



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
ALIMENTOS



LARA CAROLINA GONÇALVES GOMES

ELABORAÇÃO DE *SNACKS* A PARTIR DA MISTURA DE POLPA E CASCA DE
GRAVIOLA DESIDRATADOS

PATOS DE MINAS

2019

LARA CAROLINA GONÇALVES GOMES

**ELABORAÇÃO DE *SNACKS* A PARTIR DA MISTURA DE POLPA E CASCA DE
GRAVIOLA DESIDRATADOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Uberlândia – *Campus* de Patos de Minas para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Alimentos, da Faculdade de Engenharia Química, área de concentração de Desenvolvimento de Processos e Produtos.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio de Souza Barrozo

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Michelle Andriati Sentanin

Patos de Minas

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

G633e
2019 Gomes, Lara Carolina Gonçalves, 1991-
Elaboração de snacks a partir da mistura de polpa e casca de graviola desidratados [recurso eletrônico] / Lara Carolina Gonçalves Gomes. - 2019.

Orientador: Marcos Antônio de Souza Barrozo.
Coorientador: Michelle Andriati Sentanin.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.1507>
Inclui bibliografia.
Inclui ilustrações.

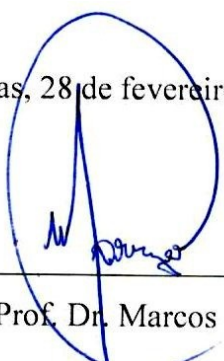
1. Engenharia de alimentos. 2. Secagem. 3. Graviola. 4. Liofilização. 5. Microondas. 6. Lanches. 7. Alimentos - Avaliação sensorial. Barrozo, Marcos Antônio de Souza, 1961-. II. Sentanin, Michelle Andriati, 1982-. III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. IV. Título.

CDU: 664

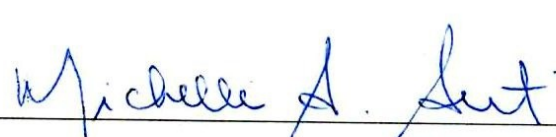
**ELABORAÇÃO DE *SNACKS* A PARTIR DA MISTURA DE POLPA E CASCA DE
GRAVIOLA DESIDRATADOS**

Dissertação submetida ao programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Uberlândia – *Campus* de Patos de Minas (MG) como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Alimentos, pela banca examinadora composta por:

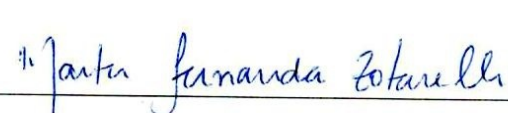
Patos de Minas, 28 de fevereiro de 2019.



Prof. Dr. Marcos Antônio de Souza Barrozo, UFU/MG - Orientador



Prof. Dr^a. Michelle Andriati Sentanin, UFU/MG - Coorientadora



Prof^a. Dr^a. Marta Fernanda Zotarelli, UFU/MG



Prof^a. Dr^a. Beatriz Cristina Silvério UFTM/MG

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por guiar meus passos, me dando forças para seguir em frente e colocando em meu caminho oportunidades maravilhosas ao longo desta jornada.

Aos meus pais José Wilson e Eulalia e minha irmã Laila, pelo amor incondicional e por todo carinho dedicado a mim, sempre me incentivando, acreditando e me apoiando em todos os momentos difíceis, não medindo esforços para que os meus objetivos fossem alcançados. Amo vocês!

Ao meu noivo Rafael, agradeço pelo amor, paciência, carinho e compreensão, pelas conversas, por aguentar minhas crises de choro quando as coisas não saiam como eu esperava e, principalmente, por suportar tudo isso e ainda conseguir me encorajar a seguir em frente. Simplesmente não consigo imaginar como teria sido sem você! Te amo meu amor! Agradeço também todo o incentivo da sua família durante esta jornada, em especial meus sogros Waldir e Celia por sempre acreditar em mim.

À Universidade Federal de Uberlândia e a Faculdade de Engenharia Química pela oportunidade.

Ao meu orientador professor Dr. Marcos Antônio de Souza Barrozo pela orientação e auxílio para realização deste trabalho.

À minha coorientadora, professora Dr^a Michelle Andriati Sentanin, por acreditar e incentivar o meu trabalho, por toda a sua dedicação e paciência, sempre me auxiliando com valiosas ideias e contribuições, disposta a me ajudar sem medir esforços. Obrigada por acreditar no meu potencial e pela confiança depositada.

À professora Dr^a. Marta Fernanda Zotarelli e ao professor Dr. Ricardo Corrêa de Santana, pelo auxílio, sugestões, paciência e tempo dedicado.

Aos técnicos do laboratório, em especial a Betânia, que sempre se prontificou e me auxiliou sempre quando precisei. Obrigada pelo incentivo, sugestões e preocupação para que as coisas dessem certo.

Ao Neiton pelo auxílio nas secagens e análises realizadas em Uberlândia.

À todos os professores da Universidade Federal de Uberlândia *campus* Patos de Minas, que de forma significativa fizeram parte desta conquista em minha vida.

À banca examinadora, por terem aceitado o convite e por ajudarem a engrandecer o meu trabalho.

À Primeira turma de Mestrado em Engenharia de Alimentos, gostaria de agradecer pelo convívio, brincadeiras, conversas, confidências, apoio, auxílio, durante esses longos dias de estudo e de experimentos no laboratório.

À todos os meus amigos e familiares, pelo apoio, incentivo e por todos os momentos de alegria e “desespero” compartilhados durante esse tempo.

À Bia, pela ajuda e parceria fundamental para a realização desse trabalho. Obrigada por sempre ser prestativa e atenciosa e por sempre se prontificar e confiar em mim. Aprendi muito com você! Espero que você tenha um futuro de muito sucesso!

Aos meus fornecedores de graviola, Tio Wagmar e minha sogra Celia, que não mediram esforços para conseguir os frutos para mim.

De forma geral agradeço a todos que direta ou indiretamente fizeram parte dessa etapa de minha vida, a contribuição de cada um foi única e insubstituível.

Sumário

LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	8
RESUMO	9
ABSTRACT	10
Capítulo 1 - INTRODUÇÃO.....	11
Capítulo 2 - REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Fruticultura Brasileira	14
2.1.1 Frutos do Cerrado.....	15
2.2 Secagem e Cinética de Secagem.....	20
2.2.1 Liofilização.....	21
2.2.2 Leito de Espuma.....	24
2.2.3 Micro-ondas	25
2.2.4 Estudos sobre Secagem de Graviola	27
2.3 Produtos Prontos para Consumo	29
2.3.1 <i>Snacks</i>	30
2.4 Análise Sensorial	31
Capítulo 3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1 Preparo do material	33
3.2 Secagem por liofilização.....	33
3.3 Secagem por leito de Espuma	34
3.4 Secagem por micro-ondas.....	35
3.5 Cinética de Secagem	36
3.6 Caracterização físico-química da mistura de polpa e casca da graviola <i>in natura</i> e desidratada	37
3.6.1 Umidade e Sólidos Totais	37
3.6.2 Sólidos Solúveis	37

3.6.3 pH.....	37
3.6.4 Atividade de Água.....	38
3.6.5 Cor.....	38
3.6.6 Higroscopicidade.....	38
3.6.7 Solubilidade.....	38
3.6.8 Fenólicos	39
3.6.9 Ácido Ascórbico.....	40
3.6.10 Acidez.....	40
3.6.11 Atividade Antioxidante	40
3.7 Formulação, caracterização, análise sensorial e composição centesimal dos <i>snacks</i> de graviola	41
3.7.1 Formulação dos <i>snacks</i> de graviola.....	41
3.7.2 Análises dos <i>Snacks</i> de Graviola.....	42
Capítulo 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1 Caracterização da mistura de polpa e casca de graviola <i>in natura</i>	46
4.2 Secagem da mistura de polpa e casca de graviola	51
4.2.1 Cinética e Atividade de Água.....	51
4.2.2 Caracterização das farinhas de Graviola	59
4.2.3 <i>Snacks</i> de Graviola.....	65
Capítulo 5 - Conclusão	74
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	76
APÊNDICES	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Distribuição do Cerrado Brasileiro.	15
Figura 2.2 – Fotografia do fruto graviola (<i>Annona muricata</i> L.).	19
Figura 2.3 - Esquema de um sistema de liofilização.	23
Figura 2.4 - Princípio de ação das micro-ondas.	26
Figura 3.1 – Liofilizador utilizado nos experimentos.	33
Figura 3.2 - Espuma da mistura de polpa e casca de graviola.	34
Figura 3.3 - Sistema de micro-ondas utilizado nos experimentos.	35
Figura 3.4 - Esquema do dispositivo de agitação utilizado no teste de solubilidade.	39
Figura 3.5 - Fluxograma do processo de produção de snacks de graviola.	41
Figura 4.1 - Aspecto visual da amostra desidratada por liofilização.	51
Figura 4.2 - Curvas de Secagem e Atividade de Água da secagem por liofilização.	52
Figura 4.3- Curva de cinética da secagem por liofilização.	53
Figura 4.4- Aspecto visual da amostra desidratada por leito de espuma.	54
Figura 4.5- Curvas de Secagem e Atividade de Água da secagem por leito de espuma.	54
Figura 4.6 - Curva de cinética da secagem por leito de espuma.	56
Figura 4.7 - Aspecto visual da amostra desidratada por micro-ondas nas potências de A) 480W, B) 280W e C) 200W.	57
Figura 4.8 - Curvas de Secagem da secagem por micro-ondas.	57
Figura 4.9 - Curvas de cinética da secagem por micro-ondas.	59
Figura 4.10 - <i>Snacks</i> de graviola A) Formulação com farinha liofilizada; B) Formulação com farinha obtida por leito de espuma; C) Formulação com farinha obtida por micro-ondas 200 W.	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Composição da Graviola.....	18
Tabela 3.1- Modelos de cinética de secagem da Literatura.....	36
Tabela 4.1 - Caracterização da mistura polpa e casca da graviola in natura.	46
Tabela 4.2– Parâmetros obtidos pelos modelos na liofilização.....	52
Tabela 4.3- Parâmetros obtidos pelos modelos na secagem em leite de espuma.....	55
Tabela 4.4- Parâmetros obtidos pelos modelos na secagem por micro-ondas nas potências de 480 W, 280 W e 200 W.....	58
Tabela 4.5 - Caracterização da mistura polpa e casca da graviola in natura e desidratada.	60
Tabela 4.6 - Formulação dos <i>Snacks</i> de Graviola.	66
Tabela 4.7 – Caracterização dos snacks de graviola.	67
Tabela 4.8 - Valores médios obtidos para cada atributo na análise sensorial dos snacks.	69
Tabela 4.9 - Distribuição conforme o intervalo de notas dos provadores.	70
Tabela 4.10 - Somatório dos testes de ordenação de preferência dos snacks de graviola.....	71
Tabela 4.11 – Composição Centesimal dos snacks de graviola.	72

RESUMO

O aumento do consumo de alimentos e o excesso de desperdício despertaram o interesse para o aproveitamento integral de alimentos, e as operações de secagem podem fornecer condições para melhor utilização de todas as suas partes. Tais operações promovem a redução da atividade de água e da umidade de um produto, permitindo o aumento de sua vida de prateleira, e por isso têm sido bastante aplicadas às frutas. A graviola, fruta tropical de sabor e aroma característicos e elevado valor nutricional, é colhida em apenas três meses de safra, indicando alto potencial para melhor aproveitamento por meio de operações de secagem. Assim, este estudo visou desenvolver *snacks* formulados a partir de uma farinha, obtida da mistura de polpa e casca de graviola, seca por três diferentes métodos: liofilização, leito de espuma e micro-ondas, este último nas potências de 200, 280 e 480 W. Obteve-se, por meio dos diferentes métodos, farinhas com níveis de umidade final satisfatórios, abaixo de 15%. O uso do micro-ondas na potência de 480W se destacou como o mais eficiente, dentre os estudados, em relação ao tempo de secagem, apesar da aparência da farinha não atender aos critérios sensoriais desejados. A operação de secagem que melhor manteve as características físico-químicas no produto final, comparado ao *in natura*, foi a liofilização, contudo, a farinha obtida por micro-ondas na potência de 200W foi a que apresentou maiores valores de compostos bioativos, sendo, portanto, selecionada, juntamente das farinhas liofilizada e seca em leito de espuma, para a formulação dos *snacks*. Estes, após a elaboração, foram submetidos à análises físico-químicas, apresentando diferença principalmente em relação à coloração, e a avaliação sensorial, por meio de teste de aceitação e teste de ordenação de preferência, permitiu concluir que o produto elaborado com farinha obtida por leito de espuma foi o que apresentou maior aceitação e preferência. A composição centesimal dos *snacks* elaborados com as farinhas obtidas pelos três métodos de secagem apresentaram valores próximos para as formulações, principalmente em relação ao teor de proteína e lipídeos. Pôde-se concluir que a operação de secagem é viável para a obtenção da farinha, e que esta pode ser aplicada em diversos produtos, dentre eles os *snacks*.

Palavras-chave: Secagem. Graviola. *Annona muricata* L.. Liofilização. Leito de espuma. Micro-ondas. *Snack*. Sensorial.

ABSTRACT

Increased food consumption and excess waste have aroused interest in the full utilization of food, and drying operations can provide conditions for better utilization of all its parts. Such operations promote the reduction of the water activity and the moisture of a product, allowing the increase of its shelf life, and therefore have been applied to fruits. Soursop, a tropical fruit with characteristic flavor and aroma and high nutritional value, is harvested in only three months of harvest, indicating a high potential for better utilization through drying operations. Thus, this study aimed to develop snacks formulated from a flour, obtained from the mixture of pulp and soursop bark, dried by three different methods: freeze-drying, foam-mat and microwave, the latter in the powers of 200, 280 and 480 W. Flours with satisfactory final moisture levels below 15% were obtained by the different methods. The use of the microwave in the power of 480W stood out as the most efficient, among those studied, in relation to the drying time, although the appearance of the flour did not meet the desired sensorial criteria. The drying operation that best kept the physical-chemical characteristics in the final product, compared to the in natura, was the freeze-drying, however, the flour obtained by microwave in the power of 200W was the one that presented higher values of bioactive compounds, therefore, selected, together with the freeze-dried and foam-mat dried flours, for the formulation of the snacks. After the elaboration, they were submitted to physical-chemical analysis, presenting difference mainly in relation to the staining, and the sensorial evaluation, through acceptance test and preference sorting test, allowed to conclude that the product elaborated with flour obtained by foam bed was the one that presented greater acceptance and preference. The centesimal composition of the snacks elaborated with the flour obtained by the three drying methods presented close values for the formulations, mainly in relation to the protein and lipids content. It can be concluded that the drying operation is feasible to obtain the flour, and that this can be applied in several products, among them the snacks.

Keywords: Drying. Soursop. *Annona muricata* L. Freeze-drying. Foam-mat. Microwave. Snack. Sensory.

Capítulo 1 - INTRODUÇÃO

O aproveitamento integral de alimentos, seja para complemento na alimentação animal ou emprego na alimentação humana, como produção de farinhas, biscoitos, doces, suplementos alimentares e produtos prontos para consumo, vem aumentando devido ao seu grande valor agregado, já que o desperdício de vegetais pode ser minimizado se aproveitados integralmente para o enriquecimento de alimentos. As frutas, produtos bastante perecíveis, podem ter seu desperdício diminuído com a utilização das cascas, folhas e sementes, além da polpa.

No Brasil existe uma larga variedade de frutas, algumas muito comuns e outras ainda pouco reconhecidas e valorizadas. A graviola (*Annona muricata* L.), da família das Anonáceas, vem ganhando espaço no mercado mundial, por possuir valor nutracêutico (antioxidantes, vitaminas e outras propriedades funcionais), por ser considerada uma fruta exótica e apresentar grande destaque socioeconômico em países que a produzem comercialmente, por meio do fornecimento de emprego e renda (SÃO JOSÉ et al., 2014).

A graviola apresenta-se como uma fruta tropical de alto valor comercial no Brasil. Cultivada no Nordeste, principalmente nos estados da Paraíba, Ceará, Pernambuco e Bahia, seus frutos são usados na fabricação de diversos produtos, como suco, sorvetes, compotas, geleias e doces (SACRAMENTO et al., 2003), além de apresentarem grandes possibilidades econômicas para exportação e comercialização (SÃO JOSÉ et al., 2014). É uma fruta apreciada por seu sabor e aroma característicos (SANTOS et al., 2014), e devido a isso, o investimento para a produção de sucos, polpas, néctares e produtos que agregam valor à fruta está em ascensão, já que esta apresenta excelentes características sensoriais e alto valor nutricional (LEMONS, 2014; WATANABE et al., 2014).

Devido à alta perecibilidade da maioria das frutas, tem-se empregado novas tecnologias que permitem processá-las na forma de pó, por meio da secagem, estimulando o consumo em qualquer época e em áreas onde não são cultivadas, com o intuito de reduzir o desperdício durante as safras e estender o período de aquisição. Sendo assim, pesquisas sobre diferentes procedimentos de secagem são efetuadas visando a obtenção de produtos secos, por meio de métodos mais eficientes e econômicos (ALVARADO; AGUILERA, 2001).

Dentre os principais métodos de secagem para alimentos, pode-se citar a liofilização, operação na qual os materiais são desidratados e mantêm a qualidade nutricional, já que boa parte deste atributo é preservada. Neste processo, a umidade é removida por sublimação e é recomendado para produtos termossensíveis, pois são utilizadas baixas temperaturas. Apesar destas vantagens, a liofilização apresenta como desvantagens elevado custo operacional e

tempo de processo longo, quando comparada a outros métodos de secagem (RATTI, 2001; GEANKOPLIS, 2003; LIAPIS; BRUTTINI 2007).

Outro método que vem tendo destaque nos últimos anos é a secagem por leito de espuma, no qual alimentos líquidos e semilíquidos são transformados em uma espuma com a adição de agentes químicos com propriedades emulsificantes e espessantes. É um processo que tem como vantagens o baixo custo de operação e menor tempo de secagem, devido à elevada área de contato exposta ao ar aquecido, facilitando a retirada da umidade. O produto obtido ao final do processo se apresenta poroso e facilmente reidratável (SOARES et al., 2001). Porém, devido à falta de estabilidade da espuma durante a secagem, pode ocorrer perda de nutrientes (KARIM; CHEE-WAI, 1999).

Outra técnica de secagem bastante estudada é a por micro-ondas, em que ocorrem interações entre o campo eletromagnético relacionado às micro-ondas e as moléculas de água presentes no alimento. Este método possui como vantagens rapidez operacional e economia de energia (MONZÓ-CABRERA et al., 2000), porém se não for aplicada de maneira correta, pode resultar em produtos de baixa qualidade (MASKAN, 2000).

A obtenção de pós, oriundos de operações de secagem, permite e estimula o desenvolvimento de novos produtos prontos para consumo, e possibilita variações de atributos sensoriais, principalmente de sabor. Aliada a isso, a busca por benefícios à saúde impulsiona a realização de testes variados para a incorporação de novos ingredientes alimentícios, funcionais e nutritivos (MATSUURA; ROLIM, 2002). Dentre essa categoria de produtos, estão inseridos os *snacks*, que são refeições pequenas, leves e nutritivas, de fácil consumo e sem necessidade de preparo (MATSUURA, 2005).

A incorporação de frutos do cerrado, a exemplo da graviola, na formulação de produtos como *snacks*, com foco no aproveitamento integral do alimento e na qualidade nutricional, é bastante atrativa, além de ser um nicho de mercado. Entretanto, devido ao elevado teor de umidade deste fruto é necessária a aplicação de um processo de secagem anterior a produção dos *snacks*.

Assim, o principal objetivo deste trabalho foi elaborar formulações de *snacks* a partir da mistura de polpa e casca de graviola desidratados por liofilização, leito de espuma e micro-ondas. Para atingi-lo, foram realizadas algumas etapas específicas: i) Secagem da mistura de polpa e casca de graviola por liofilização; ii) Secagem da mistura de polpa e casca de graviola por leito de espuma; iii) Secagem da mistura de polpa e casca de graviola por micro-ondas; iv) Análise físico-química da mistura de polpa e casca de graviola, *in natura* e desidratada; v) Análise dos compostos bioativos da mistura de polpa e casca de graviola, *in natura* e

desidratada; vi) Desenvolvimento da formulação dos *snacks* utilizando as farinhas obtidas pelos métodos de secagem (liofilização, leito de espuma e micro-ondas); vii) Análise de textura, cor, umidade, atividade de água, sólidos totais e composição centesimal dos *snacks*; viii) Verificação da aceitação e preferência dos *snacks*, por meio de testes sensoriais afetivos.

Capítulo 2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fruticultura Brasileira

A fruticultura, de suma importância para a alimentação humana, vem sendo reconhecida, por ser um setor de extremo interesse no fornecimento de renda e para o crescimento agrícola do Brasil. Essa atividade gera aproximadamente 5,6 milhões de empregos em plantações que envolvem mais de 2 milhões de hectares, divididos em vários polos de produção no país (CNA, 2016).

O Brasil apresenta condições ambientais para produzir frutas de ótima qualidade, devido a diversidade de solos e climas, além de apresentar várias espécies como frutas tropicais, subtropicais e temperadas. De acordo com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA, 2016), o país é o terceiro maior produtor mundial de frutas, ficando atrás somente da China e da Índia, e foca a sua produção no mercado interno, exportando apenas cerca de 3% das frutas que produz. Tal produção é realizada em todos os estados brasileiros, porém se concentra em maior volume em cinco estados: São Paulo, com 43%, seguido da Bahia, com 12%, Rio Grande do Sul, com 6%, Minas Gerais, com 6% e Pará com 3,7% (IBRAF, 2013). Em 2016, o setor sofreu com problemas climáticos que provocaram queda da produção em diversas regiões. Apesar disso, a produção brasileira de frutas teve bom desempenho com queda de apenas 1%, em comparação com 2015 (CNA, 2016). Já em 2017, a fruticultura teve um recuo de 0,5% na produção, devido à escassez de água que prejudicou a produção de frutas no Norte de Minas Gerais e no Nordeste (CNA, 2017). O destino das frutas no Brasil é separado em dois setores, contabilizando em torno de 53% para o mercado de frutas processadas e 47% para o mercado de frutas frescas.

