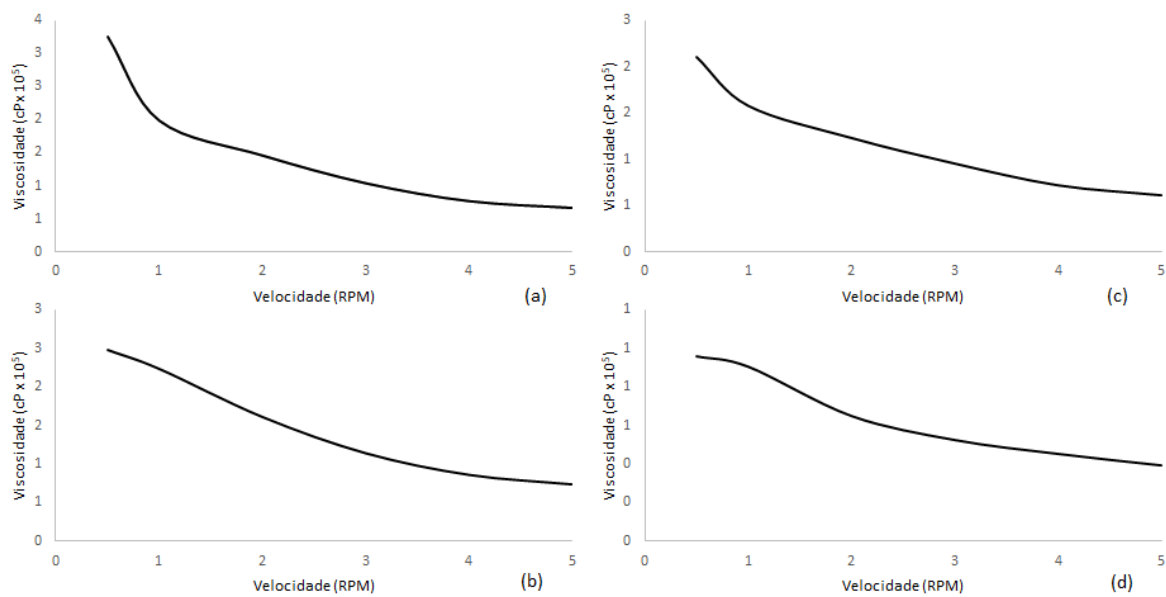
<b>Velocidade (rpm)</b>	<b>Viscosidade (cP) F1</b>	<b>Viscosidade (cP) F2</b>	<b>Viscosidade (cP) F3</b>	<b>Viscosidade (cP) F4</b>
0,5	324.930 ± 87.372	248.121 ± 32.008	210.528±143.269	95.604 ± 48.285
1	197.770 ± 92.489	223.416 ± 32.634	157.675 ± 61.866	90.293 ± 27.917
2	145.177 ± 41.104	160.710 ± 10.157	122.832 ± 10.254	64.934 ± 11.246
3	103.155 ± 36.481	113.555 ± 14.662	95.032 ± 17.215	52.558 ± 5.520
4	76.078 ± 23.897	85.481 ± 11.497	71.498 ± 23.187	45.407 ± 1.173
5	65.757 ± 20.555	73.027 ± 3.274	60.633 ± 22.653	39.491 ± 5.585

\*F1 – 0,25% psyllium e 1% farinha da casca do abacaxi; F2 – 0,25% psyllium; F3 – 1% Pectina e 1% farinha da casca do abacaxi; F4 – Formulação padrão.

**Fonte: Autoria própria.**

A partir da Figura 9 é possível observar que o comportamento reológico é semelhante para as formulações contendo farinha de casca de abacaxi, verificando-se uma redução mais acentuada na viscosidade entre as velocidades 0,5 rpm e 1 rpm, enquanto para as formulações sem a casca a mudança mais acentuada aconteceu entre as velocidades 1 rpm e 2 rpm.