O processamento de frutas no Brasil tem crescido nos últimos anos, principalmente para sucos e concentrados de frutas, ultrapassando o consumo de frutas frescas, com crescimento considerável também na produção de frutas congeladas. Em contrapartida, a produção de frutas desidratadas é bastante limitada. Apesar disso, existem algumas empresas investindo no mercado brasileiro em frutas desidratadas, na forma de pó, chips, *snacks* e granulados de maçã, banana, morango, açaí e acerola, por exemplo (IBRAF, 2013).

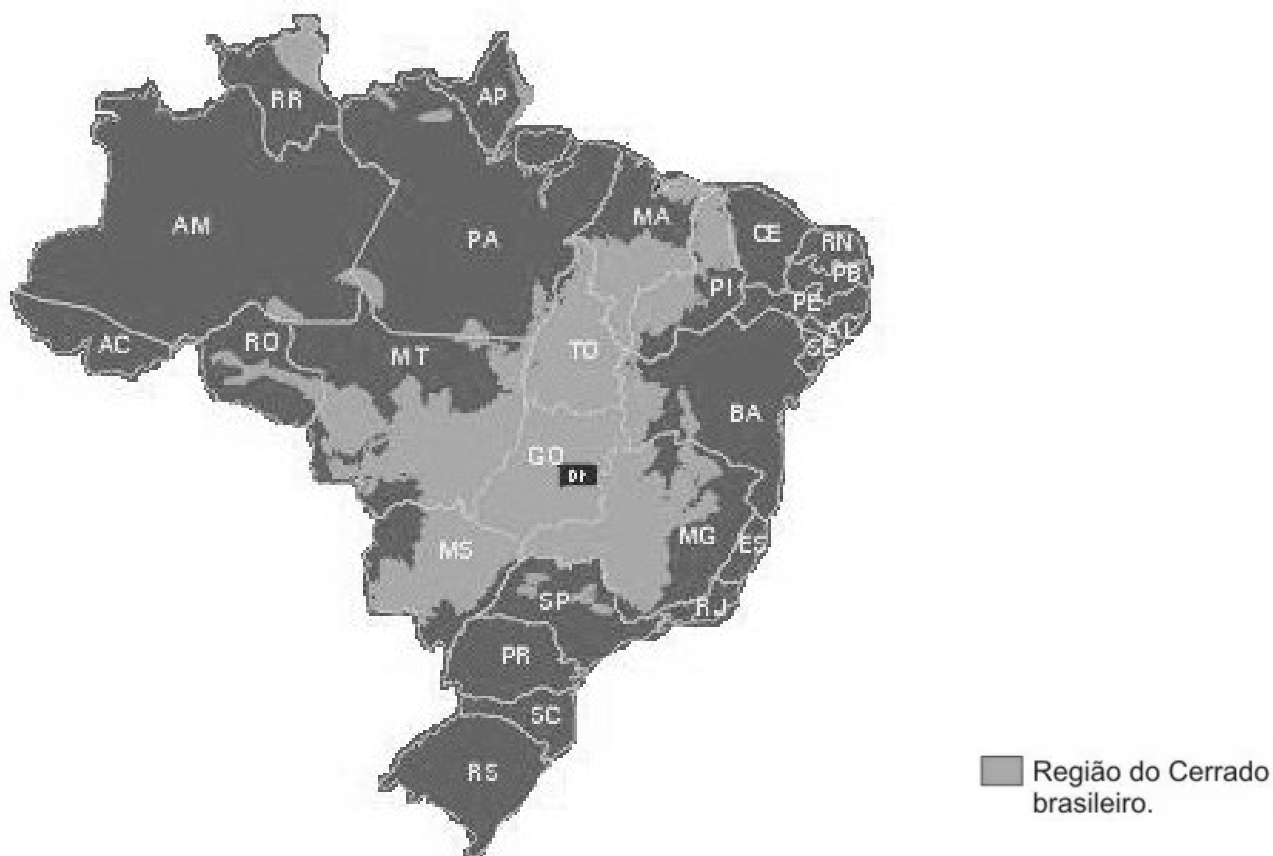
Com o aumento do processamento de frutas, a produção de resíduos ou subprodutos gerados por ele também teve um crescimento significativo, provocando desperdício de matéria-prima e energia, além de acarretar inúmeros problemas ambientais. Sendo assim, são exigidos investimentos significativos capazes de amenizar o impacto negativo causado pelo não

aproveitamento adequado destes resíduos (PELIZER; PONTIERI; MORAES, 2007). Dessa forma, torna-se essencial para o setor industrial agregar valor econômico e tecnológico aos mesmos ou ainda realizar o aproveitamento integral dos frutos para evitar desperdícios, além de reduzir a produção de resíduos, sendo que para isso estudos científicos se tornam necessários.

2.1.1 Frutos do Cerrado

A área de abrangência do Cerrado brasileiro está apresentado na Figura 2.1. Sua área contínua incide sobre os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal, além dos enclaves no Amapá, Roraima e Amazonas (ABIDES, 2015).

Figura 2.1 – Distribuição do Cerrado Brasileiro.



Fonte: ABIDES (2015).

O Cerrado brasileiro é bastante característico, com grande diversidade vegetal e pode ser constituído de campos abertos além de densas florestas. Esse bioma abrange,

principalmente, o Planalto Central Brasileiro, que ocupa mais de 200 milhões de hectares, equivalentes a cerca de 20% de todo território nacional. É o segundo maior bioma do país, representando 30% da biodiversidade brasileira e 5% da mundial (PARTELLI et al., 2010).

O Cerrado é muito rico em espécies frutíferas nativas e oferece grande quantidade de frutos comestíveis, de excelente qualidade, cujo aproveitamento por populações humanas ocorre desde os primórdios da ocupação (BARBOSA, 1996; KLINK; MACHADO, 2005). Essas espécies nativas são utilizadas por populações locais que empregam frutos, raízes e folhas como matéria-prima na elaboração de polpas, licores, doces, produção de óleos, ceras, fármacos e cosméticos (OLIVEIRA et al., 2011). Os produtos obtidos contribuem para a geração de emprego e renda de agricultores, camponeses e extrativistas, que comercializam seus produtos nas feiras livres e comércios locais (COULY; SIST, 2013).

As frutas do Cerrado estão habituadas aos solos locais e praticamente não têm a necessidade da adição de insumos químicos, apresentando baixo custo de implantação e manutenção do pomar. Além de serem empregadas na formação de pomares domésticos e comerciais, as frutas nativas do cerrado podem ser utilizadas com sucesso na recuperação de áreas desmatadas ou degradadas, no plantio em parques e jardins, no enriquecimento da flora, no plantio intercalado com reflorestas, no plantio em áreas acidentadas, para controle de erosão e no plantio de áreas de proteção ambiental. Além destas características, muitas espécies fazem parte da flora aplicada e apicultura, e suas folhas e cascas são utilizadas na medicina popular (SILVA; JUNQUEIRA; ANDRADE, 2001).

As frutas do Cerrado são um importante segmento, crescente, rentável e de boa aceitação, o que as tornam uma excelente alternativa para muitos agricultores e outros setores, como indústria e comércio (SOARES et al., 2009). Elas oferecem grande variedade de aromas e sabores e seus constituintes básicos são vitaminas, açúcares, água e sais minerais, além de possuírem propriedades medicinais, estimulantes, com funções gástricas e desintoxicantes. Tais frutas, a exemplo da graviola, apresentam uma importante atividade econômica e promissora devido a sua diversidade e a potencialidade de suas espécies utilizadas, não só como alimento nutritivo, mas principalmente como matéria-prima para o processamento industrial (VIEIRA et al., 2006).

2.1.1.1 Graviola

Uma família de frutas bastante encontrada no Brasil é a das *Annonaceas*, apresentando uma grande variedade de frutos exóticos e consideradas frutos do cerrado, como a fruta do

conde (*Annona squamosa*), atemoia (*Annona cherimola* Mill), pinha (*Annona squamosa*), araticum ou marolo (*Annona crassiflora* Mart.) e graviola (*Annona muricata* L.). As plantas da família *Annonaceae* são importantes fontes de frutos comestíveis e têm sido usadas, historicamente, na medicina tradicional por povos indígenas devido as suas capacidades antitumorais, antiparasitas e antidiarreicas (PIMENTA et al., 2003; MATA et al., 2005; KELMER; NASCIMENTO; OLIVEIRA, 2015).

A graviola é considerada a fruta mais tropical das anonáceas (FREITAS et al., 2013). Originária da América Central e norte da América do Sul, pode ser encontrada em toda faixa equatorial do planeta (SOBRINHO, 2010). A espécie foi introduzida no Brasil pelos portugueses no século XVI e distribuída para diversas regiões, onde passou a ser cultivada em pomares caseiros, tornando-se mais tarde uma fruta de grande importância econômica para a região Nordeste (PINTO; RAMOS; RODRIGUES, 2001; SACRAMENTO; MOURA; COELHO JUNIOR, 2009). A graviola é amplamente cultivada em estados da região Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, destacando-se os estados de Alagoas, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Pará e Minas Gerais (LIMA, 2004).

A gravioleira é uma árvore de pequeno porte, variando de quatro a oito metros de altura. Sua maior ocorrência é nas regiões de clima quente e úmido. No Brasil, a frutificação da graviola ocorre no verão e produz satisfatoriamente o ano todo, em quase todo o território nacional, sobretudo na Amazônia, no Cerrado e no Nordeste, graças à irrigação (BARBOSA; NAZARÉ; HASHIMOTO, 1981).

Os frutos da gravioleira são muito apreciados pelo seu aroma agradável e característico, e apresentam um sabor de creme quando maduros, devido à presença de compostos de éster, açúcares e ácidos orgânicos. São constituídos por cerca de 54% de polpa, 36% de casca e 10% de sementes. A polpa, de cor branca, apresenta-se bastante fibrosa, de aspecto semelhante ao algodão. É aromática, de textura arenosa, suculenta, ligeiramente doce e ácida, agradável ao paladar, e nela estão envolvidas sementes negras e brilhantes (MACLEOD; PIERIS, 1981). Ainda, é excelente fonte de vitamina B, além de conter significativas quantidades de proteína, gordura, carboidrato, vitamina C, potássio e fósforo. A composição da graviola, segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011), está apresentada na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Composição da Graviola.

Composição	Valores para 100 g
Umidade (%)	82,2
Energia (kcal)	62
Proteínas (g)	0,8
Lipídeos (g)	0,2
Carboidrato (g)	15,8
Fibra Alimentar (g)	1,9
Cinzas	1,0
Cálcio (mg)	40
Magnésio (mg)	26
Manganês (mg)	0,08
Fósforo (mg)	19
Ferro (mg)	0,2
Sódio (mg)	4
Potássio (mg)	250
Cobre (mg)	0,04
Zinco (mg)	0,1
Vitamina C (mg)	19,1

Fonte: TACO (2011).

O fruto possui uma casca verde escura, mesmo quando maduro. Externamente, se apresenta revestido de pequenas formações pontiagudas, que são pseudoacúleos, geometricamente dispostos em sua superfície, como mostrado na Figura 2.2. Seu tamanho varia de 10 a 30 cm de comprimento e seu peso pode chegar até 4,5 kg (SACRAMENTO et al., 2003; NWOKOCHA; WILLIAN, 2009; COSTA; FREITAS; COSTA, 2014; KELMER; NASCIMENTO; OLIVEIRA, 2015).

Segundo Mosca, Cavalcante e Dantas (2006), o fruto é uma baga, carnosos, de forma elipsoidal ou ovóide. Os carpelos aparecem separados por um sulco fino e, na maioria das cultivares, apresentam no centro um pseudo-espinho curvo para baixo; eles são carnosos, curtos e moles (PINTO, 2005).

A graviola está incluída no rol das frutas tropicais brasileiras de maior aceitação comercial no mercado nacional, graças à crescente demanda e interesse pela polpa, por parte

do consumidor e das indústrias, que utilizam o fruto como matéria-prima para produção de doces, iogurtes, produtos medicinais, cosméticos e outros (JUNQUEIRA et al., 1996).

Figura 2.2 – Fotografia do fruto graviola (*Annona muricata* L.).



Fonte: Arquivo Pessoal.

A importância socioeconômica do cultivo de anonáceas, especialmente da graviola no Brasil, tem aumentado nos últimos anos pela demanda de frutas tropicais, além da possibilidade de uso na indústria farmacêutica e de cosméticos. Esse interesse pelo cultivo de anonáceas se deve ao alto preço alcançado no mercado, bem como pela sua inserção no mercado europeu e americano (SOBRINHO, 2010).

Contudo, a graviola é um fruto altamente perecível, com período de conservação limitado a poucos dias. Devido a sua intensa atividade metabólica, amolece rapidamente durante o amadurecimento. Com isso, problemas relacionados ao escurecimento enzimático da casca são um dos motivos responsáveis pelas perdas econômicas na comercialização do fruto *in natura*, acarretando a sua limitação no processo de exportação (ALVES; FILGUEIRAS; RAMOS, 2002). Sua perecibilidade alta é um dos maiores entraves à comercialização da fruta fresca, visto que a distância dos mercados consumidores e o reduzido tempo de prateleira podem ocasionar perdas econômicas elevadas. Além desses, outros fatores como a não uniformidade no tamanho e formato dos frutos, danos causados por pragas e a falta de variedades são fatores que dificultam a etapa de comercialização (ALVES; FILGUEIRAS, 1997). Como alternativa a essa problemática, produtores têm direcionado a sua comercialização ao processamento industrial (UMME et al., 2001).

2.2 Secagem e Cinética de Secagem

Desde a antiguidade a secagem tem sido utilizada para a remoção da água em diversos materiais. Devido a isso, acredita-se que esta operação tenha sido a primeira na conservação de alimentos, sendo utilizada até os dias atuais, pois é uma importante ferramenta na preservação de alimentos como frutas, leite e sucos (CELESTINO, 2010; VIGANÓ, 2012).

Segundo Fellows (2006), secagem ou desidratação de alimentos é definida como a aplicação de calor, sob condições controladas, com a finalidade de remover a maior parte da água normalmente presente no alimento, por meio da evaporação. Quando um sólido úmido é exposto à secagem térmica, dois processos ocorrem simultaneamente: a transferência de energia e de massa. A transferência de energia (calor) ocorre a partir do ambiente dependendo de condições externas como temperatura, umidade do ar, fluxo e direção de ar, área de exposição do sólido (forma física) e pressão. Já a transferência de massa (umidade) pode ocorrer na superfície, bem como do interior para a superfície do material, seguido de evaporação devido ao primeiro processo. Este processo, que descreve a secagem convectiva clássica, geralmente abrange dois períodos de secagem distintos. O primeiro apresenta taxa de secagem constante, em que a pressão parcial de vapor de água se mantém constante na superfície. A velocidade de secagem é controlada por condições externas, como aumento de temperatura, velocidade do ar e baixas umidades relativas do ar que conduzem a velocidade de secagem maior. O outro período possui taxa de secagem decrescente, sendo que a secagem é mais difícil e lenta, pois não há mais uma saturação de umidade na superfície, portanto a água deve migrar pelos poros do sólido para se separar do mesmo (MUJUMDAR, 2007). O movimento interno da umidade do material é função da natureza física do sólido, sua temperatura e conteúdo de umidade (MUJUMDAR, 2007; SILVA, 2015).

As condições de operação como eficiência energética e o tempo de secagem, a qualidade do produto alcançado, fator econômico, entre outras características, são determinantes na escolha do método de secagem, afim de garantir um alimento seguro e com qualidade sensorial desejada (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008). A escolha da técnica adequada para a secagem depende das diferenças existentes nos materiais, devido à sua composição, estrutura e dimensões. Os materiais ricos em açúcar têm a velocidade de secagem diminuída, devido a crosta que tende a se formar na superfície exposta à secagem. Outros materiais podem sofrer encolhimento e fissuras, já outros devem ser tratados em condições controladas de luz e temperatura, em razão das substâncias termossensíveis presentes (SILVA, 2014).

A operação de secagem em frutas mostra-se bastante propícia, pois torna possível o aproveitamento integral, evitando, conseqüentemente, o seu desperdício. Os pós obtidos de frutas são uma opção vantajosa, uma vez que o produto é mais estável, apresenta características sensoriais atrativas e o transporte e armazenamento são facilitados. O produto seco é leve, compacto e com estabilidade por longos períodos; ainda, o processo de secagem é relativamente econômico (CELESTINO, 2010; VIGANÓ, 2012). Apesar disso, é fundamental que se façam estudos detalhados para que esses processos se tornem possíveis, tanto na preservação dos nutrientes e compostos bioativos presentes, quanto no custo operacional. Sendo assim, a procura por equipamentos cada vez mais eficientes para a secagem de frutas é fundamental.

A cinética de secagem representa a eliminação de umidade do material ao longo do tempo de acordo com os mais diversos métodos de secagem aos quais este é submetido. Estudos de cinética permitem determinar os adimensionais de umidade, em função do tempo para os períodos de secagem (SILVA, 2015).

Para representar a cinética de secagem podem ser utilizados modelos empíricos, semi-empíricos ou teóricos. As equações empíricas normalmente proporcionam um bom ajuste dos dados para uma modelagem matemática pouco complexa, porém, não permitem extrapolação. Os modelos semi-empíricos são mais fundamentados em teoria e podem abranger parâmetros como temperatura, pressão e umidade relativa. Os modelos teóricos possuem mais confiabilidade, porém sem ajustes de parâmetros tem limitada aplicação (MOREIRA, 2000; SILVA, 2014).

2.2.1 Liofilização

O surgimento da liofilização ainda é incerto, pois não se sabe precisamente nem a data nem o local da sua origem. Segundo Adams (1991), o método, que era utilizado pelos esquimós, teve seu surgimento na conservação de peixes aproveitando os ventos árticos secos. Em 1933, foram preparados os primeiros produtos liofilizados utilizados em clínica, pelo laboratório Flasdorf da Universidade da Pensilvânia (MOIA, 1994). Apesar disso, a produção em larga escala de produtos liofilizados iniciou-se somente na década de 40, na produção de plasma e produtos de sangue secos (TADINI et al., 2016), além de ser utilizado na preservação de sangue e tecidos durante a Segunda Guerra Mundial (CELIKER; KISAKUREK, 1984). Mais tarde, utilizou-se a liofilização na preparação industrial de antibióticos e materiais biológicos (BARBOSA-CÁNOVAS; VEGA-MERCADO, 1996). Porém, o interesse em utilizar a liofilização pelas indústrias só foi despertado após a *National Aeronautics and Space*

Administration (NASA) utilizar este processo na alimentação dos astronautas e em missões espaciais, já que o mesmo poderia trazer vantagens na qualidade, estocagem e transporte de alimentos (MARQUES, 2008). Com o passar dos anos, a liofilização impactou de maneira positiva a conservação dos alimentos, mostrando-se um método vantajoso para prolongar a vida útil dos mesmos (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 2005).

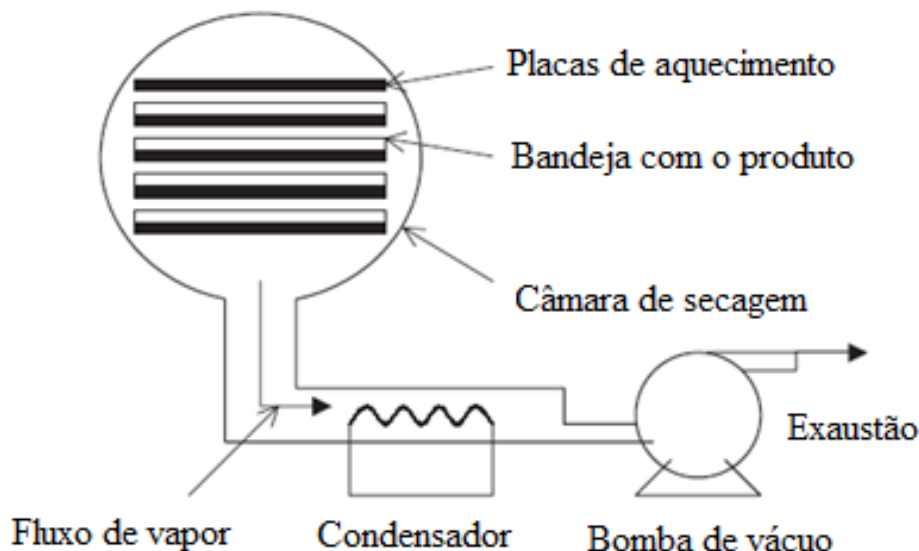
O processo de liofilização requer pressões muito baixas, por meio da utilização do vácuo, tornando-o um método caro (GEANKOPLIS, 2003). O material a ser seco deve ser congelado a temperaturas inferiores a 0°C, para garantir que a água permaneça no estado sólido. Na maioria das vezes, a liofilização acontece com temperaturas abaixo de -30°C e pressões absolutas menores ou iguais a 2 mmHg (LIAPIS; BRUTTINI, 2007). Por operar com baixas temperaturas e sob vácuo, esse processo é indicado para materiais termossensíveis, materiais biológicos, farmacêuticos, alimentos e produtos químicos, fornecendo produtos de qualidade superior, quando comparados às outras técnicas de secagem (LIAPIS; BRUTTINI, 2007; MARQUES, 2008).

A liofilização é dividida em três estágios principais: o congelamento do material; a sublimação do gelo e a remoção do vapor de água. No primeiro estágio, o material é submetido a baixas temperaturas, garantindo o seu total congelamento. Esta etapa é de suma importância, pois determinará o desempenho global do processo de liofilização, uma vez que o tamanho, formato e homogeneidade dos cristais de gelo influenciarão na eficiência de transferência de massa e retirada de água (LIAPIS; BRUTTINI, 2007). Dessa forma, o método e a velocidade de congelamento se tornam bastante impactantes.

Após o congelamento do material, dá-se início a liofilização propriamente dita, em duas etapas. Na primeira, a água congelada é removida por sublimação, necessitando que a pressão do sistema seja menor ou próxima à pressão de vapor de equilíbrio da água congelada. Na sublimação das moléculas de água, o vapor de água gerado conduz uma quantidade significativa de calor latente de sublimação (cerca de 2840 kJ / kg de gelo), fazendo com que a temperatura do produto que está sendo liofilizado se mantenha reduzida (LIAPIS; PIKAL; BRUTTINI, 1996). Nesta etapa, consegue-se fazer a remoção de cerca de 65-90 % da água presente no material (LIAPIS; BRUTTINI, 2007). Na sequência, ocorre a dessorção, que consiste na remoção do restante da água não congelada que ainda está adsorvida física ou quimicamente à estrutura interna do material (cerca de 10-35% da água inicial). Esta etapa ocorre de forma mais lenta que a sublimação, devido à água ligada presente no material. A dessorção deve ser realizada até que a umidade do produto seja baixa, fazendo com que ele consiga manter sua estabilidade e qualidade por longo período (REY, 1964). Na Figura 2.3 está apresentado o

esquema de um liofilizador. O material congelado pode ser colocado sobre as placas de aquecimento, para o fornecimento de energia, no sentido de favorecer a sublimação e a dessorção da água ligada. Liofilizadores de bancada geralmente não dispõem de sistema de aquecimento.

Figura 2.3 - Esquema de um sistema de liofilização.



Fonte: Adaptado de BARBOSA-CÁNOVAS et al. (2005).

Uma das vantagens da liofilização é que o congelamento do material a ser seco, antes do processo, previne o colapso da matriz porosa remanescente após a secagem e, quando o produto é reidratado, mantém consideravelmente sua estrutura original. Outra vantagem é a pequena perda de sabor e aroma dos alimentos liofilizados, pois a ausência de ar e as baixas temperaturas utilizadas no processo reduzem as reações de degradação e as modificações no produto (GEANKOPLIS, 2003; LIAPIS; BRUTTINI 2007), além de ocorrer encolhimento mínimo do material e a ausência de migração de sólidos solúveis para sua superfície (MARQUES, 2008). Apesar disso, os produtos liofilizados tendem a ser mais porosos, podendo absorver umidade mais rapidamente quando expostos a ambientes úmidos, o que nem sempre é uma característica desejável (OCHOA-MARTÍNEZ et al., 2012). A principal desvantagem para a sua aplicação em larga escala são os elevados custos envolvidos na produção, o alto consumo de energia no processo e o elevado tempo do processo (RATTI, 2001; GEANKOPLIS, 2003; LIAPIS; BRUTTINI 2007).

De maneira geral, a liofilização mostra-se como um método promissor, principalmente no mercado de alimentos processados. Isso se deve, por exemplo, devido ao fato de que frutas e polpas desidratadas vêm ganhando atenção cada vez maior, graças à conservação das

características naturais dos produtos (MARQUES; SILVEIRA; FREIRE, 2006). Nos últimos anos, trabalhos envolvendo a liofilização de frutas vêm se destacando, salientando-se sua aplicação na secagem de morangos (HAMMAMI; RENÉ, 1997), maçã (KROKIDA; PHILIPPOPOULOS, 2006; DUAN et al., 2013), acerola (MARQUES; FERREIRA; FREIRE, 2007), abacaxi, mamão e goiaba (MARQUES; PRADO; FREIRE, 2009), manga (MEHRNOUSH et al., 2011, ZOTARELLI, 2014), resíduo de maracujá (SILVA, 2015) e graviola (MATA et al., 2005).

2.2.2 Leito de Espuma

O método de secagem em leito de espuma, também chamado de *foam-mat drying*, foi criado na década de 1950, por Morgan e sua equipe na Califórnia, EUA, e patentado em 1961 (SEGURA; MONROY; MANRIQUE, 1990; BERISTAIN et al., 1991). Essa operação permite secagem rápida de alimentos líquidos e vem sendo bastante utilizada em polpas de frutas e em alimentos pastosos (MARQUES, 2009).

O método baseia-se na transformação do alimento em uma espuma, por meio da adição de agentes espumantes e a incorporação de ar, nitrogênio e outros gases, em equipamentos geradores de espumas, como as batedeiras (FELLOWS, 2006). Em seguida, a espuma obtida é espalhada em uma superfície com espessura entre 2 a 5 mm e submetida à secagem geralmente em estufas com escoamento de ar. Após a secagem, obtém-se um produto poroso e quebradiço, de fácil moagem e pó com boa reidratação (SANKAT; CASTAIGNE, 2004; BASTOS et al., 2005; KUDRA; RATTI, 2006).

Este método pode ser utilizado em temperaturas amenas, e baixa umidades dos produtos podem ser obtidas em menor tempo de secagem comparado a liofilização e outras técnicas, pois apresenta maior área de superfície exposta ao ar. Isso faz com que o processo de eliminação de água seja acelerado (FELLOWS, 2006). Por isso, torna-se bastante usado em alimentos viscosos, sensíveis ao calor e ricos em açúcar, como polpas e sucos de frutas (RAJKUMAR et al., 2007).

A principal desvantagem da secagem em leito de espuma é a necessidade de uma grande área de superfície de secagem, para que se consiga atender altas taxas de produção, elevando assim o seu custo de investimento (FELLOWS, 2006). Outra desvantagem é a necessidade da adição de aditivos que podem modificar sabor, aroma e cor do alimento, além também, da desestabilidade da espuma durante a secagem, influenciada pelo tipo e concentração do agente espumante e natureza química do produto (KARIM; CHEE-WAI, 1999).

Nos últimos anos, trabalhos envolvendo secagem de frutas em leito de espuma vêm ganhando destaque, podendo-se ressaltar sua aplicação na secagem de acerola (SOARES et al., 2001; ARAÚJO et al., 2017), banana (SANKAT; CASTAIGNE, 2004), manga (BASTOS et al. 2005; RAJKUMAR et al. 2007; FREITAS, 2016), jaca (DANTAS et al, 2008), tamarindo (SILVA, et al., 2008), maracujá (CAMARGO et al, 2008), mamão (KANDASAMY et al., 2012), goiaba (CRUZ, 2013), kiwi (OLIVEIRA et al., 2016), café (CRUZ; SARAIVA; TEIXEIRA, 2017) e graviola (GURGEL, 2014; BAPTESTINI, 2015).

2.2.3 Micro-ondas

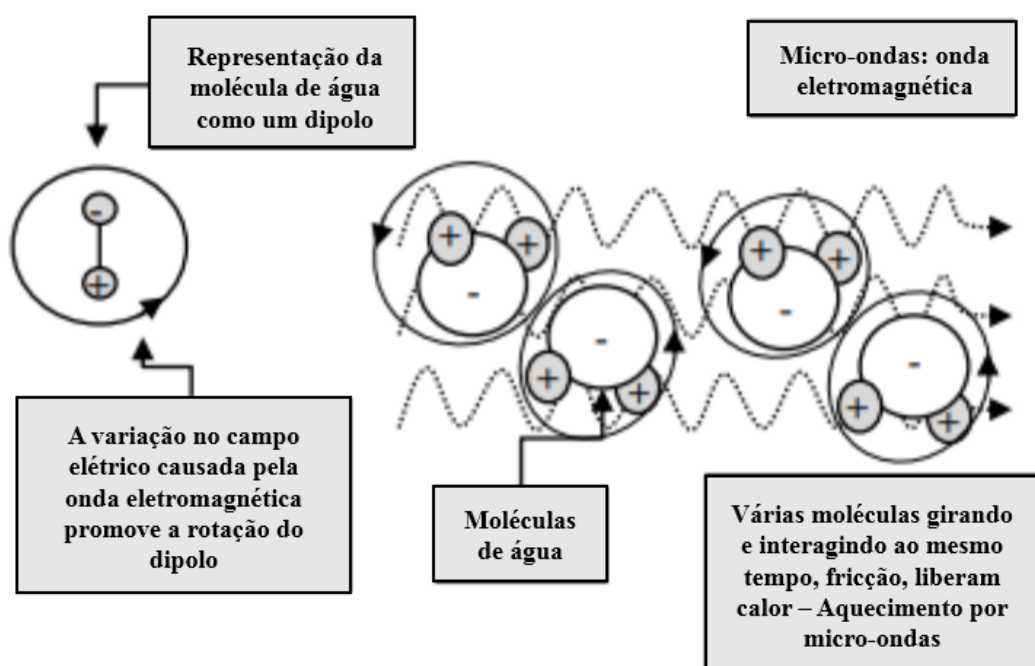
As aplicações de micro-ondas surgiram durante a Segunda Guerra Mundial e, em 1947, Percy Spencer desenvolveu um dos primeiros fornos micro-ondas domésticos (SCHIFFMANN, 2007). A partir daí, os fornos micro-ondas tornaram-se praticamente essenciais nas cozinhas principalmente domésticas, devido ao rápido tempo de cozimento de alimentos (VENKATESH; RAGHAVAN, 2004).

As micro-ondas são radiações eletromagnéticas não ionizantes e invisível aos olhos humanos, possuem comprimentos de ondas na faixa de 1 mm e 1 m e frequência entre 300 MHz e 300 GHz (SCHIFFMANN, 2007). A propriedade intrínseca mais importante desta forma de energia para alimentos é a absorção volumétrica por materiais dielétricos, em forma de calor (ENGELDER; BUFFLER, 1991). Esta propriedade resulta em curtos tempos de processamento, maior rendimento do produto final e qualidade superior em comparação com outros métodos de secagem (DECAREAU; PETERSON, 1986). A secagem por micro-ondas, quando comparada aos outros métodos de secagem, torna-se uma alternativa eficaz, devido a geração de calor não ter dependência da condutividade térmica do material a ser seco (MONZÓ-CABRERA et al., 2000).

As micro-ondas são fornecidas pelo magnetron, um tubo oscilador alimentado por um circuito eletrônico, capaz de transformar energia elétrica em energia eletromagnética de micro-ondas (SILVA; MARSAIOLI, 2003). Essas são encaminhadas para um guia de onda que envia as ondas para o interior da câmara de cocção. Esta câmara tem paredes metálicas que atuam como uma gaiola de Faraday, evitando a saída das micro-ondas para o exterior. A maioria dos fornos micro-ondas tem uma plataforma giratória nesta câmara para homogeneizar a incidência das ondas sobre o alimento, mas alguns projetos incluem um refletor rotativo, atuando como um agitador (VOLLMER, 2004).

O aquecimento e secagem por micro-ondas são ocasionados pela capacidade de absorção da radiação pelos alimentos e conversão da mesma em calor. O aquecimento se dá devido aos mecanismos de rotação dipolar e polarização iônica. A água, que está presente na maioria dos alimentos, é geralmente o dipolo responsável pelo aquecimento; é uma molécula polar e tem orientação aleatória. No entanto, quando um campo elétrico é aplicado, as moléculas se orientam de acordo com a polaridade do campo. No campo de micro-ondas, a polaridade altera-se rapidamente. As moléculas polares giram para manter o alinhamento com a polaridade do campo que muda rapidamente, tal rotação de moléculas leva ao atrito e dessa forma o calor é gerado (DATTA; DAVIDSON, 2000; SINGH; HELDMAN, 2009). Este mecanismo pode ser visualizado no esquema apresentado na Figura 2.4.

Figura 2.4 - Princípio de ação das micro-ondas.



Fonte: Adaptado de MAGALHÃES, LIMA e SOUZA (2003).

Geralmente, um processo de secagem por micro-ondas consiste em três períodos distintos de secagem. No primeiro período, que é de aquecimento, a energia de micro-ondas é transformada em energia térmica dentro dos materiais úmidos, aumentando a temperatura do produto com o tempo. Uma vez que a pressão de vapor nos alimentos é superior à do ambiente, o material inicia a perda de umidade a taxas relativamente baixas. O segundo período é o de secagem rápida, no qual um perfil estável de temperatura é estabelecido, e a energia térmica

convertida das micro-ondas é usada para a vaporização da água. Por fim, no terceiro período, tem-se a redução na taxa de secagem, e a umidade é reduzida para um ponto em que a energia necessária para a vaporização da água é inferior à energia térmica convertida pelas micro-ondas. A temperatura local pode elevar-se acima da temperatura de ebulição da água. Com isso, mesmo que a conversão de energia das micro-ondas em calor diminua, a temperatura do produto ainda pode continuar a subir, resultando em superaquecimento ou carbonização (ZHANG et al., 2006).

As vantagens da secagem por micro-ondas são evidentes devido a rapidez e uniformidade do método, além de ser energeticamente eficiente em comparação com o método de ar quente e outros. Isso é devido a acelerada remoção de umidade e vagarosa transferência de calor, em consequência à ausência de convecção (MASKAN, 2000).

Dentre as desvantagens do método, destaca-se a baixa qualidade dos produtos obtidos, se o método não for aplicado corretamente (MASKAN, 2000). Isso porque a distribuição desuniforme de temperatura faz com que algumas regiões do material recebam calor mais que as outras, gerando diferença no aquecimento (VADIVAMBAL; JAYAS, 2010).

Nos últimos anos, diversos trabalhos envolvendo secagem por micro-ondas em frutas têm sido publicados, destacando-se sua aplicação para secagem de banana (MONTEIRO, 2014), pêra (FUMAGALLI, 2003), maçã (ZAREIN; SAMADI; GHOBADIAN, 2015; CUCCURULLO et al., 2018), uva (LOKHANDE; RANVEER; SAHOO, 2017) e goiaba (SHARMA; YADAV, 2017).

2.2.4 Estudos sobre Secagem de Graviola

Pesquisadores da Universidade Federal do Sergipe desenvolveram um estudo sobre secagem de graviola em secador convectivo de bandeja, a uma temperatura de 60°C, por período de 30 a 40 h. Após a secagem, a polpa foi triturada e peneirada, e em seguida foram feitas análises físico-químicas, de fenólicos e atividade antioxidante. A farinha de graviola obtida manteve os teores de compostos fenólicos, quando comparados à fruta *in natura*. Com isso, os autores concluíram que a secagem em secador convectivo de bandeja mostrou-se viável, tanto por se tratar de um instrumento acessível em termos de custo, quanto por possibilitar a obtenção de um produto com características desejáveis, preservando parte considerável dos nutrientes da graviola, bem como seu sabor e aroma característicos (SOBRAL et al., 2011).

Baptestini (2015) utilizou o método de secagem em leito de espuma para secar graviola. O autor utilizou os emulsificantes albumina, Emustab®, Super-Liga-Neutra® e maltodextrina,

nas proporções de 0,0, 2,5, 5,0, 7,5 e 10% em massa. Adicionaram-se à polpa os emulsificantes na concentração desejada e essa mistura foi agitada. Após a produção da espuma, esta foi espalhada sobre bandejas criando uma camada fina de cerca de 5,0 mm de espessura. Em seguida, a espuma foi submetida à secagem em estufa de circulação forçada até peso constante, com temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80°C e velocidade média do ar de 5,6 m/s. O autor relatou que obteve um pó de graviola com boa estabilidade, de acordo com as propriedades físico-químicas e concluiu que o melhor emulsificante foi a albumina, na concentração de 7,5%, uma vez que atendeu aos critérios de massa específica, expansão e estabilidade. Gurgel (2014) utilizou o mesmo método de secagem, porém além de 1% Emustab® e 1% Super-Liga-Neutra®, utilizou como emulsificante o leite nas proporções 0%, 20% e 40%, e concluiu que a adição do leite pode promover maior expansão da espuma, proporcionando a desidratação e aumento das taxas de secagem, porém, diminuindo a solubilidade do pó e afetando, consequentemente, a reconstituição da polpa. A condição do processo que obteve menor tempo de processamento foi para a secagem conduzida nas condições de 40% de leite, 70°C e 0,30 cm de espessura.

Mata et al. (2005) utilizaram a polpa graviola para produção do pó liofilizado. A polpa de graviola foi congelada a uma temperatura de -50°C, depois liofilizada. Em seguida, o produto em pó obtido e a polpa *in natura* foram submetidas as análises químicas para determinação de ácido ascórbico, açúcares totais e redutores, acidez total titulável, sólidos solúveis e pH. A graviola em pó foi também submetida a uma análise sensorial na forma de suco, comparando o pó reconstituído, com o suco de graviola da polpa *in natura*. Das análises químicas os autores observaram que quando comparou-se a polpa de graviola *in natura* com a liofilizada, a acidez total foi diminuída, embora não significativamente, e o pH praticamente não se alterou. Em relação a análise sensorial, os autores relataram que os valores atribuídos pelos provadores foram próximos do produto *in natura*, principalmente para o atributo sabor, confirmando que a liofilização mantém as características sensoriais do produto. Os autores concluíram também que grande parte das características originais do produto *in natura* foram preservadas mesmo após a secagem por liofilização.

Cavalcante et al. (2017) secaram polpa de graviola, utilizando o método *spray drying*. No processo, foi empregado um bico aspersor de 1,2 mm de diâmetro e fez-se variação da temperatura de secagem e concentração de maltodextrina, tendo como variáveis resposta a umidade e higroscopicidade do pó. Foram mantidos constantes os parâmetros de vazão do ar comprimido (3,0 L/min), pressão de aspersão (100 psi), vazão de alimentação (0,5 L/h) e vazão do ar de secagem (3,5 m³/min). Os autores concluíram que a secagem da polpa de graviola em

spray dryer a 169 °C e com adição de 17% (m/m) de maltodextrina, como agente carreador, propiciou maior rendimento e pós com características físico-químicas e higroscópicas consideradas adequadas para produtos alimentícios.

Os métodos citados para secagem de graviola são de grande importância, já que permitem a obtenção de um produto que mantém suas características sensoriais as mais próximas possíveis da fruta *in natura*, além de propiciarem em boa conservação, simplificarem a estocagem e o transporte e promoverem o consumo do produto na entressafra, o que os tornam vantajosos para a indústria de alimentos. Entretanto, a comparação entre estes métodos se faz necessária para escolher a técnica mais adequada, considerando a eficiência do processo e a qualidade do produto.

2.3 Produtos Prontos para Consumo

A demanda populacional por alimentos práticos, nutritivos e seguros está crescendo mundialmente e, devido a isso, as indústrias alimentícias vêm desenvolvendo produtos, visando oferecê-los para diversos grupos de pessoas nos vários estágios de vida. O aumento de desenvolvimento e de procura por produtos prontos para consumo e de preparo rápido têm ocorrido devido às mudanças na rotina diária de grande parte da população (MATSUURA, 2005), e isso está associado ao ritmo acelerado das grandes cidades, a inserção das mulheres no mercado de trabalho e a falta de tempo da vida moderna. Isso também é devido à facilidade da aquisição nos mercados desses alimentos pré-preparados, prontos e congelados, além de inúmeras opções disponíveis em restaurantes *self-service* e *fast food* (MATTOS; MARTINS, 2000), além da economia do tempo utilizado na compra, preparo e consumo de alimentos (VIEIRA et al., 2001).

O desenvolvimento de novos produtos para consumo possibilita variações de atributos sensoriais, principalmente de sabor, e a procura por benefícios à saúde permite a tais produtos a realização de testes variados para novos ingredientes alimentícios, nutritivos e funcionais (MATSUURA; ROLIM, 2002). Segundo a RDC N° 273, de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), alimentos semi-prontos ou prontos para o consumo são definidos como “alimentos preparados ou cozidos ou pré-cozidos, que não necessitam da adição de nenhum outro ingrediente para seu consumo, podendo ou não haver a necessidade de cozimento ou aquecimento complementar”.

Os produtos prontos para consumo caracterizam-se por seu rápido preparo e/ou consumo facilitado, e os *snacks* se encaixam nesta categoria, por serem alimentos de fácil

acesso e consumo. Com isso, a procura por esses produtos cresce cada vez mais, principalmente entre crianças e adolescentes. Devido a esse aumento na demanda, as empresas e instituições de pesquisa começaram a investir no desenvolvimento de *snacks* saudáveis, como os com baixo teor de gordura, com redução de açúcar ou sódio, além da busca por substitutos dos conservantes e corantes químicos. O emprego de frutas nas formulações está sendo cada vez mais explorado, promovendo alimentos mais saudáveis, ao mesmo tempo que oferecem ao consumidor um sabor característico mais próximo do produto *in natura*.

2.3.1 *Snacks*

Atualmente, o aparecimento de *fast foods* ou alimentos de conveniência têm aumentado de forma significativa mundialmente, e os *snacks* se encaixam entre os mais comuns. Esse tipo de alimento pode ser considerado substituto, complementar ou intermediário de refeições, pois os mesmos podem atender à necessidade dos indivíduos que não possuem tempo disponível para se alimentar (ZELAYA, 2000).

Os *snacks* são definidos como refeições pequenas, leves e nutritivas, de fácil consumo e sem necessidade de preparo (MATSUURA, 2005). Em 2014, a empresa de pesquisa sobre consumidores, Nielsen, realizou um estudo global sobre alimentos para lanches, apontando que a ascensão do alimento está diretamente relacionada à sua praticidade, considerada pelo consumidor um fator determinante.

Os *snacks* são uma tendência na América Latina como um todo, mas no Brasil eles ganham ainda mais força. No país, as vendas cresceram em torno de 9% em 2016, nas categorias de *snacks* salgados e doces. O futuro dos *snacks* é promissor, embora dados da Euromonitor International apontem uma desaceleração do crescimento da categoria, impactado pelas incertezas econômicas e das tendências de saudabilidade, espera-se que os *snacks* salgados e doces cresçam a uma taxa média ao ano de 2,5% e 2%, respectivamente, até 2020. Apesar do desenvolvimento mais lento, a categoria apresenta produtos com grande potencial, como os chips vegetais, que devem crescer a uma taxa média anual surpreendente de 33,5%, em valor de vendas, até 2020 (BOS, 2018).