Segundo Boscolo e Guimarães (2013) que realizaram o processamento da geleia da polpa de framboesa amarela (*Rubus imperialis*) e análise as propriedades reológicas, encontraram comportamento semelhante em relação à diminuição da viscosidade com o aumento da rotação. Assim como Sousa et al. (2013) que avaliaram o comportamento reológico de polpas de noni (*Morinda citrifolia* L.) integral e concentradas, classificando-as como fluidos não newtonianos, obtendo também comportamentos semelhantes aos verificados nesse trabalho.

**Figura 9 – Perfil da viscosidade das geleias em relação à velocidade de rotação**

(a) F1 (0,25% psyllium e 1% farinha da casca do abacaxi); (b) F2 (0,25% psyllium); (c) F3 (1% pectina e 1% farinha da casca do abacaxi); (d) F4 (Formulação padrão).

**Fonte: Autoria própria.**

## 6 CONCLUSÕES

Todas as formulações de geleia produzidas adequaram-se à legislação brasileira em relação às características físico-químicas, revelando grande potencial para a utilização da farinha da casca do abacaxi e substituição da pectina por psyllium como um bom agente gelificante, contribuindo para a sustentabilidade da cadeia produtiva da fruta e agregando valor nutricional ao produto.

A avaliação do comportamento reológico na geleia comprovou características de fluido não newtoniano, uma vez que ocorreu diminuição da viscosidade com a elevação da velocidade de rotação, o que propicia facilidade ao escoamento.

Para trabalhos futuros, sugere-se a realização de análise de fibras alimentares; a elaboração de uma geleia diet ao invés da extra; a utilização de quantidade menor de psyllium para a elaboração da geleia extra e, ainda, análise sensorial das formulações.

## REFERÊNCIAS

**ABESO.** Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica Diretrizes brasileiras de obesidade 2016. 4 ed. São Paulo, SP.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official Methods of Analysis of the AOAC. 18 th ed. Gaithersburg, M.D, USA, 2005.

ARGUELLO, V. M. et al. Estudo do comportamento reológico da polpa e da geleia de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.16, n.4, p.411-422, 2014.

BARNES, H. A., HUTTON, J. F. and WALTERS, K., **An Introduction to Rheology.** Elsevier, Amsterdam, 200p., 1989.

BARREIRO, N., CHAVES, M. A., GARCIA, C. C. Cinética de secagem de cascas de abacaxi. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, Foz do Iguaçu, 2016.

BARTHOLO, G. F. Perdas e qualidade preocupam. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.179, p.3. 1994.

BASSANI, E. B. **Geleia, Geleias e Geleias Diet.** 2º ed, Vitória, ES: Incaper, 76p., 2004.

BEER, F. P. et al. **Mechanics of Materials.** SI Metric Edition. 4th Edition. The McGraw Hill Companies. 779p., 2005.

BIRD, R. B., STEWART, W. E, LIGHTFOOT, E. N., **Fenômenos de Transporte**, 2ª ed., Editora LTC, 856p., 2004.

BOSCOLO, T.; GUIMARÃES, P. H. D. Determinação das Propriedades Reológicas da Polpa de Framboesa Amarela (*Rubus Imperialis*) e Processamento da Geleia a Partir da Mesma. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Vol.15, nº 2, 2013.

BOTELHO, L.; CONCEIÇÃO, A.; CARVALHO, C.V. Caracterização de fibras alimentares da casca e cilindro central do abacaxi 'Smooth cayenne'. **Ciência e Agrotecnologia**, p. 362-367, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC Nº 12 de 2 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 10 de janeiro de 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n. 326**, de 30/07/1997. Aprova o Regulamento Técnico "Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos". Publicado no Diário Oficial da União, Brasília, DF em 1/08/1997.



BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. **Resolução Normativa nº. 15 de 4 de maio de 1978**. Define termos sobre geleia de frutas.

CHOPRA, R N. Inglês: 2d ed. rev. and largely rewritten. **Chopras indigenous drugs of India**. Calcutta, U.N. Dhur, 816p., 1958.

**COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL**, São Paulo, 2017, p.90-93.

COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. **Alimentos funcionais**: compostos bioativos e efeitos fisiológicos. 2. ed. Rio de Janeiro: Rubio, 504p., 2016.

Crank, J. (1975). **The Mathematics of Diffusion**. Clarendon Press, Oxford, UK.

CRESTANI, M. et al. Das Américas para o Mundo-origem, domesticação e dispersão do abacaxizeiro. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n.6, p1473-1483, jun, 2010.

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

EMBRAPA Mandioca e Fruticultura. Abacaxi produção: aspectos técnicos. organizado por Domingo Haroldo Reinhardt; Luiz Francisco da Silva Souza; José Renato Santos Cabral. **Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia**, Brasília, 77p., 2000.

PONHOZI et al. Obtenção de gel de psyllium e estudo da aplicação em alimento **ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA**, Anais ...Maringá, 2019.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2018. Disponível em: < <http://www.fao.org/>>. Acesso em: 24 out. 2019.

FERREIRA, E. E. et al. Reologia de suspensões minerais: uma revisão. **Revista da Escola de Minas de Ouro Preto**. v.58. p. 83-87, Ouro Preto. 2005.

FERREIRA, M. D. **Colheita e Beneficiamento de Frutas e Hortaliças**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 144p., 2008.

FOUST, S. A. et al. **Princípios das operações unitárias**. Rio de Janeiro: LTC, 664p., 2012.

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

GONDIM, Jussara A. Melo et al. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 825-827, Dez. 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612005000400032&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612005000400032&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 13 set. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612#resultado/>>. Acesso em: 23 out. 2019.

IICA – INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA. 2019. Disponível em: <<https://www.iica.int/es/prensa/noticias/costa-rica-presenta-normativa-para-la-produccion-sostenible-de-pi%C3%B1a?fbclid=IwAR3AI7BK3GNM9lioQISYrGe1HioaBzf0jDaOlo8PqorH1FmD23WJb1bXHVw/>>. Acesso em: 23 out. 2019.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1020p., 2008.

KARHUNEN, L. J. et al. A Psyllium Fiber-Enriched Meal Strongly Attenuates Postprandial Gastrointestinal Peptide Release in Healthy Young Adults. **The Journal of Nutrition**, v. 140, p 737–744, 2010.

LAINETTI, Andréia, M, S. **Elaboração de Geleia de Abacaxi com Pimenta**. 39f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2017

LIMA, P. C. C. et al. Aproveitamento agroindustrial de resíduos provenientes do abacaxi ‘Pérola’ minimamente processado. **Revista Holos**, v. 2., p. 122-133, 2017.

LIU, W. et al. Effects of hydroxypropylation on the functional properties of psyllium. **Journal of Agricultural and Food Chemistry Article**. Mayland, EUA, v.58, p. 1615-1621, 2010.

LIVI, C. P. **Fundamentos de fenômenos de transporte**. Rio de Janeiro: LTC, 205p., 2004.

Marquart D.W. (1963). An Algorithm for Least-Squares Estimation of Nonlinear Parameters. **Journal of the Society of Industrial and Applied Mathematics**, 11(2), 431-441.

Medical News Today. Seven benefits of psyllium. 2017. Disponível em: <<https://www.medicalnewstoday.com/articles/318707.php>>. Acesso em: 03 nov. 2019.

MIRANDA, M. Z.; DE MORI, C.; LORINI, I. **Qualidade Comercial do Trigo Brasileiro: safra 2006**. Embrapa Trigo, Passo Fundo, 95 p, 2009.

MORAN J. M. et al.; tradução Carlos Alberto Biolchini da Silva **Introdução à engenharia de sistemas térmicos: termodinâmica, mecânica dos fluidos e transferência de calor**. Rio de Janeiro: LTC, 618p., 2005.