No segundo semestre de 2015, a Nielsen realizou uma pesquisa em relação ao consumo de *snacks*, dentro e fora do lar, indicando que na região Metropolitana de São Paulo 46% do consumo desses produtos é realizado fora de casa, e 22% ocorre entre o almoço e o jantar e 21% no café da manhã. Além disso, na mesma pesquisa, realizou-se a identificação das necessidades de consumo dos *snacks*, e 31% das pessoas dizem consumir como complemento

à refeição e 12% por prazer pessoal. Segundo os dados da Mintel, outra empresa de pesquisas sobre o consumo, 67% dos brasileiros consomem algum tipo de petisco uma vez por mês, ficando abaixo dos britânicos (88%) e dos norte-americanos (91%), apresentando forte potencial de crescimento (ABRE, 2012). Nos anos de 2012 e 2013, ainda segundo a Mintel, foram lançados 1.136 novos *snacks* no Brasil, sendo que os produzidos a base de milho e trigo foram os que obtiveram maior número, seguido por castanhas e amendoins, batatas, barras de cereais, pipoca, biscoitos de polvilho, frutas desidratadas e por fim, salgados (esfirra, bolinhos de queijo, coxinha, rissole, etc.) (DATAMARK, 2014). No Brasil, a empresa com maior domínio no mercado de *snacks* salgados é a PepsiCo, com as marcas Elma Chips (conhecida como *Frito-Lay* nos Estados Unidos) e Lucky, obtida pela companhia em outubro de 2007. Os resultados de participação de mercado mostraram que as marcas da Elma Chips, que em geral apresentam maior valor agregado, são maiores em valor do produto (62%) do que em volume (50%) (RIBEIRO, 2014).

Existem *snacks* de variadas formas, doces ou salgados, e são consumidos muitas vezes em quantidade menor que uma refeição regular. Atualmente, encontram-se várias frutas produzidas na forma desidratada, sendo então comercializadas na forma de *snacks*. Outra classe de *snack* são os assados, comumente feitos com milho na forma de grãos moídos, formando uma massa uniforme geralmente extrusada. Depois de cortada, a massa é assada em forno industrial, podendo ser frita ou não ao final, para promover maior crocância, podendo passar ainda, no último estágio de produção, por um aromatizador para receber os temperos em pó antes da embalagem (GOMES, 2009).

2.4 Análise Sensorial

No desenvolvimento de um novo produto, na sua padronização ou até mesmo na avaliação de sua qualidade, a análise sensorial surge como ferramenta poderosa em todas as etapas, pois permite, através de metodologias, avaliar sua aceitabilidade frente ao mercado consumidor (DUTCOSKY, 2007). É realizada em função das respostas transmitidas pelos indivíduos às várias sensações que se originam de reações fisiológicas, e são resultantes de certos estímulos, gerando a interpretação das propriedades intrínsecas aos produtos (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Atualmente, todo o setor industrial reconhece a importância da análise sensorial e o uso da avaliação se estende desde produtos alimentícios e de higiene até armamentos militares.

Os métodos de avaliação sensorial se dividem em analíticos e afetivos. Nos testes afetivos, os julgadores não treinados representam o público alvo e são avaliadas as preferências ou aceitabilidade do consumidor em relação ao produto. Os métodos analíticos objetivam descrever qualitativa e quantitativamente o produto, auxiliando na obtenção de maior número de informações a respeito do mesmo (STONE; SIDEL, 2004; MEILGARD; CIVILLE; CARR, 2007; DUTCOSKY, 2007).

Capítulo 3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Preparo do material

As graviolas foram obtidas na região de Patos de Minas - MG, diretamente de plantações residenciais, no período de safra. Foi realizada uma rigorosa seleção das matérias-primas por observação visual, quanto ao grau de maturação e conservação. Cada fruto passou por lavagem para remoção das sujidades presentes na casca, posteriormente foi descascado e teve sua polpa extraída manualmente. A casca juntamente com a polpa foram trituradas em liquidificador até obtenção de um purê (mistura de polpa e casca de graviola), que foi em seguida acondicionado em sacos plásticos envoltos por papel alumínio a fim de evitar a degradação dos compostos bioativos. Por fim, as amostras foram congeladas em *ultrafreezer* a $-50 \pm 3^{\circ}\text{C}$ até sua utilização.

3.2 Secagem por liofilização

O processo de secagem por liofilização foi realizado em um liofilizador de bancada (Liobrás, Liotop L101, Brasil), como mostrado na Figura 3.1.

Figura 3.1 – Liofilizador utilizado nos experimentos.



Fonte: Arquivo Pessoal.

O purê obtido da mistura de polpa e casca da graviola, já congelado em *ultrafreezer*, foi descongelado e acondicionado nas bandejas do liofilizador (aproximadamente 150 g por bandeja e espessura de 5 mm). Em seguida, as bandejas foram levadas para um *ultrafreezer* a -50°C por 12 h, e então, transferidas para o liofilizador de forma rápida, para evitar o descongelamento. Ao longo da secagem, a pressão foi mantida em 0,15 mmHg. A operação foi acompanhada em determinados períodos de tempo, para obtenção dos valores de umidade e atividade de água, por meio destrutivo da amostra. Após a obtenção do produto seco, este foi triturado em multiprocessador de alimentos doméstico, para obtenção de um pó fino. Os experimentos foram realizados em duplicata.

3.3 Secagem por leito de Espuma

O purê obtido da mistura de polpa e casca de graviola foi descongelado, e adicionado de Liga Neutra (1%) e Emustab (1%), em relação a massa total. Em seguida, foi realizado o batimento de forma constante em batedeira doméstica por 30 min, de modo a formar uma espuma homogênea, que foi espalhada em bandeja de alumínio com espessura de 3 mm, e por fim, levada à estufa microprocessada com circulação e renovação de ar (Ethiktechnology - Vargem Grande Paulista/SP) à temperatura de 70°C (GURGEL, 2014), como mostrado na Figura 3.2. A operação de secagem foi acompanhada em determinados intervalos de tempo, para obtenção dos valores de umidade e atividade de água, por meio destrutivo da amostra. O produto seco foi triturado em multiprocessador de alimentos doméstico para obtenção de um pó fino. Os experimentos foram realizados em triplicata.

Figura 3.2 - Espuma da mistura de polpa e casca de graviola.



Fonte: Arquivo Pessoal.

3.4 Secagem por micro-ondas

O processo de secagem por micro-ondas foi realizado em um sistema de micro-ondas convencional, acoplado a uma balança para monitoramento simultâneo dos dados, como mostrado na Figura 3.3. O sistema possui um suporte inferior de aço inox, dotado de um sistema de regulagem de alinhamento, sob o qual foi colocado um micro-ondas doméstico (Panasonic, modelo NN-SF560WRU, potência nominal de 800 W). A parte superior também possui um suporte de aço inox, com regulagem, onde foi colocada uma balança analítica (Shimadzu, modelo AUX220, com precisão de 10^{-4} g). As amostras foram colocadas sobre um suporte suspenso, conectado à parte inferior da balança através de um orifício localizado na parte superior do micro-ondas (SILVA, 2015).

Figura 3.3 - Sistema de micro-ondas utilizado nos experimentos.



Fonte: Arquivo Pessoal.

Como a amostra estava conectada à balança durante toda a secagem, foi possível acompanhar todo o processo de perda de umidade pela variação da massa, sem necessidade de abertura do forno. Para cada um dos experimentos foram utilizadas cerca de 70 g da mistura de polpa e casca de graviola. As secagens foram realizadas utilizando as potências de 480, 280 e 200 W. A cada 30 s foi realizada a leitura da massa presente no material, pelo visor da balança,

permitindo a construção da curva de secagem. O material seco obtido foi triturado em liquidificador doméstico para obtenção de um pó fino. Os experimentos foram realizados em triplicata. Para realização das análises físico-químicas, optou-se fazer três secagens utilizando cerca de 120 g da mistura de polpa e casca de graviola, e não reduzir a umidade e atividade de água até os valores obtidos anteriormente, para que não houvesse sinais de carbonização nas farinhas.

3.5 Cinética de Secagem

Os valores de umidade do material ao longo do tempo, foram convertidos em valores adimensionais de umidade, para os experimentos realizados a partir das três metodologias de secagem, segundo a Equação 3.1:

$$MR = \frac{M - M_{eq}}{M_0 - M_{eq}} \quad 3.1$$

em que MR é o adimensional de umidade, M é a umidade em um tempo qualquer, M_0 é a umidade inicial e M_{eq} é a umidade de equilíbrio.

Para encontrar a equação que descrevesse com maior precisão o comportamento da cinética da secagem para cada método, foram utilizados os modelos apresentados na Tabela 3.1, representados pelas equações 3.2 a 3.6.

Tabela 3.1- Modelos de cinética de secagem da Literatura.

Modelo	Equação	Referência
$MR = \exp(-kt)$	3.2	LEWIS (1921)
$MR = \exp(-kt^n)$	3.3	PAGE (1949)
$MR = \exp[-(kt)^n]$	3.4	OVERHULTS et al. (1973)
$MR = A \exp(-kt)$	3.5	BROOKER et al. (1974)
$MR = A \exp(-kt) + \frac{1}{9} \exp(-kt)$	3.6	HENDERSON; HENDERSON (1968)

Os parâmetros desses modelos foram estimados pelo método dos mínimos quadrados (estimativa não-linear) e a equação com melhor ajuste foi escolhida levando-se em conta o nível

de significância dos parâmetros, a magnitude do quadrado do coeficiente de correlação (R^2) e a distribuição dos resíduos.

Todo o tratamento estatístico dos dados foi realizado no *software* STATISTICA® versão 12.

3.6 Caracterização físico-química da mistura de polpa e casca da graviola *in natura* e desidratada

3.6.1 Umidade e Sólidos Totais

A umidade foi determinada por gravimetria, utilizando-se estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 h (A.O.A.C., 2012). A análise de sólidos totais, complemento da umidade, foi realizada utilizando a mistura de polpa e casca da graviola, *in natura* e desidratada, por meio de método gravimétrico. Os sólidos totais foram obtidos pela diferença entre a massa total da amostra e a massa da água evaporada (CECCHI, 2003).

3.6.2 Sólidos Solúveis

Para analisar os sólidos solúveis presentes nas amostras *in natura* e desidratada foi utilizado um refratômetro óptico manual (EduTec, EEQ9029, Brasil), seguindo a metodologia das Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008). Para a amostra *in natura*, algumas gotas da mistura de polpa e casca de graviola foram colocadas sobre o prisma inferior e, após alguns minutos, foi feita a leitura do $^\circ\text{Brix}$.

Para as amostras desidratadas, a análise foi realizada partindo de uma amostra de 10 g do produto desidratado (mistura de polpa e casca de graviola) adicionados de 100 mL de água destilada, com posterior agitação de 30 min em agitador magnético. Em seguida, foi feita a leitura direta no equipamento. O resultado obtido foi multiplicado pelo volume da diluição e corrigido para 20°C (BRASIL, 2005).

3.6.3 pH

A determinação de pH foi realizada por meio de um medidor de pH mPA210 (MS TECNOPON Instrumentação), seguindo a metodologia das Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

3.6.4 Atividade de Água

A atividade de água foi realizada com auxílio do equipamento Aqualab Lite (Decagon Devices, EUA). Uma pequena quantidade de amostra foi inserida numa cápsula circular de polietileno, introduzida em seguida no equipamento, que realizou a leitura automaticamente após o equilíbrio.

3.6.5 Cor

A cor foi analisada por refletância com um colorímetro digital (CR400 – Minolta Company, Tóquio, Japão), com escala CIELab (L^* , a^* , b^*). As análises foram realizadas a 25°C. As medidas de coloração foram expressas em termos da luminosidade L^* ($L^*=0$ preto e $L^*=100$ branco), e da cromaticidade definida por a^* (+60 a^* =vermelho e - 60 a^* =verde) e b^* (+ 60 b^* =amarelo e - 60 b^* =azul).

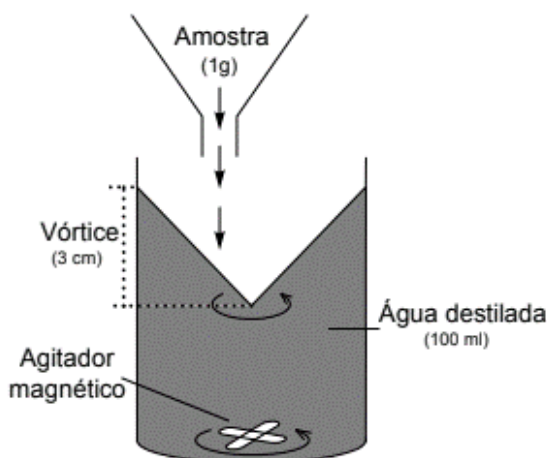
3.6.6 Higroscopicidade

A higroscopicidade das farinhas de graviola foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Cai e Corke (2000), com modificações baseadas no estudo de Tonon, Brabet e Hubinger (2008). Aproximadamente 1 g de amostra foi inserido em um recipiente hermético contendo solução saturada de NaCl (umidade relativa de 75,29%) a 25°C, e após um período de sete dias, foi feita a pesagem das amostras. A higroscopicidade foi expressa em g de umidade absorvida/100 g de massa seca da amostra.

3.6.7 Solubilidade

A solubilidade das farinhas de graviola foi determinada pela metodologia adaptada de Dacanal e Menegalli (2009). O dispositivo utilizado na análise é composto por um béquer, agitador magnético, funil para inserção da amostra e sistema de filtração, como mostrado na Figura 3.4.

Figura 3.4 - Esquema do dispositivo de agitação utilizado no teste de solubilidade.



Fonte: Adaptado de DACANAL e MENEGALLI (2009); MACHADO (2010).

Foram adicionados em um béquer 100 mL de água destilada à temperatura ambiente, que permaneceu sob agitação. Após estabilizado o sistema, cerca de 1 g de amostra foi adicionado através do funil, e a mistura permaneceu sob agitação por mais um minuto. Em seguida, a solução foi rapidamente filtrada em sistema de filtração a vácuo (NOF-605, New Pump), utilizando papel filtro qualitativo previamente pesado. Posteriormente, o filtro de papel com o material retido foi levado na estufa à $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 h. A massa seca de amostra retida no filtro foi determinada e o percentual de solubilidade calculado de acordo com a Equação 3.7.

$$SOL = 100 - \left[\frac{m_2}{m_1(1 - M)} * 100 \right] \quad 3.7$$

em que m_1 é a massa inicial das amostras, m_2 é a massa de amostra remanescente no filtro e M é o teor de umidade inicial da amostra analisada, em base úmida.

3.6.8 Fenólicos

O teor de compostos fenólicos totais foi determinado pelo método de *Folin-Ciocalteu*, utilizando ácido gálico ($\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_5$) como padrão de acordo com Singleton e Rossi (1965) e leitura em espectrofotômetro. A leitura foi realizada a 622 nm. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico/100 g de amostra em base seca.

3.6.9 Ácido Ascórbico

O teor de ácido ascórbico foi determinado utilizando da metodologia da A.O.A.C. (2012) por titulometria, baseada na redução do composto 2,6-diclorofenol-indofenol (DCFI) pelo ácido ascórbico. Nesta análise, o ácido oxálico 2% foi adicionado aos extratos e a solução resultante foi titulada com solução de DCFI 0,025% padronizada. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico/100 g de amostra em base seca (A.O.A.C., 2012).

3.6.10 Acidez

A acidez, ou acidez total titulável, foi realizada de acordo com o método titulométrico da A.O.A.C. (2012). Neste, titulou-se os extratos obtidos da maceração com NaOH 0,1 N padronizado até o ponto de viragem, utilizando a fenolftaleína como indicador. Os resultados foram expressos em mg de ácido cítrico/100 g de amostra em base seca.

3.6.11 Atividade Antioxidante

A avaliação da atividade antioxidante por meio do método do sequestro dos radicais livres DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) foi realizada de acordo com a metodologia de Lopes-Lutz et al. (2008), seguida de pequenas modificações. Uma solução etanólica de DPPH foi preparada na concentração de 40 µg/mL. Para a avaliação, 2,7 mL da solução de DPPH foram adicionados em tubos de ensaio, seguidos da adição de 0,3 mL de cada diluição do extrato (12,5; 6,25; 3,125; 1,563 mg/mL). Em paralelo, o controle negativo foi preparado contendo todos os reagentes, exceto o extrato. Após 60 minutos, as leituras foram realizadas utilizando o espectrofotômetro no comprimento de onda de 517 nm. A atividade antioxidante (AA%) foi calculada usando a Equação 3.8:

$$AA\% = [(A_{CN} - A_{Amo}) / A_{CN}] * 100 \quad 3.8$$

em que A_{Amo} é a Absorbância do DPPH com a amostra e A_{CN} é a Absorbância do DPPH com o etanol.

O programa estatístico utilizado foi o software R, versão 3.5.2 (R Core Team, 2018), sendo os dados submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-

Knott ao nível de 5% de probabilidade. As análises foram realizadas em triplicata no laboratório do Instituto de Genética e Bioquímica.

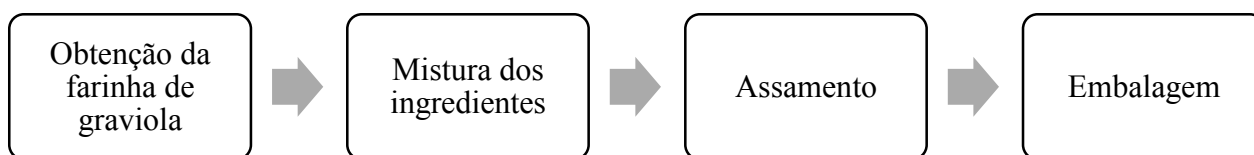
3.7 Formulação, caracterização, análise sensorial e composição centesimal dos *snacks* de graviola

3.7.1 Formulação dos *snacks* de graviola

A formulação dos *snacks* de graviola foi estabelecida por meio de testes preliminares, demonstrados no Apêndice I.

O fluxograma mostrado na Figura 3.5 representa a sequência de etapas do processo de produção dos *snacks* de graviola, e cada uma delas está descrita abaixo.

Figura 3.5 - Fluxograma do processo de produção de *snacks* de graviola.



3.7.1.1 Obtenção da farinha de graviola

Após a realização das operações de secagem por liofilização, leito de espuma e micro-ondas, o produto seco obtido passou por trituração em multiprocessador de alimentos doméstico, para obtenção da farinha de graviola.

3.7.1.2 Mistura dos ingredientes

A farinha de graviola obtida foi misturada aos demais ingredientes (farinha de trigo, amido de milho, açúcar, sal, bicarbonato de sódio, gordura hidrogenada e ovo), até obter uma massa homogênea. Em seguida, esta foi moldada com aproximadamente 1 cm de espessura e cortada com auxílio de molde cilíndrico para padronização dos *snacks* de graviola. Por fim, foram colocados em assadeiras para serem submetidos ao processo de assamento.

3.7.1.3 Assamento

Os *snacks* de graviola foram submetidos ao assamento em estufa microprocessada com circulação e renovação de ar (Ethiktechnology - Vargem Grande Paulista/SP) a 120°C por 30 min. Esta etapa foi realizada para reduzir a umidade e para melhorar a textura do produto final.

3.7.1.4 Embalagem

Os *snacks* de graviola foram embalados utilizando filmes flexíveis transparentes. Posteriormente foram armazenados sob temperatura ambiente, em local seco, arejado e protegido da luz, até a realização das análises.

3.7.2 Análises dos *Snacks* de Graviola

3.7.2.1 Textura

Para análise de textura dos *snacks* foi utilizado um texturômetro (Extralab, TAXT plus, Brasil), com uma célula de carga de 5 kg usando uma lâmina Warner Bratzler, auxiliados pelo programa Texture Expert Exceed 2.61 (Stable Micro Systems, Reino Unido). O corte foi realizado usando uma lâmina de cisalhamento *Warner Bratzler Shear Force (WBSP)*, em formato 'V', com velocidade de 2 mm/s, até quebra-los completamente. Para cada formulação de *snack* analisou-se as amostras em triplicata.

3.7.2.2 Cor

A cor dos *snacks* foi analisada de acordo com o item 3.6.6.

3.7.2.3 Umidade e Sólidos Totais

A umidade e sólidos totais foram determinados de acordo com o item 3.6.1.

3.7.2.4 Atividade de Água

A atividade de água foi determinada com auxílio do equipamento Aqualab Lite (Decagon Devices, EUA). Os *snacks* foram triturados e uma pequena quantidade de amostra foi inserida numa cápsula circular de polietileno, introduzida em seguida no equipamento, que realizou a leitura automaticamente após o equilíbrio.

3.7.2.5 Análise Sensorial

Os testes sensoriais foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial do curso de Engenharia de Alimentos, da Universidade Federal de Uberlândia – *campus* Patos de Minas. Um dos responsáveis pelo teste (membro da equipe executora) permaneceu nos arredores do laboratório e abordou os passantes, questionando sobre o consumo de *snacks* e, o seu interesse em participar da pesquisa. Então, os provadores foram direcionados ao laboratório, e encaminhados até as cabines individuais, onde tiveram informações sobre o teste, em seguida, receberam o Termo de Consentimento Livre (Apêndice II) para leitura e em caso de concordância este foi assinado. Após esses procedimentos, o teste foi iniciado.

3.7.2.5.1 Teste de Aceitação

No teste de aceitação participaram 68 provadores na sessão de avaliação (STONE; SIDEL, 2004), pertencentes a ambos os sexos, não treinados, representativos do público alvo e com faixa etária compreendida entre 18 e 60 anos.

O teste foi realizado em cabines individuais e as amostras foram servidas em embalagens descartáveis codificadas, com três dígitos, em temperatura ambiente. Foram colocadas em teste as amostras de *snacks* produzidos a partir da farinha da mistura de polpa e casca da graviola por liofilização, leite de espuma e micro-ondas.

As amostras de *snacks* de graviola foram avaliadas em relação aos atributos aparência, cor, aroma, sabor e impressão geral. Cada provador recebeu as amostras aleatoriamente e marcou uma ficha única, mostrada no Apêndice III. Os testes utilizaram escala hedônica não estruturada de nove centímetros, ancorada nos extremos pelos termos “desgostei muitíssimo” na esquerda e “gostei muitíssimo” na direita. As notas obtidas em cada atributo foram medidas com régua, tabuladas e submetidas à análise estatística por ANOVA e teste de médias Skott-Knott, no software R, versão 3.5.2 (R Core Team, 2018).

3.7.2.5.2 Teste Ordenação de Preferência

O teste foi realizado em cabines individuais e as amostras foram servidas em embalagens descartáveis codificadas, com três dígitos, em temperatura ambiente. Foram colocadas em teste as amostras de *snacks* produzidos a partir da farinha da mistura de polpa e casca da graviola por liofilização, leito de espuma e micro-ondas. Estas foram servidas concomitantemente e o provador marcou em uma ficha as amostras em ordem crescente de sua preferência (Apêndice IV).

O grupo de provadores foi composto de 55 pessoas não treinadas, representativas do público alvo (STONE; SIDEL, 2004).

Aos produtos testados, atribuiu-se nota 1 para o menos preferido, nota 2 para o intermediário e nota 3 para o mais preferido. Ao final do teste, as notas de cada provador foram tabuladas e somadas para cada produto. A interpretação dos resultados foi realizada por meio do teste de Friedman, utilizando-se a tabela de Newel e MacFarlane (1987), para verificar se houve ou não preferência significativa entre amostras.

3.7.2.6 Composição Centesimal

3.7.2.6.1 Proteínas

A quantificação de proteínas nos *snacks* foi realizada utilizando o método de Kjeldahl, seguindo a metodologia da A.O.A.C. (2012).

3.7.2.6.2 Lipídeos

A quantificação de lipídeos nos *snacks* foi realizada utilizando o método Bligh Dyer, seguindo a metodologia desenvolvida por Bligh e Dyer (1959). Esta metodologia é uma versão simplificada do procedimento clássico usando clorofórmio-metanol proposto por Folch et al. (1957) (BRUM; ARRUDA; REGITANO-D' ARCE, 2009).

3.7.2.6.3 Carboidratos

Diferentemente das outras frações do alimento, não há um método analítico capaz de quantificar todos os carboidratos disponíveis de uma só vez. Com isso, a quantificação de carboidratos foi determinada por diferença entre 100 (percentual total) e o somatório dos percentuais encontrados para umidade, cinzas, proteína, fibra e lipídeos.

3.7.2.6.4 Umidade

A umidade foi determinada de acordo com o item 3.6.1.

3.7.2.6.5 Cinzas

O método de determinação de cinzas é baseado na incineração da amostra a alta temperatura, por meio de uma mufla. Após a incineração o que permanece é o resíduo inorgânico, que é considerado a quantidade de minerais presente na amostra. A quantificação das cinzas nos *snacks* foi realizado segunda a metodologia descrita pela A.O.A.C. (2012).

3.7.2.6.6 Fibra Bruta

A quantificação de fibra bruta dos *snacks* foi determinada através do determinador de fibras (Tecnal, modelo TE – 149), utilizando a metodologia da A.O.A.C. (2012).

Capítulo 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da mistura de polpa e casca de graviola *in natura*

Na Tabela 4.1 são apresentados os valores obtidos a partir das análises físico-químicas para mistura de polpa e casca da graviola *in natura*.

Tabela 4.1 - Caracterização da mistura polpa e casca da graviola *in natura*.

Análise		Valor obtido **
pH		3,72 ± 0,01
Sólidos Solúveis		11,17 ± 0,10 (°Brix)
Atividade de Água		0,994 ± 0,003
Umidade (b.u.)		86,4 ± 0,2 (%)
Sólidos totais		13,64 ± 0,16 (g/100g)
Cor	L *	19,28 ± 0,63
	a *	-1,79 ± 0,14
	b *	8,01 ± 0,44
Atividade	1,5625 mg/mL	20,974 (%)
	3,125 mg/mL	25,327 (%)
	6,25 mg/mL	53,895 (%)
Antioxidante***	12,5 mg/mL	92,551 (%)
Fenólicos		34,78±0,76 (mg ácido gálico/100 g amostra)
Acidez		0,82±0,15 (mg de Ácido Cítrico /100 g amostra)
Ácido Ascórbico		13,80±0,96 (mg de Ácido Ascórbico/100 g amostra)

** Valores obtidos a partir de triplicatas

***Medidas realizadas em diferentes concentrações de 1,5625, 3,125, 6,25 e 12,5 mg/mL

Segundo a Legislação do Ministério de Agricultura e Abastecimento (BRASIL, 2000) a polpa de graviola, de acordo com os padrões de identidade e qualidade para este produto, deve apresentar valores mínimos para os sólidos solúveis totais (em °Brix, a 20°C) de 9, pH de 3,5, sólidos totais de 12 g/100g, acidez total expressa em ácido cítrico de 0,60 g/100g e ácido ascórbico de 10 mg/100g. Os resultados encontrados neste trabalho, para mistura de polpa e casca de graviola, atenderam à legislação em todos os quesitos.

O pH obtido para a mistura de polpa e casca de graviola *in natura* foi de 3,72 ± 0,01, caracterizando o material como ácido, isto é, com pH inferior a 4,5, o que desfavorece o desenvolvimento de bactérias, com exceção das ácido tolerantes. Geralmente, o nível de acidez está ligado diretamente ao grau de maturação, sendo que, a maioria dos frutos apresenta uma

diminuição na acidez à medida que amadurece, apesar disso, alguns frutos, como a graviola, apresentam comportamento diferente, ou seja, um aumento e/ou manutenção no nível de acidez predominando sabor ácido mesmo no fruto maduro (SALGADO; GUERRA; MELO FILHO, 1999). Isto pode ser verificado em estudos feitos por Aziz e Yusof (1994) e Lima et al. (2003a), em que durante o desenvolvimento da fruta ocorre pequena queda no pH, no entanto, durante o amadurecimento o pH cai abruptamente. Em geral, com o amadurecimento dos frutos ocorre modificação da proporção entre os diversos ácidos encontrados, e os que estão presentes na graviola são ácido cítrico, ácido ascórbico, ácido isocítrico, ácido lignocérico, ácido málico, ácido mirístico, ácido p-cumárico e ácido esteárico (LIVERA, 1992). O valor de pH está próximo aos encontrados para a polpa de graviola descritos por Gurgel (2014), Souza et al. (2015) e Cavalcante et al. (2017), que foram de 3,45, 3,56 e 3,50, respectivamente.

O valor de sólidos solúveis totais obtido para a mistura de polpa e casca de graviola *in natura* foi de $11,17 \pm 0,10$ (°Brix). Esse valor pode ser explicado devido a mistura possuir a presença da casca da graviola, fazendo com que diminua a umidade e consequentemente eleve o teor de sólidos solúveis presente no material, pois este está diretamente ligado com o conteúdo de água das frutas (MARCELLINI et al., 2003). Segundo Sacramento et al. (2003), os frutos das anonáceas possuem um elevado teor de sólidos solúveis, constituídos principalmente de açúcares solúveis. Todavia, a diferença estabelecida pelos padrões de identidade e qualidade para este produto pode ser justificada por fatores ambientais, como clima, região, época do ano e também em decorrência de fatores de cultivo, como o solo, irrigação, tempo para maturação dos frutos, entre outros. O teor de sólidos solúveis é utilizado como indicador de maturidade do fruto, no qual durante a maturação há um aumento na concentração de sólidos solúveis e açúcar. Esse aumento é atribuído principalmente à hidrólise de carboidratos de reserva que foram acumulados durante o crescimento da fruta na árvore, resultando na produção de açúcares solúveis (TUCKER, 1993; KAYS, 1997; WILLS et al., 2007). O valor encontrado está próximo dos encontrados para a polpa de graviola por Mata et al. (2005), Gurgel (2014), Santos e Boêno (2016) e Cavalcante et al. (2017) que foram de 10,7, 10,42, 9,63 e 10,53 respectivamente.

A atividade de água da mistura de polpa e casca de graviola *in natura* foi de $0,994 \pm 0,003$, o que indica uma alta quantidade de água disponível na fruta. Este é um parâmetro importante para determinação da estabilidade de um alimento, por possuir forte influência no crescimento microbiano e na taxa de reações químicas que ocorrem no mesmo. Valores altos de atividade de água são propícios para o crescimento microbiano e ocorrência de reações químicas, que podem afetar as características nutricionais e sensoriais do alimento, como as reações de hidrólise enzimática e a oxidação lipídica (FELLOWS, 2006). O valor encontrado

está próximo dos encontrados por Souza et al. (2015) e Cavalcante et al. (2017), que foram de 0,987, 0,98, respectivamente, para polpa de graviola.

Segundo o Instituto Adolfo Lutz (2008), os teores de umidade em frutas devem permanecer na faixa de 65% a 95%. A umidade obtida para a mistura de polpa e casca de graviola *in natura* foi de $86,4 \pm 0,2$ %, indicando elevada umidade presente no material, o que justifica a necessidade de uma metodologia de secagem adequada, para que impeça a proliferação de micro-organismos durante o armazenamento e aumente a vida útil do produto. O valor de umidade está próximo dos relatados para a polpa de graviola por IBGE (1999), TACO (2011), Gurgel (2014), Souza et al. (2015) e Cavalcante et al. (2017) que foram de 83,10%, 82,20%, 88,35, 89,55% e 89,29%, respectivamente.

O teor de sólidos totais obtidos para a mistura de polpa e casca de graviola *in natura* foi de $13,64 \pm 0,16$ (g/100g), encaixando-se nos padrões de identidade e qualidade para este produto, segundo a Legislação do Ministério de Agricultura e Abastecimento (BRASIL, 2000). Devido à presença da casca da graviola, o valor de sólidos totais apresentou-se um pouco maior quando comparado com os valores encontrados por Leal, Reis e Luz (2013), que analisaram três marcas diferentes de polpas de graviola congeladas, e obtiveram os valores de 12,04, 11,54 e 6,88 (g/100g).

A mistura de polpa e casca de graviola apresentou coloração mais próxima ao branco, com tendência ao verde e ao amarelo, o que era esperado pois a casca da graviola apresenta coloração verde e polpa branca. Cavalcante et al. (2017) obtiveram, para polpa integral de graviola, os seguintes valores de luminosidade: $L^* = 67,22$, $a^* = -1,13$ e $b^* = 11,04$, diferentes dos resultados obtidos neste trabalho, especialmente em relação ao valor de L^* , já que os autores avaliaram apenas a polpa, de coloração branca.

Segundo Melo et al. (2008), frutas com forte poder antioxidante, são as que degradam acima de 70% os radicais DPPH, as com moderado poder antioxidante, as que degradam entre 50 e 70% os radicais DPPH, e as de fraca atividade antioxidante, as que degradam menos de 50% dos radicais DPPH. A mistura de polpa e casca de graviola pode ser considerada de moderado potencial antioxidante na concentração de 6,25 mg de mistura de polpa e casca de graviola por mL de solução; na concentração de 12,5 mg/mL, pode-se considerar a solução de alto potencial antioxidante, com valor de 92,551% de atividade antioxidante. Kuskoski et al. (2006) encontraram, para a polpa congelada de graviola, sequestro de DPPH (30 minutos) de 57,15%. Melo et al. (2008) também determinaram para a polpa de graviola congelada forte capacidade para sequestrar o DPPH a partir de 30 minutos da reação. Souza et al. (2015), obteve para polpa de graviola 70,5%, no qual considerou como alta capacidade antioxidante e para o

resíduo *in natura* apresentou moderada capacidade antioxidante de 55,9%. De acordo com Heim et al. (2002), os compostos fenólicos são os maiores responsáveis pela atividade antioxidantes dos frutos, apesar disso, outros autores acreditam que a maior contribuição para a atividade antioxidante seja devido a vitamina C. Considerando estas divergências, Sun et al. (2002) estudaram a contribuição da vitamina C na determinação da atividade antioxidantes, e demonstraram que a contribuição é baixa e afirmaram que a maior contribuição para a atividade antioxidantes se deve a composição de compostos fitoquímicos.

Estudos apontam que a correlação entre a capacidade antioxidante e o teor de fenólicos totais pode estar sujeita ao método selecionado e também às características hidrofóbicas ou hidrofílicas do sistema teste e dos antioxidantes avaliados (ROESLER et al., 2007). Além disto, outras moléculas podem estar agindo em sinergismo aos compostos fenólicos, o que certamente ocasiona uma alta concentração da atividade sequestradora de radicais livres.

Segundo Vasco (2009), produtos com concentração alta de compostos fenólicos são os que possuem concentração maiores que 1000 mg de ácido gálico/100 g, e os de baixa concentração aqueles abaixo de 100 mg de ácido gálico/100 g. Com isso, pode-se considerar a mistura da polpa e casca de graviola um produto com concentração baixa de compostos fenólicos, tendo como resultado $34,78 \pm 0,76$ mg ácido gálico/100 g amostra. Este valor foi inferior, porém próximo do encontrado por Souza (2015) para polpa de graviola, de 49,75 mg de ácido gálico/100 g de amostra, e superior ao encontrado por Souza et al., (2012) também para polpa de graviola, que observaram apenas 24,11 mg de ácido gálico/100g de amostra. Essa diferença nos resultados pode estar relacionada por diversos fatores, tais como a espécie, maturação, modo de cultivo, localização, estágio de crescimento, colheita, processamento das frutas e método de extração dos compostos fenólicos na análise (KIM; JEONG; LEE, 2003). No entanto, foi possível observar que a mistura de polpa e casca de graviola apresentou quantidade de compostos fenólicos que confere alta capacidade antioxidante.

Para a maioria das frutas, o teor de acidez diminui com o amadurecimento (KAYS, 1997). No entanto, para a graviola, ocorre um aumento na acidez durante o amadurecimento (PAULL, 1982; PAULL et al., 1983; BRUINSMA e PAULL, 1984; AZIZ e YUSOF, 1994; LIMA et al., 2003a; LIMA et al., 2003b). Em frutas de graviola, a acidez titulável aumenta lentamente durante o processo de crescimento (BORRERO et al., 1995) e o início da maturação (AZIZ e YUSOF, 1994). De todos os ácidos encontrados, o ácido málico é o que mais se acumula enquanto a fruta amadurece, isto pôde ser verificado por Paull et al. (1983), que visualizou um aumento de sete vezes no conteúdo deste ácido, enquanto o teor de ácido cítrico apenas triplicou. Portanto, é o aumento de ácido málico que contribui significativamente para

o sabor ácido (PAULL, 1982). O teor de ácido cítrico obtido foi de $0,82 \pm 0,15$ g de ácido cítrico /100 g amostra, encaixando-se nos padrões de identidade e qualidade para este produto, segundo a Legislação do Ministério de Agricultura e Abastecimento (BRASIL, 2000). Comparando o resultado obtido por Barbosa et al. (1981), Sacramento et al. (2003), Moraes (2013), Santos et al. (2014), Mariano-Nasser et al. (2015) e Souza (2015), que obtiveram valores de 0,86, 0,92, 0,79, 0,79, 0,99, 0,63 g/100g, respectivamente para polpa de graviola *in natura*, pode-se verificar que os valores estão próximos do encontrado. No entanto, quando comparado com o encontrado por Canuto et al. (2010), que obtiveram 1,5g/100g, também para polpa de graviola *in natura*, observou valores mais altos do encontrado neste trabalho, possivelmente devido à variedade do cultivar, estágio de maturação dos frutos e características ambientais do cultivo, além da subjetividade na interpretação da mudança de cor durante a titulação.

O teor de ácido ascórbico encontrado foi de $13,80 \pm 0,96$ mg de Ácido Ascórbico/100 g amostra, encaixando-se nos padrões de identidade e qualidade para este produto, segundo a Legislação do Ministério de Agricultura e Abastecimento (BRASIL, 2000), que deve apresentar no mínimo 10 mg/100g. Segundo Lim, Lim e Tee (2007) e Ramful et al. (2011), produtos com alto teor de ácido ascórbico são os que possuem concentração maiores que 50 mg/100g, os de teores médios são os de concentração entre 30 a 50 mg/100g e os de baixo teor de concentração abaixo de 30 mg/100g. Com isso, de acordo com essa classificação, a mistura de polpa e casca de graviola possui baixo teor de vitamina C. O valor de ácido ascórbico está próximo do encontrado para a polpa de graviola por Barbosa et al. (1981) de 10,55 mg/100g, Andrade et al. (2011) de 17,93 mg/100g e TACO (2011) de 10,5 mg/100g para polpa de graviola congelada e abaixo do encontrado por TACO (2011) de 19,1 mg/100 g para polpa de graviola crua. Os valores encontrados para polpa de graviola por Mariano-Nasser et al. (2015), de 25,02 mg/100 g, Souza (2015), de 26,32 mg/100g, Mata et al (2005), de 25,3 mg/100g e Sacramento et al. (2003), variando de 35,6 a 38,5 mg/100 g, foram superiores ao valor obtido neste trabalho. Essa variação pode estar atribuída a perdas de ácido ascórbico durante o manuseio e transporte da fruta devido à temperatura e pela facilidade de oxidação da vitamina C em condições inapropriadas.

4.2 Secagem da mistura de polpa e casca de graviola

4.2.1 Cinética e Atividade de Água

4.2.1.1 Secagem por Liofilização

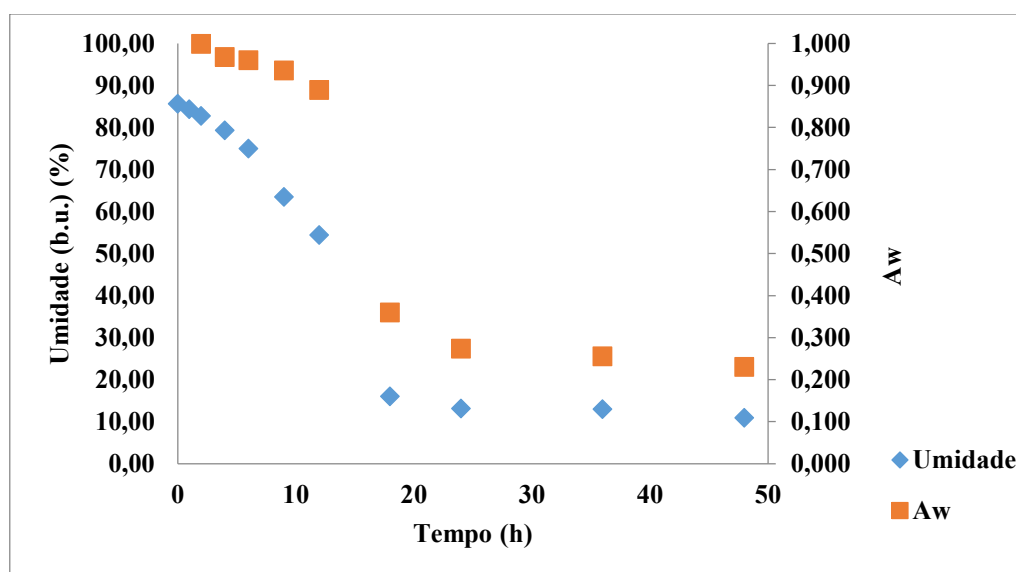
A amostra desidratada por liofilização está apresentada pela Figura 4.1, no qual demonstra que a forma de desidratação não é tão intensa e rápida como outros métodos.

Figura 4.1 - Aspecto visual da amostra desidratada por liofilização.



As curvas de secagem e de atividade de água obtidas no processo de liofilização da mistura de polpa e casca de graviola estão apresentadas na Figura 4.2.

Figura 4.2 - Curvas de Secagem e Atividade de Água da secagem por liofilização.



Pela curva de secagem, percebe-se que o material secou com maior taxa no início do processo. O tempo de secagem para atingir a condição de equilíbrio foi de 24 h, e nesta condição obteve-se um produto com $13,15\% \pm 1,19$ de umidade (b.u.) e atividade de água de $0,274 \pm 0,021$. Segundo a RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005, farinhas devem ter umidade máxima 15,0% (g/100 g), então a farinha de graviola apresenta-se dentro do estabelecido pela legislação. Além disso, a farinha de graviola produzida atendeu ao padrão estabelecido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), uma vez que apresentou atividade de água entre 0,2 e 0,4, o que confere boa conservação, sem uso de conservantes para controlar o crescimento de micro-organismos (PUA et al., 2008).

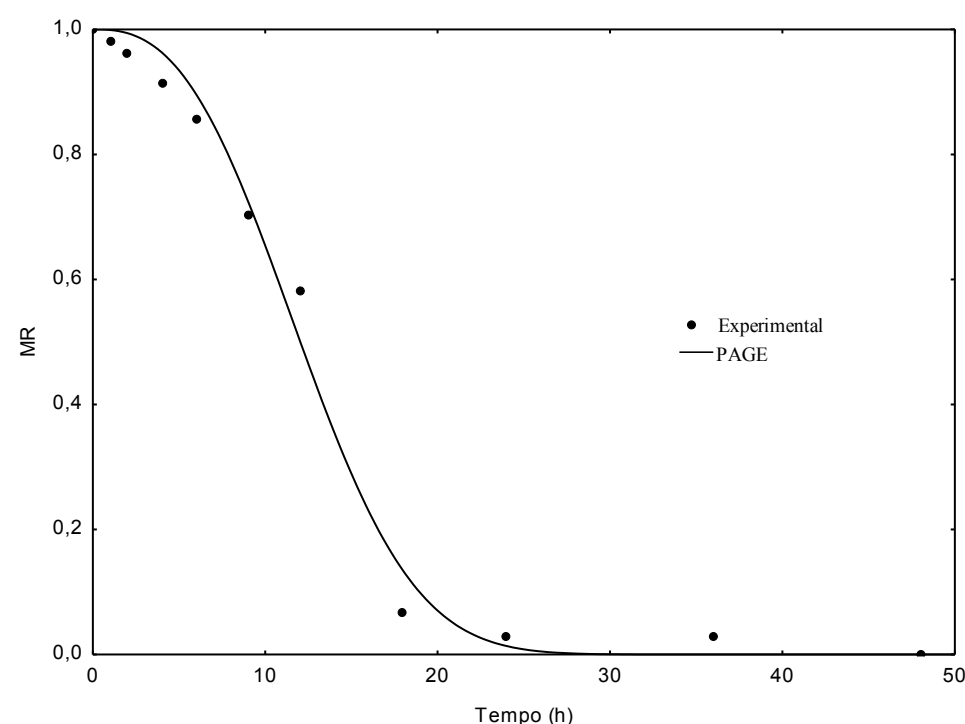
De acordo com os modelos cinéticos avaliados, o que melhor representou os dados experimentais foi o de Page (1949), cujos parâmetros obtidos estão apresentados na Tabela 4.2. A boa adequabilidade do modelo é devido ao alto valor de R^2 , sendo também significativos os parâmetros estimados.