MORENO, J. S. **Obtenção, caracterização e aplicação de farinha de resíduos de frutas em cookies**. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em

Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetininga, 81p., 2016.

NASCENTE, A.S.; DA COSTA, R.S.C.; COSTA, J.N.M. Embrapa Rondônia. **Cultivo do abacaxi em Rondônia**. 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Abacaxi/CultivodoAbacaxiRO/>>. Acesso em: 23 out. 2019.

OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. São Paulo: Manole, 605 p., 2006.

OLIVEIRA, A. S. B. **Estudo da secagem de casca de abacaxi visando desenvolvimento de chá a partir do produto seco**. 2014. Tese (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 99p., 2014.

OLIVEIRA, E, N, A. **Tecnologia e processamento de frutos e hortaliças**. Dyego da Costa Santos (organizadores). IFRN, Natal, 234p., 2015.

PARK, K.J., ANTONIO, G.C., OLIVEIRA, R.A., PARK, K.J.B. (2007) **Conceitos de processo e equipamentos de secagem**. CTEA. UNICAMP, Campinas, SP. 121p.

PINTO, M. D. et al. Cinética de secagem das cascas de abacaxi e maracujá. XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, **Anais...Gramado/RS**, out. 2016.

ROGÉRIO, M. C. P. et. al. Valor nutritivo do resíduo da indústria processadora de abacaxi (*Ananas comosus L.*) em dietas para ovinos. 1. Consumo, digestibilidade aparente e balanços energético e nitrogenado. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, p.773-781, 2007.

RUARO, T. T. **Elaboração de geleia de abacaxi com adição de mucilagem de chia (*Salvia hispânica*)**. 2015, 36p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira.

SANTOS, N. C. et al. Elaboração e caracterização físico-química de farinha proveniente dos resíduos de abacaxi e de pedúnculo de caju. **IV Congresso Internacional das Ciências Agrárias Cointer – PDVAgro**, 2019.

SILVA, Amanda F. R. **Geleias convencional e light elaboradas a partir do aproveitamento dos resíduos gerados na agroindústria do abacaxi (*Ananás comosus (L)*)**. 2006, 73p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SILVA, P. H. L. Introdução aos conceitos de mecânica dos fluidos e de reologia em produtos do cotidiano. **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, n. 37, p. 33-44, ago. 2018.

SOARES, L. M. V. Composição mineral de sucos concentrados de frutas brasileiras. **Revista Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 24(2): 202-206. abr-jun. 2004.

SOUSA, S. F. et. al. Comportamento reológico das polpas de noni integral e concentradas. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, e2016067, 2017.

SOUZA, L. F. S; CABRAL, J. R. S. **Abacaxi. Produção: aspectos técnicos**. Embrapa Mandioca e Fruticultura (Cruz das Almas, BA). Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 77, 2000.

Souza, M.S.; Silva, T.P.; Marques, G.L. Caracterização físico-química da farinha de casca de abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill). **Recursos Renováveis: Inovação e Tecnologia, Congresso Brasileiro de Química**, Goiania/GO, 2015.

SVC – **SHREE VINAYAK INGREDIENTS CORPORATION**. 2005. Disponível em: <<http://www.shreevinayakcorp.com/psyllium-husk.html> />. Acesso em: 24 out. 2019.

TADINI, C. C. et al. **Operações unitárias na indústria de alimentos**. Rio de Janeiro, 562p., 2016.

TORREZAN, Renata. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: frutas em calda, geleias e doces**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 31. 2003.

TORREZAN, Renata. **Manual para a produção de geleias de frutas em escala industrial**. Rio de Janeiro: EMBRAPA - CTAA, 1998. 27 p. (EMBRAPA-CTAA. Documentos, 29)

VIEIRA, Roberto Fontes et al. **Frutas nativas da região Centro-Oeste**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, 320p., 2006.

VRIESMANN, L. C., Polysaccharides from the pulp of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*): structural characterization of a pectic fraction. **Carbohydrate Polymers**, v. 77, p. 72-79, 2009.