Tabela 4.2– Parâmetros obtidos pelos modelos na liofilização.

Modelo da literatura	k	n	A	R^2
LEWIS	$6,40 \cdot 10^{-2}$	-	-	0,8961
PAGE	$9,59 \cdot 10^{-4}$	2,65	-	0,9908
OVERHULTS	$7,23 \cdot 10^{-2}$	2,64	-	0,9907
BROOKER	$7,38 \cdot 10^{-2}$	-	1,12	0,9177
HENDERSON; HENDERSON	$7,38 \cdot 10^{-2}$	-	1,01	0,9177

A Figura 4.3 representa o ajuste do modelo de Page aos dados experimentais de secagem da mistura da polpa e casca da graviola liofilizada. Por meio dessa curva foi possível verificar que a etapa de sublimação, em que a maior parte da umidade é retirada, ocorreu até 24 h, e após esse tempo a remoção de umidade foi muito lenta. Oliveira Júnior et al. (2016) também encontraram um melhor ajuste nesse mesmo modelo (Page) para a liofilização de mangabas maduras com diferentes diâmetros. O mesmo ocorreu com Gonçalves (2015) para liofilização de framboesa, melancia e nêspera, em que o modelo Page apresentou melhor ajuste.

Figura 4.3- Curva de cinética da secagem por liofilização.



Souza (2015) avaliou o resíduo liofilizado de graviola, comparando com o resíduo desidratado por secagem convectiva. O autor concluiu que o primeiro método gerou um produto que apresentou melhores características físicas, físico-químicas e antioxidantes. Já Mata et al. (2005) concluíram que a graviola em pó, obtida pelo processo de liofilização, conserva em grande parte as suas características sensoriais.

4.2.1.2 Secagem por Leito de Espuma

A amostra desidratada por leito de espuma, está representada pela Figura 4.4. Regiões de superaquecimento e/ou carbonização não foram identificadas, indicando a uniformidade de aquecimento por este método.

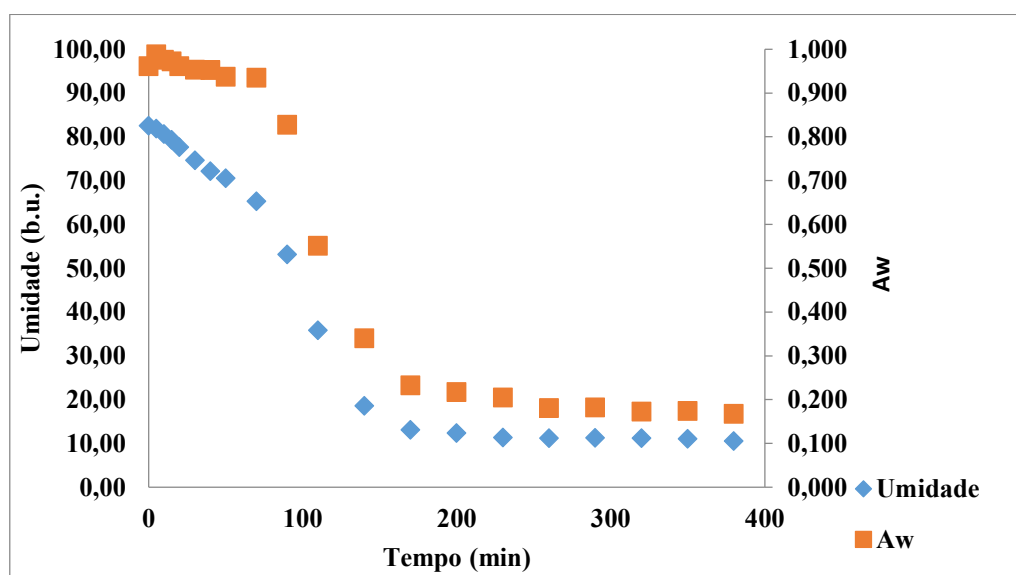
Figura 4.4- Aspecto visual da amostra desidratada por leite de espuma.



A aparência e aspecto do pó de graviola obtido por Gurgel (2014) e Baptestini (2015) foi visualmente bastante semelhante ao obtido neste trabalho.

As curvas de secagem e de atividade de água obtidas a partir da espuma da mistura de polpa e casca de graviola estão apresentadas na Figura 4.5.

Figura 4.5- Curvas de Secagem e Atividade de Água da secagem por leite de espuma.



Por meio da curva apresentada na Figura 4.5 é possível observar que a espuma secou muito rápido no início do processo. O tempo de secagem para atingir a condição de equilíbrio

foi de 200 min, e nesta condição obteve-se uma farinha com $12,35\% \pm 1,86$ de umidade (b.u.) e atividade de água de $0,217 \pm 0,041$. Estes valores permitem classificá-la como farinha segundo a RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005, e asseguram boa conservação e elevada estabilidade de acordo com a baixa atividade de água.

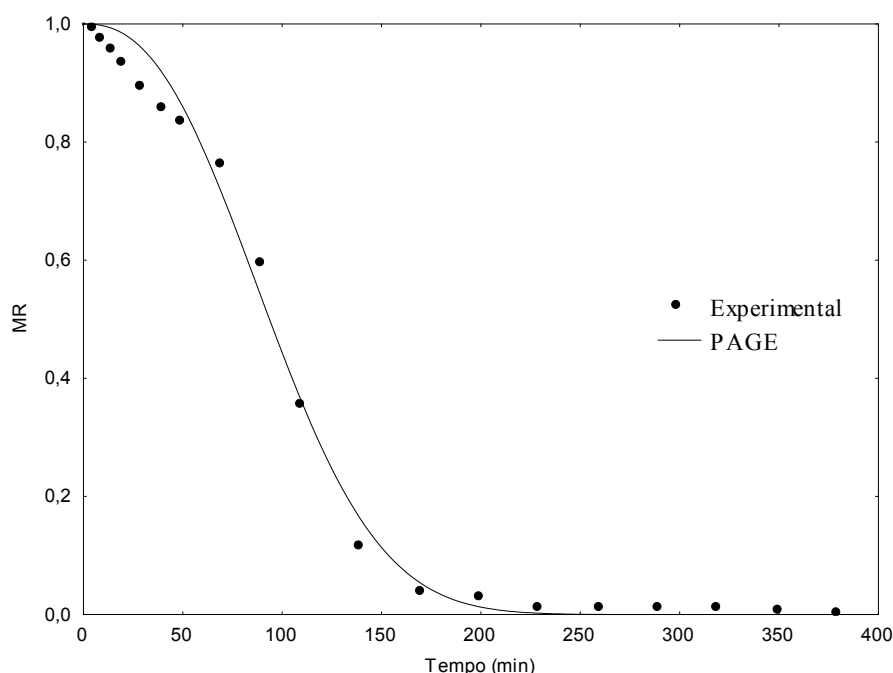
Gurgel (2014) também realizou a secagem por leito de espuma em polpa de graviola. Para espessura de 3 mm, temperatura de 70°C e adição dos mesmos emulsificantes nas mesmas concentrações deste trabalho, o valor de umidade obtido pelo autor foi de 3,4%, em aproximadamente 170 min de secagem. Este valor de umidade é significativamente menor que o deste trabalho, o que pode ser explicado pelas diferenças no produto, já que a adição de casca à polpa pode dificultar a secagem, pois a casca da graviola apresenta morfologia diferente e menor quantidade de água disponível, dificultando a sua retirada da mistura. Quando comparada com os dados obtidos por Machado et al. (2015), os valores de umidade deste trabalho encontram-se bastante próximos, já os valores de atividade de água estão bastante próximos aos obtidos por Gurgel (2014), que encontrou atividade de água final de 0,25.

Assim como obtido para a secagem por liofilização, o modelo que melhor representou os dados experimentais foi o de Page (1949), cujos parâmetros estão apresentados na Tabela 4.3 e na curva de cinética na Figura 4.6. O modelo mostrou-se apropriado, devido ao elevado valor de R^2 e à significância dos parâmetros estimados.

Tabela 4.3- Parâmetros obtidos pelos modelos na secagem em leito de espuma.

Modelo da literatura	k	N	A	R²
LEWIS	$8,79 \cdot 10^{-3}$	-	-	0,9214
PAGE	$1,14 \cdot 10^{-5}$	2,43	-	0,9938
OVERHULTS	$9,17 \cdot 10^{-3}$	2,42	-	0,9937
BROOKER	$1,01 \cdot 10^{-2}$	-	1,13	0,9410
HENDERSON; HENDERSON	$1,01 \cdot 10^{-2}$	-	1,02	0,9410

Figura 4.6 - Curva de cinética da secagem por leito de espuma.



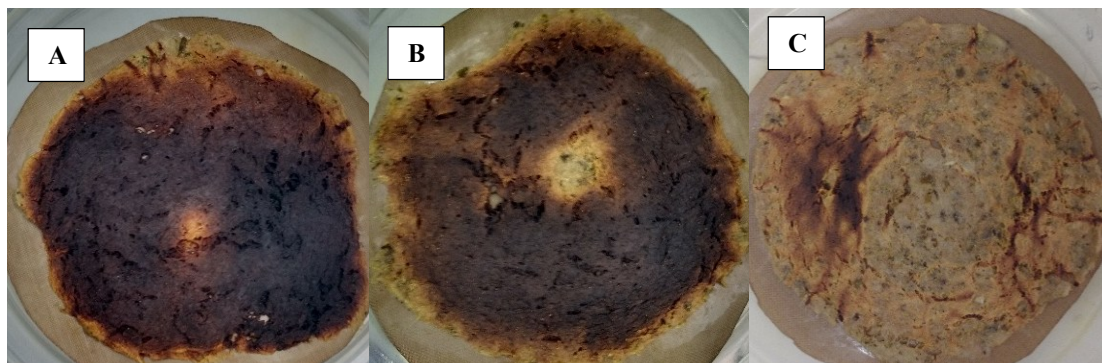
Dieb et al. (2015) também encontraram, para secagem em leito de espuma para polpa de graviola, melhor ajuste aos dados experimentais da razão de umidade em função do tempo por meio do modelo de Page. Assim, o modelo pôde ser utilizado para representar a cinética de secagem da polpa de graviola em camada de espuma.

4.2.1.3 Secagem por Micro-ondas

As amostras desidratadas por micro-ondas, apresentadas na Figura 4.7, também apresentaram encolhimento intenso e redução de volume, em todas as potências aplicadas. Tal redução é explicada pelas características da desidratação por micro-ondas que agem em todo o volume do material, o que implica em consideráveis mudanças na estrutura física do produto (RATTI, 1994).

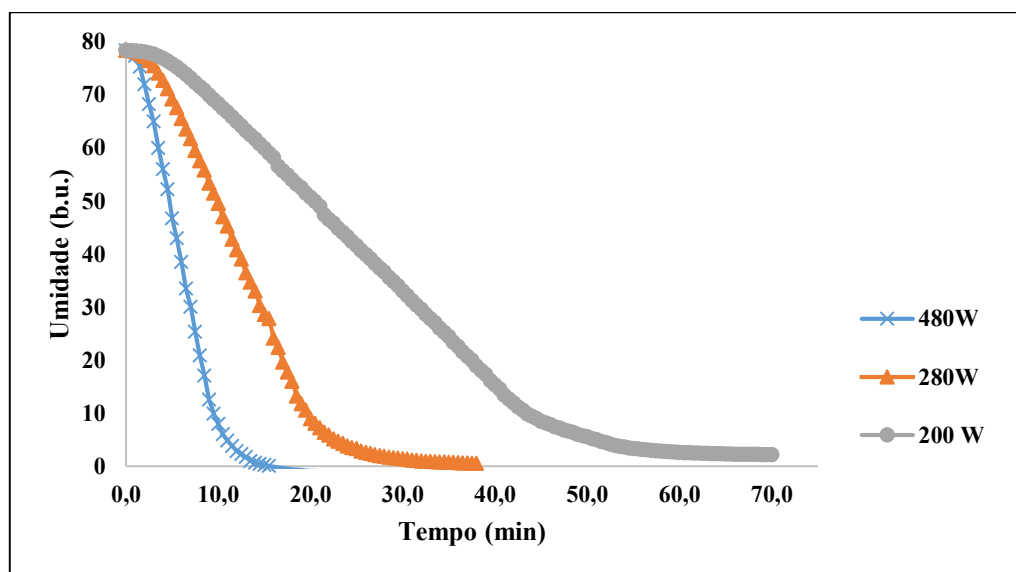
Neste método, o material pode apresentar sinais de superaquecimento e carbonização, se o processo não for controlado, devido à rápida remoção de umidade (DATTA; ANANTHESWARAN, 2001; ZHANG et al., 2006). Dessa forma, tornou-se necessária a avaliação dessa metodologia de desidratação em diferentes potências, a fim de se verificar seu real impacto e potencial para aproveitamento. Visualmente, a potência que forneceu o produto seco mais apropriado, sensorialmente, foi a de 200 W (Figura 4.7 C).

Figura 4.7 - Aspecto visual da amostra desidratada por micro-ondas nas potências de A) 480W, B) 280W e C) 200W.



As curvas de secagem obtidas a partir da secagem por micro-ondas da mistura de polpa e casca de graviola estão apresentadas na Figura 4.8.

Figura 4.8 - Curvas de Secagem da secagem por micro-ondas.



Por meio da análise das curvas observa-se que a secagem foi bastante rápida no início. Para atingir a umidade de 12,57% (b.u.) e atividade de água de 0,187 foram necessários 9 min na potência de 480 W, para a potência de 280 W foram necessários 18,5 min para atingir 13,21% de umidade (b.u.) e 0,247 de atividade de água e para a potência de 200 W foram necessários 41 min para atingir 13,40% de umidade (b.u.) e 0,335 de atividade de água. Contudo, de acordo com a RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005, as farinhas de graviola obtidas nestas condições apresentam-se dentro do estabelecido pela legislação.

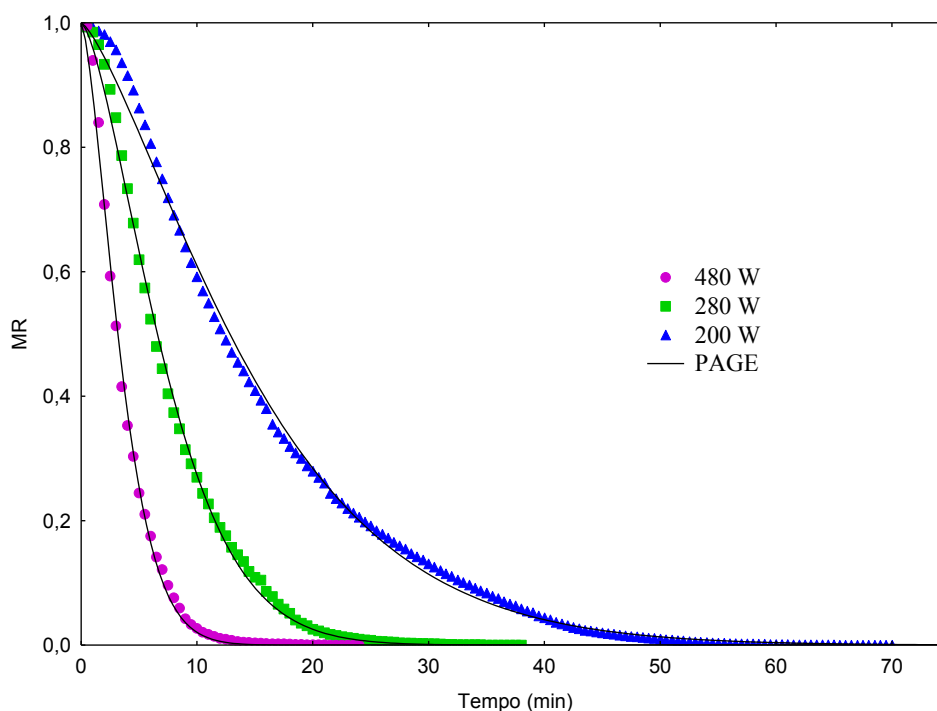
Da mesma maneira que a secagem por liofilização e leito de espuma, o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais, para as três potências analisadas, foi o de Page (1949). Os parâmetros estão apresentados na Tabela 4.4 e as curvas de cinética na Figura 4.9.

Tabela 4.4- Parâmetros obtidos pelos modelos na secagem por micro-ondas nas potências de 480 W, 280 W e 200 W.

Literatura	Potência	k	N	A	R ²
LEWIS	480 W	$2,60 \cdot 10^{-1}$	-	-	0,9695
	280W	$1,25 \cdot 10^{-1}$	-	-	0,9650
	200 W	$6,21 \cdot 10^{-2}$	-	-	0,9760
PAGE	480 W	$1,22 \cdot 10^{-1}$	1,50	-	0,9975
	280 W	$4,08 \cdot 10^{-2}$	1,50	-	0,9979
	200 W	$2,23 \cdot 10^{-2}$	1,35	-	0,9975
OVERHULTS	480 W	$2,47 \cdot 10^{-1}$	1,50	-	0,9974
	280 W	$1,19 \cdot 10^{-1}$	1,50	-	0,9978
	200 W	$5,93 \cdot 10^{-2}$	1,35	-	0,9974
BROOKER	480 W	$2,95 \cdot 10^{-1}$	-	1,15	0,9844
	280 W	$1,45 \cdot 10^{-1}$	-	1,17	0,9843
	200 W	$7,06 \cdot 10^{-2}$	-	1,15	0,9914
HENDERSON; HENDERSON	480 W	$2,95 \cdot 10^{-1}$	-	1,04	0,9844
	280 W	$1,45 \cdot 10^{-1}$	-	1,06	0,9843
	200 W	$7,06 \cdot 10^{-2}$	-	1,04	0,9914

A Figura 4.9 confirma o comportamento esperado, mostrando que conforme a potência era elevada, aumentou-se a taxa de secagem, atingindo valores baixos de umidade rapidamente, ou seja, reduzindo o tempo necessário para a secagem do material. O valor do parâmetro k (constante de secagem) do modelo de Page mostra esta maior taxa de secagem para potências maiores, como esperado.

Figura 4.9 - Curvas de cinética da secagem por micro-ondas.



4.2.2 Caracterização das farinhas de Graviola

Na Tabela 4.5 são apresentados os valores obtidos a partir das análises físico-químicas para mistura de polpa e casca da graviola desidratada pelas três metodologias de secagem (liofilização, leito de espuma e micro-ondas).

Os valores de pH obtidos para as farinhas de graviola variaram de 3,66 a 3,79, caracterizando o material como ácido, devido ao pH inferior a 4,5, e a farinha obtida por secagem em micro-ondas na potência de 200W, apresentou maior valor de pH. De acordo, com o encontrado para a amostra *in natura* percebe-se a não variação neste parâmetro, em razão dos dados encontrados estarem próximos. Comparando as farinhas obtidas pelas três metodologias de secagem, nota-se que ocorre diferença significativa ($p < 0,05$) entre elas, porém a variação da potência do micro-ondas não promoveu diferença significativa ($p < 0,05$) entre os produtos obtidos por elas.

Tabela 4.5 - Caracterização da mistura polpa e casca da graviola *in natura* e desidratada.

Análise		<i>In natura</i>	Liofilização*	Leito de Espuma*	Micro-ondas* 480W	Micro-ondas* 280W	Micro-ondas* 200W
pH		3,72	3,66 ^a	3,72 ^b	3,77 ^c	3,78 ^c	3,79 ^c
Sólidos Solúveis (°Brix)		11,17	68,88 ^a	68,21 ^a	61,06 ^b	61,77 ^b	63,65 ^c
Atividade de Água		0,994	0,23 ^a	0,22 ^b	0,48 ^c	0,55 ^d	0,55 ^d
Umidade (b.s)		6,33	0,17 ^a	0,15 ^b	0,21 ^c	0,25 ^d	0,26 ^e
Sólidos totais (%)		13,64	85,48 ^a	87,01 ^b	82,90 ^c	80,16 ^d	79,19 ^e
Cor	L*	19,28 ^c	30,96 ^a	30,68 ^a	15,15 ^b	19,75 ^c	20,18 ^c
	a*	-1,79 ^e	-0,18 ^a	1,85 ^b	3,66 ^c	3,70 ^c	3,12 ^d
	b*	8,01 ^f	9,13 ^a	11,68 ^b	13,36 ^c	14,86 ^d	14,09 ^e
Higroscopicidade (g de umidade absorvida/ 100 g amostra seca)		-	81,00 ^a	78,78 ^b	83,61 ^c	85,50 ^d	85,47 ^d
Solubilidade (%)		-	63,87 ^a	58,82 ^b	49,99 ^c	46,45 ^d	45,19 ^d
Fenólicos (mg ácido gálico/100 g amostra seca)		333,58 ^a	333,58 ^a	260,68 ^b	271,71 ^b	270,75 ^b	324,23 ^a
Acidez (mg de Ácido Cítrico /100 g amostra seca)		5249,05 ^d	4219,73 ^a	3985,79 ^b	4751,72 ^c	5089,02 ^d	5249,05 ^d
Ácido Ascórbico (mg/100 g amostra seca)		15,75 ^a	14,86 ^a	14,39 ^a	14,07 ^a	15,55 ^a	15,75 ^a
Atividade	1,5625(mg/mL)	20,97 ^a	23,92 ^a	19,49 ^a	9,33 ^b	12,12 ^b	10,55 ^b
Antioxidante	3,125 (mg/mL)	25,33 ^a	40,05 ^b	27,07 ^a	24,17 ^a	24,74 ^a	25,83 ^a
(%)	6,25 (mg/mL)	53,89 ^c	69,31 ^b	43,22 ^a	51,41 ^c	48,52 ^c	50,08 ^c
	12,5 (mg/mL)	92,55 ^b	92,68 ^b	79,93 ^a	85,79 ^c	86,28 ^c	87,05 ^c

* Valores obtidos a partir de triplicatas

Letras iguais na mesma linha indicam que não houve diferença significativa entre as formulações ($p > 0,05$), pelo teste de Scott-Knott.

O teor de sólidos está diretamente ligado com o conteúdo de água, de forma que são inversamente proporcionais, pois à medida que a umidade diminui, aumenta a quantidade de sólidos solúveis (MARCELLINI et al., 2003). Este comportamento foi observado no presente trabalho. Para os sólidos solúveis, as farinhas de graviola obtidas por liofilização e leito de espuma não apresentaram diferença significativa

entre si, a 5%, porém diferiram das farinhas obtidas por micro-ondas, e dentre estas, as potências de 480W e 280W, não apresentaram diferença, e ambas divergiram da potência de 200W. Os valores encontrados variaram de 61,06 a 68,88 (°Brix), sendo que a farinha liofilizada foi a que apresentou maior concentração de sólidos solúveis. Quanto maior o teor de sólidos solúveis nos alimentos menor será a necessidade de adição de açúcar no processamento industrial (MAZEPA, 2014). Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o conteúdo de açúcares constitui cerca de 85% do teor de sólidos solúveis; desta forma, produtos com teores de sólidos solúveis mais altos são preferíveis para o processamento, por proporcionar elevação no grau de doçura.

As farinhas obtidas por micro-ondas, nas potências de 480W, 280W e 200W, apresentaram valores de atividade de água e umidade maiores que os mostrados anteriormente pelas curvas de secagem, devido ao aumento da massa da amostra utilizada durante a secagem. E, para evitar que as farinhas apresentassem sinais de carbonização, optou-se por valores mais elevados, pois a técnica de secagem por micro-ondas gera produtos mais escuros, podendo afetar alguma característica.

Em relação a atividade de água, todas as farinhas de graviola mostraram-se abaixo de 0,6, podendo ser consideradas produtos estáveis microbiologicamente, além de apresentarem um aumento na vida de prateleira. As farinhas obtidas em micro-ondas nas potências de 280W e 200W não demonstraram diferença significativa ($p < 0,05$), mas foi possível verificar diferença entre as demais. Os valores encontrados variaram entre 0,22 e 0,55, sendo que a farinha obtida por leito de espuma foi a que teve menor atividade de água, podendo considerá-la a mais estável. De acordo com Fennema (1996), o poder de aglomeração de alimentos em pó aumenta em valores de atividade de água acima de 0,4, e baixos valores impedem e/ou retardam a multiplicação de micro-organismos.

A umidade apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre todas as farinhas, variando de 15 a 26%, demonstrando proporcionalidade com a atividade de água, já que a farinha obtida por leito de espuma também apresentou menor umidade. Por meio dos resultados alcançados, observa-se que a aplicação de temperaturas maiores, como no leito de espuma, pode exercer influência na umidade da farinha, uma vez que neste caso, resultou em um produto mais seco devido à maior transferência de calor.

Os sólidos totais também tiveram diferença significativa ($p < 0,05$) entre todas as farinhas, e houve variação dos valores entre 79,19 e 87,01%. Estes altos valores podem ser explicados pela retirada de água durante a secagem, o que concentrou o produto.

Para a análise de cor, a farinha obtida por micro-ondas, na potência de 480W, apresentou menor valor de L^* , conferindo-lhe coloração mais escura, explicada pela alta potência utilizada na secagem. Outro fator que pode ter causado o escurecimento da farinha e, consequentemente, sua menor luminosidade é a oxidação do ácido ascórbico (vitamina C), que geralmente ocorre em frutas e é acelerada em meio ácido e em altas temperaturas (MELO FILHO; VASCONCELOS, 2011). Esta farinha difere significativamente ($p < 0,05$) das demais, além de diferir da mistura da polpa e casca de graviola *in natura*. Quando comparada a amostra *in natura* com as farinhas, as do micro-ondas nas potências de 280W e 200W mostraram ser estatisticamente iguais com nível de significância de 5%, além de diferirem das demais. Apesar disso, as farinhas liofilizada e provenientes do leite de espuma apresentaram entre si semelhança estatística ($p < 0,05$), diferindo das demais. Avaliando com o parâmetro a^* , todas as farinhas demonstraram diferença significativa entre si ($p < 0,05$), menos as farinhas do micro-ondas nas potências de 280W e 200W, que não diferiram. A farinha liofilizada apresentou tendência ao verde, assim como a amostra *in natura*, o que já era esperado, devido a liofilização operar com baixas temperaturas e sob vácuo, não havendo grandes perdas na coloração. Já as demais farinhas apresentaram coloração com tendência ao vermelho, devido a aplicação de calor sobre as amostras durante a secagem, promovendo reações de caramelização. Em relação ao parâmetro b^* , todas as amostras diferiram com nível de 5%, sendo que para todas as amostras houve predominância da tendência ao amarelo. A farinha liofilizada apresentou menor valor, permanecendo próxima da amostra *in natura*, o que já era esperado, uma vez que ocorreram pequenas modificações nos produtos.

De acordo com Gea (2003), produtos não higroscópicos apresentam uma porcentagem menor que 10% de higroscopicidade, fator importante para as indústrias de alimentos e consumidores, uma vez que a baixa higroscopicidade permite a maior conservação do produto durante o armazenamento. Com isso, as farinhas demonstraram valores altos de higroscopicidade, podendo ser categorizadas como muito higroscópicas, devido aos resultados encontrados, variando de 78,78 a 85,50 g de umidade adsorvida/100 g amostra seca. Para as farinhas obtidas em micro-ondas nas potências de 280W e 200W não houve diferença significativa ($p < 0,05$) em relação a este parâmetro, apesar disso diferiram das demais farinhas. A farinha menos higroscópica foi a obtida em leite de espuma, o que já era esperado devido à sua menor umidade e atividade de água, fazendo com que ela se apresente mais estável que as demais. A sua menor higroscopicidade também pode ser explicada devido a adição dos emulsificantes à mistura de polpa e casca de graviola.

Quanto à solubilidade, as farinhas obtidas em micro-ondas nas potências de 280W e 200W não apresentaram diferença significativa entre si ($p < 0,05$), mas diferiram das demais farinhas. Os resultados variaram de 45,19 a 63,87%, sendo que a farinha mais solúvel foi a liofilizada, o que já era esperado devido à prevenção do colapso da matriz porosa, fazendo com que os produtos tendam a ser mais porosos, adsorvendo a umidade rapidamente. A solubilidade de produtos em pó está associada a umidade e condições operacionais do secador, aumentando com a diminuição da umidade, além disso esse parâmetro também é influenciado por fatores como tamanho e estrutura (amorfa ou cristalina) das partículas (CANO-CHAUCA et al., 2005; CAPARINO et al., 2012). As partículas com menor umidade geralmente possuem menor diâmetro, fator que contribuiu para aumentar a superfície de contato com a água e com isso aumentar a sua solubilidade. A presença da casca nas farinhas de graviola fez com que diminuísse suas solubilidades, devido a presença de partículas maiores provenientes dela e também de fibras presentes na polpa da graviola.

Em relação aos compostos fenólicos, as farinhas obtidas por liofilização e por micro-ondas na potência de 200W não mostraram diferença significativa em comparação com a amostra *in natura*, porém diferiram estatisticamente das farinhas obtidas em leite de espuma e em micro-ondas nas potências de 480W e 280W; estas últimas não diferiram entre si. A liofilização mostrou-se benéfica para o teor de compostos fenólicos totais, apresentando resultados semelhantes a amostra *in natura*, devido ao método ser capaz de preservar consideravelmente a estrutura original do produto. Em contrapartida, a farinha obtida em leite de espuma apresentou menor valor e abaixo do *in natura*, podendo ser explicado pela temperatura utilizada na secagem desta farinha, além do tempo de exposição, fatores que podem afetar o produto final.

Para a acidez, as farinhas secas em micro-ondas nas potências de 200W e 280W não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) em comparação à amostra *in natura*, porém diferiram das farinhas obtidas por liofilização, seca em leite de espuma e em micro-ondas na potência de 480W; entre estas últimas não houve diferenças a 5% de significância. A farinha obtida por micro-ondas na potência de 200W possui acidez equivalente a amostra *in natura*. Por outro lado, a farinha obtida em leite de espuma apresentou menor resultado, abaixo do *in natura*, assim como os teores de fenólicos. A temperatura e tempo de exposição do produto podem promover queda nos teores de acidez, e vários estudos mostram que o ácido cítrico se degrada intensamente quando expostos ao calor. A determinação de ácidos orgânicos é de suma importância, devido a influência exercida nas características sensoriais do alimento, como cor, sabor, odor, textura, bem como a sua estabilidade (CECHI, 2003), além de se relacionar com a

doçura da fruta; dessa forma, o teor de ácido cítrico entre 0,08 – 1,95% é indicativo de fruta com sabor moderado (SACRAMENTO et al., 2003). Segundo Nascimento, Cardoso e Cocozza (2014), a acidez, juntamente com o teor de sólidos solúveis, também pode conferir sabor agri-doce. Essas informações são fundamentais na definição do processamento e forma de conservação de produtos.

Já para o teor de ácido ascórbico, nenhuma das farinhas apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) em comparação à amostra *in natura*. Contudo, a farinha seca em micro-ondas na potência de 200W possui maior teor de vitamina C, igual ao da amostra *in natura*. Já a obtida na potência de 480W apresentou-se abaixo da *in natura*, com o menor resultado.

Segundo a classificação de Melo et al. (2008), tanto a mistura de polpa e casca de graviola *in natura* quanto as farinhas podem ser consideradas com alto potencial antioxidante na concentração de 12,5 mg/mL, uma vez que os valores estão acima de 70%. Nesta concentração, a amostra *in natura* mostra-se igual significativamente ($p < 0,05$) à farinha liofilizada, diferindo das demais. As farinhas obtidas em micro-ondas nas três potências estudadas não apresentam diferenças significativas entre si ($p < 0,05$), mas diferiram das demais farinhas. Já a farinha obtida em leite de espuma mostrou-se diferente com nível de 5% das outras farinhas. Analisando os resultados, pode-se inferir que a atividade antioxidante é diretamente proporcional aos compostos fenólicos, já que os maiores valores encontrados para eles coincidem com os maiores percentuais de atividade antioxidante, a exemplo da farinha liofilizada.

Comparando os dados obtidos na liofilização com os encontrados por Mata et al. (2005) para polpa de graviola liofilizada, que encontrou pH de 4,7, sólidos solúveis de 39,4°Brix, umidade de 2,1 g/100g, acidez de 0,85 g/100g e ácido ascórbico de 32,56 mg/100g e por Souza (2015), que encontrou para o resíduo de graviola liofilizado, umidade de 12,16%, atividade de água de 0,3966, pH de 7,05, sólidos solúveis de 40,50, acidez de 0,82%, ácido ascórbico de 87,19 mg/100g e fenólicos de 100,98 mg/100 g, percebe-se variação nos dados, que pode ser explicado pela diferença do material utilizado na secagem, pois a casca presente pode afetar algumas características, além de diferenças provocadas por fatores ambientais, como clima, região, época do ano e também em decorrência de fatores de cultivo, como o solo, irrigação, tempo para maturação dos frutos, entre outros, que podem levar a essa discrepância de valores. Entretanto, Silva (2016) obteve para polpa de graviola liofilizada valores próximos aos encontrados no presente trabalho para o pH que foi de 3,52, sólidos solúveis de 62°Brix e acidez de 4,86%, mas encontrou valores distantes de ácido ascórbico (24,41 mg/100g) e fenólicos (21,58 mg/100g). Neste mesmo trabalho (Silva, 2016), foi obtido para casca de graviola

lioofilizada valor de fenólicos totais de 567 mg/100g, permitindo deduzir que o alto valor encontrado na mistura de polpa e casca de graviola do presente trabalho pode ter ocorrido devido à presença da casca, que apresenta considerável quantidade de compostos fenólicos. Assim, o aproveitamento da casca da graviola, visando a minimização de resíduos pela indústria de alimentos, apresenta grande potencial de processamento. Tem potencial para a geração de novos produtos a partir dessa matéria-prima, uma vez que o produto final resultou em boa concentração de compostos fenólicos. Para isso, deve-se atentar as suas características físicas, químicas, além de estudos sobre fatores antinutricionais e características sensoriais, para garantir um melhor aproveitamento da matéria-prima e aceitação entre os consumidores.

Confrontando os resultados obtidos na farinha seca em leito de espuma com os encontrados por Gurgel (2014), para polpa de graviola, percebe-se valores próximos de atividade de água de 0,25, porém valores distintos de umidade (3,4%), acidez (5,38%) e solubilidade (83,77%). Já Baptestini (2015) obteve, para polpa de graviola seca em leito de espuma, umidade de 7,6%, atividade de água de 0,178, acidez de 0,28%, pH de 4,69, sólidos solúveis de 3,37°Brix, e os parâmetros de cor L* de 75,3, a* de 6,93 e b* de 20,47. A diferença entre estes trabalhos e o presente estudo podem também ser explicadas pela presença da casca, que possivelmente afeta algumas características, além de ser justificada por fatores ambientais, como clima, região, época do ano e também em decorrência de fatores de cultivo, como o solo, irrigação, tempo para maturação dos frutos, entre outros, que podem levar a essa discrepância de valores.

Até o presente momento, dados sobre secagem de frutos do cerrado em micro-ondas são escassos, dificultando a comparação dos resultados obtidos neste trabalho e mostrando o aspecto de novidade deste estudo.

4.2.3 Snacks de Graviola

Após a secagem da mistura de polpa e casca de graviola, as farinhas obtidas pelos três métodos de secagem; foram estocadas em ultra-freezer até a sua utilização para a produção dos *snacks*. A formulação está descrita na

Tabela 4.6, e o que diferencia uma formulação da outra é somente a metodologia de secagem utilizada para a obtenção da farinha de graviola (liofilização, leito de espuma e micro-ondas). Os demais ingredientes utilizados foram iguais para as três formulações. A farinha

obtida por micro-ondas na potência de 200W foi selecionada para a formulação por se apresentar sensorialmente superior às farinhas obtidas nas duas outras potências.

Os *snacks* de graviola produzidos utilizando as farinhas de graviola obtidas pelas três metodologias de secagem, são apresentados na Figura 4.10.

Tabela 4.6 - Formulação dos *Snacks* de Graviola.

Ingredientes	Quantidade	Porcentagem
Farinha de Graviola	100 g	30,77%
Farinha de Trigo	30 g	9,23%
Amido de Milho	30 g	9,23%
Açúcar refinado	100 g	30,77%
Sal	1 g	0,31%
Bicarbonato de Sódio	2 g	0,62%
Gordura Hidrogenada	12 g	3,69%
Ovo	50 g	15,38%

Figura 4.10 - *Snacks* de graviola A) Formulação com farinha liofilizada; B) Formulação com farinha obtida por leito de espuma; C) Formulação com farinha obtida por micro-ondas 200 W.



4.2.3.1 Análises físico-químicas

Na

Tabela 4.7 são apresentados os valores obtidos a partir da caracterização físico-química das três formulações dos *snacks* de graviola.

As formulações dos *snacks* de graviola apresentaram baixos valores de atividade de água, inferiores a 0,5, sendo considerados estáveis microbiologicamente (ASCHERI et al., 2005), variando entre 0,48 e 0,43. Os resultados encontrados apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre as três formulações, sendo a formulação com farinha liofilizada a que apresentou maior atividade de água. Os valores de atividade de água estão próximos dos

encontrados por Capriles e Arêas (2012), de 0,44 a 0,48 em *snacks* obtidos por extrusão de grão integral de amaranto e de farinha de amaranto desengordurada, e suas misturas com 25 e 50% de fubá de milho; por Schaidt (2018), de 0,427 e 0,408 para *snacks* de abacaxi com amido pré-gelatinizado e por Santos (2018), de 0,48 para *snacks* com farinha de banana. Apesar disso, Carvalho et al. (2012), encontraram valor mais baixo para *snack* extrudado a partir de farinhas de quirera de arroz e de bandinha de feijão, de 0,34.

Tabela 4.7 – Caracterização dos *snacks* de graviola.

Análise		Farinha Liofilizada*	Farinha Leito de Espuma*	Farinha Micro-ondas*
Atividade de Água		0,48 ^a	0,43 ^b	0,46 ^c
Umidade (b.u.) (%)		7,67 ^a	5,26 ^b	5,23 ^b
Sólidos totais (%)		92,88 ^a	95,01 ^b	95,03 ^b
Textura (Dureza) (N)		62,65 ^a	59,26 ^a	62,46 ^a
	L*	28,63 ^a	24,87 ^a	19,66 ^b
Cor	a*	8,12 ^a	7,75 ^a	7,13 ^a
	b*	20,59 ^a	18,81 ^a	13,65 ^b

* Valores obtidos a partir de triplicatas

Letras iguais na mesma linha indicam que não houve diferença significativa entre as formulações ($p > 0,05$), pelo teste de Scott-Knott.

Os *snacks* de graviola apresentaram baixo teor de umidade, e essa característica auxilia na textura crocante e na conservação do produto, resultando em uma maior vida de prateleira. As formulações com farinhas obtidas em leito de espuma e em micro-ondas não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$), porém elas diferiram da formulação com farinha liofilizada, que apresentou maior valor de umidade. Os valores de umidade estão próximos dos encontrados por Carvalho et al. (2012), de 7,23% para *snack* extrudado a partir de farinhas de quirera de arroz e de bandinha de feijão e por Capriles e Arêas (2012), de 7,82% *snacks* extrusado de 50% grão integral de amaranto.

Os *snacks* de graviola apresentaram altos valores de sólidos totais para as três formulações, variando de 92,88 a 95,03%, e estes valores podem ser explicados pelo baixo teor de umidade presente nas formulações. As formulações com farinhas secas em leito de espuma e em micro-ondas não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$), mas diferiram da formulação com farinha liofilizada, que apresentou menor valor.

Segundo Capriles e Arêas (2012), a dureza em *snacks* é um atributo bastante importante para os consumidores, pois determina sua qualidade, e para conseguir características desejáveis de textura, é necessário que se obtenha valores baixos de dureza, o qual resultam em alta crocância, porém não há definição de valores aceitáveis para *snacks* (ALVES; GROSSMANN, 2002). Os valores obtidos para as três formulações dos *snacks* de graviola foram bastante próximos variando de 59,26 a 62,65 N, e não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os *snacks*. Comparando os dados obtidos com os reportados por Schaidt (2018) para *snacks* de abacaxi com amido pré-gelatinizado, pode-se verificar discrepância, devido aos menores valores de dureza encontrados pelo autor, de 14,9 e 16 N.

Para a análise de cor, a formulação dos *snacks* de graviola obtidos com farinha seca em micro-ondas apresentaram menor valor de L^* , demonstrando coloração mais escura e diferindo com índice de significância de 5% das formulações com farinha liofilizada e com farinha obtida em leite de espuma. De acordo com o parâmetro a^* , as três formulações não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) e os valores positivos encontrados apontam a tendência ao vermelho, devido a coloração amarronzada dos *snacks*. Em relação ao parâmetro b^* , a formulação elaborada com farinha obtida em micro-ondas diferiram das demais com nível de 5%, apresentando menor valor, e para as três formulações houve predominância de tendência ao amarelo.

4.2.3.2 Análise Sensorial

A análise sensorial teve como objetivo verificar a aceitação dos *snacks* de graviola desenvolvidos, por meio da avaliação dos atributos aparência, cor, aroma, sabor e impressão global destes produtos, além de verificar a preferência dos provadores entre as três formulações desenvolvidas.

4.2.3.2.1 Teste de Aceitação

A partir dos resultados gerados na sessão de avaliação, em relação aos atributos citados anteriormente, foram obtidos os valores médios das notas atribuídas pelos julgadores na aceitação sensorial das três formulações de *snacks* de graviola, que estão apresentados na

Tabela 4.8.

Tabela 4.8 - Valores médios obtidos para cada atributo na análise sensorial dos *snacks*.

	Aparência	Cor	Aroma	Sabor	Impressão Global
Farinha Liofilizada	6,63 ^a	6,64 ^a	6,51 ^a	6,67 ^{ab}	6,85 ^{ab}
Farinha Leito de Espuma	6,67 ^a	6,94 ^a	7,04 ^a	7,37 ^a	7,28 ^a
Farinha Micro-ondas	6,1 ^a	6,28 ^a	6,37 ^a	6,38 ^b	6,26 ^b

Letras iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença significativa entre as formulações ($p>0,05$), pelo teste de Scott-Knott.

A partir destes dados, pode-se afirmar que não há diferença significativa entre as três formulações de *snack* de graviola para os atributos aparência, cor e aroma. Isto demonstra que a alteração nas formulações não foi suficiente para expressar diferença sensorial em relação a esses atributos. Os atributos sabor e impressão global apresentaram diferença significativa entre as formulações obtidas com as farinhas secas em leito de espuma e em micro-ondas. Contudo, estas não diferiram da formulação elaborada com farinha liofilizada para estes dois atributos.

A avaliação sensorial das três formulações de *snack* de graviola apresentou médias que variaram entre 6,1 a 7,37, demonstrando que os produtos obtiveram resultados semelhantes em todas as características sensoriais avaliadas. Os valores obtidos estão próximos dos encontrados por Santos (2018) para *snack* de farinha de banana, e por Schaidt (2018) para *snacks* de abacaxi com amido, e ambos apresentaram maior destaque no atributo sabor, de maneira semelhante à formulação com farinha seca em leito de espuma, que obteve a maior nota para o este atributo.

Dentre todas as médias obtidas, a característica aparência foi a que recebeu menor nota para a formulação com farinha seca em micro-ondas, o que pode ser explicado pela coloração mais escura dos *snacks* devido a farinha apresentar alguns poucos sinais de superaquecimento e carbonização, em consequência à rápida remoção de umidade, alterando sua coloração e tornando-a mais escura em comparação às outras formulações, o que possivelmente provocou menor aceitação. Em contrapartida, para esta formulação, o atributo sabor recebeu maior nota dentre todos os atributos avaliados para esse *snack*, concluindo que mesmo apresentando coloração mais escura devido a carbonização da farinha, não apresentou sabor residual de queimado nos *snacks*.

Os dados da escala hedônica não estruturada de 9 cm foram divididos em três intervalos: de 0 a 3,0, com os julgamentos desfavoráveis ao atributo; de 3,1 a 6,0, com os julgamentos neutros; e de 6,1 a 9,0, com os atributos são favoráveis. A divisão pode ser observada na , 1987).

Tabela 4.9.

Com relação às propriedades sensoriais, um produto é considerado aceito quando atinge índice de aceitabilidade de no mínimo 70% no intervalo de 6,1 a 9,0 (DUTCOSKY, 1996; TEIXEIRA; MEINERT; BARBETTA, 1987).

Tabela 4.9 - Distribuição conforme o intervalo de notas dos provadores.

	Farinha Liofilizada			Farinha Leito de Espuma			Farinha Micro-ondas		
	0 a 3,0	3,1 a 6,0	6,1 a 9,0	0 a 3,0	3,1 a 6,0	6,1 a 9,0	0 a 3,0	3,1 a 6,0	6,1 a 9,0
Intervalos									
Aparência	5,9%	23,5%	70,6%	5,9%	20,6%	73,5%	7%	34%	59%
Cor	6%	25%	69%	3%	18%	79%	9%	28%	63%
Aroma	8,82%	23,53%	67,65%	1,5%	22%	76,5%	7%	31%	62%
Sabor	5,9%	20,6%	73,5%	1%	18%	81%	10%	21%	69%
Impressão Global	4,4%	16,2%	79,4%	0%	15%	85%	7,4%	29,4%	63,2%

De acordo com a , 1987).

Tabela 4.9, a formulação com farinha liofilizada não apresentou índice de aceitabilidade superior ao mínimo necessário para ser aceita quanto aos atributos cor e aroma, mas as médias estão próximas a este valor, o que permite considerar a aceitação dessa formulação, uma vez que os atributos aparência (70,6%) e sabor (73,5%), que são quesitos importantes para o consumidor na escolha de um produto, foram superiores a 70%. Já a formulação obtida da farinha seca em leite de espuma apresentou índice de aceitabilidade superior ao mínimo necessário em todos os atributos analisados, podendo considerar essa formulação com boa aceitação pelos provadores. Por fim, a formulação com a farinha seca em micro-ondas não apresentou índice de aceitabilidade superior ao mínimo necessário para ser aceita em nenhum atributo.

Confrontando os dados com as análises físico-químicas das farinhas, nota-se que a não aceitação do produto formulado com farinha obtida em micro-ondas corrobora com a análise de cor, já que esta farinha apresentou coloração mais escura, o que pode ter interferido na aceitação do produto visualmente, considerando-se os atributos aparência e cor, e consequentemente pode ter afetado o sabor, promovendo menor aceitação deste.

Já a aceitação do produto elaborado com farinha liofilizada foi surpreendentemente menor que aquele elaborado com farinha seca em leite de espuma, já que a primeira foi a que

melhor manteve as características do produto *in natura*, e por isso esperava-se o maior índice de aceitação em todos os atributos.

4.2.3.2.2 Teste de Ordenação de Preferência

Segundo Teixeira, Meinert e Barbetta (1987), a preferência pode expressar o grau máximo de gostar ou não gostar e, implica na escolha de uma amostra ou de um produto sobre o outro. Os resultados do teste de ordenação de preferência dos *snacks* apresentados na Tabela 4.10, indicaram que a formulação de *snack* com farinha obtida em leite de espuma foi a mais preferida e a formulação com a farinha liofilizada a menos preferida. Contudo, não houve preferência significativa entre as três formulações desenvolvidas.

Tabela 4.10 - Somatório dos testes de ordenação de preferência dos *snacks* de graviola.

Amostras	Farinha Liofilizada (A)	Farinha Leite de espuma (B)	Farinha Micro-ondas (C)
Somatório das notas	104 ^a	127 ^a	105 ^a
Diferença versus A	-	23 ^{ns}	1 ^{ns}
Diferença versus B	-	-	22 ^{ns}

Valores seguidos por letras iguais na mesma linha não diferiram entre si, pelo teste de Friedman ($p < 0,05$). ns não significativo; * significativo (DMS = 25).

Comparando os resultados do teste de ordenação de preferência com os resultados obtidos no teste de aceitação, percebe-se que houve concordância nos resultados. Na avaliação da aceitação global a formulação com farinha seca em leite de espuma foi a que apresentou maior aceitação e no teste de ordenação de preferência também mostrou-se como a mais preferida. Os resultados dos dois testes devem apresentar concordância, pois a partir da aceitabilidade podemos prever a preferência, ou seja, as amostras mais aceitas são as mais preferidas e vice-versa (KONKEL et al., 2004). Apesar disso, houve discrepância nos resultados da formulação menos aceita e menos preferida, já que a menos aceita foi a formulação com farinha do micro-ondas e a menos preferida foi a formulação com farinha liofilizada.

4.2.3.3 Composição Centesimal

Na Tabela 4.11 são apresentados os valores obtidos a partir da composição centesimal das três formulações dos *snacks* de graviola.

Tabela 4.11 – Composição Centesimal dos *snacks* de graviola.

Análise	Farinha Liofilizada*	Farinha Leito de Espuma*	Farinha Micro- ondas*
Carboidrato (%)	87,83 ^a	87,46 ^b	88,29 ^c
Umidade (%)	7,67 ^a	5,26 ^b	5,23 ^b
Proteína (%)	4,47 ^a	4,72 ^a	4,98 ^a
Fibra Bruta (%)	4,64 ^a	5,24 ^b	4,49 ^a
Cinzas (%)	2,86 ^a	2,43 ^b	2,10 ^c
Lipídeos (%)	0,11 ^a	0,10 ^a	0,08 ^a

* Valores obtidos a partir de triplicatas

Letras iguais na mesma linha indicam que não houve diferença significativa entre as formulações ($p>0,05$), pelo teste de Scott-Knott.

O conteúdo de carboidratos foi o que apresentou maior valor em comparação com os demais, podendo considerar as três formulações dos *snacks* de graviola como ótima fonte de carboidratos, devido seu alto valor encontrado. As três formulações diferiram entre si com nível de significância de 5%, sendo considerada a formulação com farinha obtida por micro-ondas com maior conteúdo de carboidratos.

Os alimentos com teor baixo de água apresentam níveis de umidade inferiores a 20% e atividade de água abaixo de 0,60, sendo, por isso, microbiologicamente estáveis, desde que não haja absorção de umidade durante a estocagem (MORITA et al., 2005). Devido a isso, os *snacks* de graviola podem ser considerados alimentos com baixo teor de água, pois apresentam valores de umidade abaixo de 20%. As formulações obtidas a partir das farinhas secas em leito de espuma e em micro-ondas não apresentaram diferença significativa ($p<0,05$), mas diferiram da formulação com farinha liofilizada, que apresentou maior valor de umidade.

Em relação à proteína, observou-se que as três formulações de *snacks* de graviola não apresentaram diferença significativa entre si, demonstrando valores bastante próximos, e a formulação elaborada com farinha seca em micro-ondas foi a que obteve maior valor. Ainda com relação ao teor proteico, segundo a Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005), que trata do “Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais”, a recomendação diária de proteínas estimada para crianças (4 a 6 anos) é de 19 g/dia e, para adultos, 50 g/dia. Segundo a Portaria nº 33 de 13 de janeiro de 1998, observa-se que o teor de proteínas apresentado pelas três formulações de *snacks* de graviola não permite considerá-las como fonte de proteínas para adultos e como um produto

com alto teor de proteínas para crianças de 7 a 10 anos, pois não atende ao mínimo exigido de 10 e 20%, respectivamente, da IDR de referência por 100 g de alimento (BRASIL, 1998).

Segundo a RDC 54/2012, as três formulações de *snacks* de graviola podem ser consideradas fontes de fibras, pois apresentam teor superior ao estabelecido pela legislação, de 3 g/100g (BRASIL, 2012). As formulações com farinha liofilizada e com farinha seca em micro-ondas não apresentaram diferença com nível de significância de 5%, porém elas diferiram da formulação com farinha do leite de espuma, que apresentou maior teor de fibras.

Para o teor de cinzas, as formulações apresentaram valores entre 2,86% e 2,10%. Os resultados encontrados apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre as três formulações, sendo a formulação com farinha liofilizada a que apresentou maior teor de cinzas.

Para o teor de lipídeos, as formulações apresentaram valores próximos que variaram entre 0,11% e 0,08%. Os resultados encontrados não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre as três formulações, sendo a formulação com farinha liofilizada a que apresentou maior teor de lipídeos. O baixo conteúdo lipídico deve-se a pouca quantidade de lipídeos presentes na polpa e casca de graviola e a adição de pequena quantidade de gordura na formulação dos *snacks*.

Conclui-se então que, o *snack* de graviola é um alimento inovador no mercado, com baixo teor de gordura, podendo ser considerado um produto de vida útil longa, permitindo seu armazenamento em temperatura ambiente.

Capítulo 5 - Conclusão

A mistura de polpa e casca de graviola apresentou-se com grande potencial de aproveitamento para fins mais nobres desde o momento da sua caracterização, onde pôde-se perceber a presença de importantes compostos bioativos e antioxidantes.

Os processos de secagem analisados (liofilização, leito de espuma e micro-ondas) mostraram-se eficientes na remoção de umidade do material, permitindo obter um produto final com baixos valores de umidade, com risco reduzido de degradação ou decomposição por micro-organismos. Para atingir umidade inferior a 15%, o método de secagem por micro-ondas proporcionou menor tempo possível, 9 minutos para a potência de 480W, 18,5 minutos para a potência de 280W e 41 minutos para a potência de 200W. Já a secagem por leito de espuma apresentou tempo de secagem de 200 minutos e a liofilização de 24 h. Em todos os métodos de secagem utilizados, o modelo de Page representou satisfatoriamente os resultados experimentais de cinética de secagem.

Quanto à caracterização das farinhas, o comportamento em relação às análises físico-químicas mostrou valores próximos em todas as metodologias de secagem estudadas. Já em relação aos compostos bioativos, pode-se afirmar que a remoção de umidade através de potências moderadas em micro-ondas possibilitou os melhores resultados de acidez e ácido ascórbico. Esse resultado só não ocorreu para compostos fenólicos e atividade antioxidante, em que a liofilização se mostrou o método mais adequado para preservação. As farinhas de graviola apresentaram-se altamente higroscópicas, sendo necessário para sua comercialização o uso de embalagens apropriadas ou o uso de aditivos/conservantes para o aumento da sua vida de prateleira.

As formulações dos *snacks* de graviola apresentaram baixos valores de umidade e atividade de água, resultando em maior vida útil, além de garantir estabilidade microbiológica. A avaliação sensorial de aceitação das três formulações de *snack* de graviola apresentou médias que variaram entre 6,1 a 7,37, demonstrando que os produtos obtiveram resultados semelhantes em todas as características sensoriais avaliadas. A formulação com farinha seca em leito de espuma apresentou índice de aceitabilidade superior ao mínimo necessário em todos os atributos analisados, e foi a mais aceita em relação às demais formulações. Os resultados do teste de ordenação de preferência corroboram com o teste de aceitação, o *snack* preferido foi o obtido a partir da farinha seca em leito de espuma, apesar de não apresentar diferença significativa com as outras formulações.

Frente ao exposto, conclui-se que, o *snack* de graviola é um alimento inovador no mercado, com baixo teor de gordura e, por conter níveis baixos de umidade, é estável ao armazenamento em temperatura ambiente.

Os resultados obtidos neste trabalho permitiram expor o potencial do aproveitamento integral de frutas, no qual a secagem torna-se uma alternativa extremamente viável para agregar valor a esse tipo de material, permitindo obter produtos com teores satisfatórios de compostos bioativos e antioxidantes, além da manutenção de algumas características intrínsecas do produto. Além disso, os produtos obtidos através de secagem permitem à indústria de alimentos incorporá-los como substitutos de outros ingredientes, produzindo alimentos saudáveis, como o caso do *snack* de graviola.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- ✓ Secagem da espuma da mistura de polpa e casca de graviola em micro-ondas;

APÊNDICES

APÊNDICE I – TESTES PRELIMINARES FORMULAÇÃO DOS *SNACKS*

Teste 1	Farinha de Graviola = 90 g Amido de Milho = 40 g Açúcar demerara = 50 g Linhaça Dourada = 15 g Chia = 20 g (80 mL de água para hidratar a Chia) Aveia = 30 g Fermento Químico = 2 g Gordura Hidrogenada = 26 g	<p style="text-align: center;">Temperatura/Tempo Estufa</p> <p style="text-align: center;">60°C/5h → Sem crocância</p> <p>Os cereais mascararam o sabor da farinha de graviola</p>
Teste 2	Farinha de Graviola = 30 g Açúcar demerara = 16,5 g Chia = 7 g (14 g de água para hidratar a Chia) Fermento Químico = 0,7 g Gordura Hidrogenada = 20 g	<p style="text-align: center;">Temperatura/Tempo Estufa</p> <p style="text-align: center;">60°C/5h → Sem crocância</p> <p>O produto final ficou muito gorduroso</p>
Teste 3	Farinha de Graviola = 30 g Amido de Milho = 8 g Açúcar demerara = 16,5 g Chia = 7 g (14 g de água para hidratar a Chia) Fermento Químico = 0,7 g Gordura Hidrogenada = 20 g	<p style="text-align: center;">Temperatura/Tempo Estufa</p> <p style="text-align: center;">60°C/5h → Sem crocância</p> <p>O produto final ficou muito gorduroso</p>
Teste 4	Farinha de Graviola = 30 g Amido de Milho = 8 g Açúcar demerara = 16,5 g Linhaça Dourada = 3 g Chia = 7 g (21 g de água para hidratar a Chia) Aveia = 5 g Fermento Químico = 0,7 g	<p style="text-align: center;">Temperatura/Tempo Estufa</p> <p style="text-align: center;">60°C/5h → Sem crocância</p> <p>O produto final ficou muito gorduroso</p>

	Gordura Hidrogenada = 8,5 g	
Teste 5	Farinha de Graviola = 40 g Farinha de Trigo = 10 g Amido de Milho = 10 g Chia = 8 g (40 mL de água para hidratar a Chia) Fermento Químico = 1 g Óleo de Girassol = 6 g Xarope de Glicose = 20 g Lecitina de Soja = 15 g	Temperatura/Tempo Estufa 60°C/5h → Sem crocância Lecitina de soja mascarou o sabor da farinha de graviola
Teste 6	Farinha de Graviola = 40 g Farinha de Trigo = 10 g Amido de Milho = 10 g Chia = 8 g (40 mL de água para hidratar a Chia) Fermento Químico = 1 g Óleo de Girassol = 3 g Xarope de Glicose = 30 g Lecitina de Soja = 3 g Açúcar Mascavo = 10 g	Temperatura/Tempo Estufa 60°C/5h → Sem crocância Lecitina de soja mascarou o sabor da farinha de graviola
Teste 7	Farinha de Graviola = 40 g Farinha de Trigo = 10 g Amido de Milho = 10 g Chia = 8 g (40 mL de água para hidratar a Chia) Fermento Químico = 1 g Óleo de Girassol = 3 g Xarope de Glicose = 30 g Ágar-Ágar = 3 g Açúcar Mascavo = 10 g	Temperatura/Tempo Estufa 60°C/5h → Sem crocância
Teste 8	Farinha de Graviola = 100 g Farinha de Trigo = 45 g	Temperatura/Tempo Estufa 60°C/5h → Sem crocância

	Amido de Milho = 45 g Farinha de Aveia = 45 g Bicarbonato de sódio = 2 g Açúcar refinado = 150 g Gordura Hidrogenada = 30 g Sal = 1,5 g Liga Neutra = 1,5 g Ovos = 92 g Xarope de Glicose = 35 g	
Teste 9	Farinha de Graviola = 100 g Farinha de Trigo = 20 g Amido de Milho = 20 g Farinha de Aveia = 20 g Bicarbonato de sódio = 2 g Açúcar refinado = 150 g Gordura Hidrogenada = 15 g Sal = 1 g Ovos = 85 g	Temperatura/Tempo Estufa 60°C/5h → Sem crocância
Teste 10	Farinha de Graviola = 100 g Farinha de Trigo = 20 g Amido de Milho = 20 g Farinha de Aveia = 20 g Bicarbonato de sódio = 2 g Açúcar refinado = 150 g Gordura Hidrogenada = 12 g Sal = 1 g Ovos = 44 g Água = 30 mL	Temperatura/Tempo Estufa 60°C/5h → Sem crocância
Teste 11	Farinha de Graviola = 100 g	Temperatura/Tempo Estufa

	Farinha de Trigo = 30 g Farinha de Aveia = 30 g Bicarbonato de sódio = 2 g Açúcar refinado = 100 g Gordura Hidrogenada = 10 g Sal = 1 g Água = 60 mL	70°C/4h → Sem crocância
Teste 12	Farinha de Graviola = 100 g Farinha de Trigo = 30 g Amido de Milho = 30 g Bicarbonato de sódio = 2 g Açúcar refinado = 100 g Gordura Hidrogenada = 12 g Sal = 1 g Água = 50 mL	Temperatura/Tempo Estufa 70°C/4h → Sem crocância
Teste 13	Farinha de Graviola = 100 g Farinha de Trigo = 50 g Amido de Milho = 50 g Bicarbonato de sódio = 2 g Açúcar refinado = 100 g Gordura Hidrogenada = 12 g Sal = 1 g Água = 60 mL	Temperatura/Tempo Estufa 150°C/20 min → Produto final com aspecto queimado 150°C/10min → Sabor residual de queimado no produto final 120°C/35 min → Sem crocância 100°C/1h e 40 min → Textura dura
Teste 14	Farinha de Graviola = 100 g Farinha de Trigo = 50 g Amido de Milho = 50 g Açúcar refinado = 100 g Bicarbonato de sódio = 2 g Gordura Hidrogenada = 12 g	Temperatura/Tempo Estufa 120°C/35min → Textura dura 120°C/30 min → Textura dura 120°C/25 min → Textura dura

	Sal = 1 g Ovo = 50 g Água = 20 mL	
Teste 15	Farinha de Graviola = 100 g Farinha de Trigo = 30 g Amido de Milho = 30 g Açúcar refinado = 100 g Bicarbonato de sódio = 2 g Gordura Hidrogenada = 12 g Sal = 1 g Ovo = 50 g	Temperatura/Tempo Estufa 120°C/35min → Produto final apresentou crocância satisfatória 120°C/30 min → Textura crocante desejável 120°C/25 min → Textura levemente dura

APÊNDICE II – TERMOS DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Teste de Aceitação

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado (a) para participar da pesquisa intitulada “Elaboração de *snacks* a partir da mistura de polpa e casca de graviola”, sob a responsabilidade dos pesquisadores Profa. Michelle Andriati Sentanin e Lara Carolina Gonçalves Gomes.

Nesta pesquisa nós estamos buscando avaliar a aceitação de *snacks* elaborados a partir de farinha de graviola com aproveitamento da polpa e da casca.

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será obtido pela pesquisadora Lara Carolina Gonçalves Gomes, antes da avaliação sensorial ser iniciada e uma via original deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ficará com você.

Na sua participação você deverá ingerir três amostras de cerca de 10 g de *snacks* por vez, e preencher a ficha de avaliação segundo sua opinião. Os *snacks* serão produzidos com farinha de graviola (utilizando polpa e casca), farinha de trigo, açúcar, óleo e ovo.

Você não terá nenhum gasto e ganho financeiro por participar na pesquisa.

Os riscos consistem em possíveis sintomas de alergia (coceira, diarreia e flatulência) a algum dos componentes da formulação. Caso algum destes sintomas seja observado durante a execução da pesquisa, você será encaminhado a um médico, com os custos pagos pela equipe executora do projeto. **Se você é diabético, pré-diabético, intolerante ou alérgico ao glúten, você não poderá participar desta pesquisa.** Você poderá ser beneficiado através deste estudo com os proveitos do melhor uso da cultura do cerrado, incentivando a produção e o consumo de suas frutas; com o incentivo ao aproveitamento de alimentos na íntegra (como a utilização de cascas, que são partes das frutas ricas em fibras) e com o aproveitamento de frutos nos períodos de entressafra, com o desenvolvimento de técnicas que o possibilitem.

A equipe executora reconhece que há risco de sua identificação durante a realização da pesquisa. Contudo, para minimizá-lo, a equipe executora do projeto se compromete a não identificar com seu nome as fichas de coleta de dados. Para evitar qualquer associação visual, as fichas serão recolhidas da cabine e imediatamente colocadas com o anverso em branco para cima. Ao final de cada sessão as fichas serão misturadas e só então os dados serão tabulados.

Você é livre para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento sem nenhum prejuízo ou coação. Esta pesquisa poderá ser encerrada ou suspensa quando: a) o laboratório não fornecer condições higiênico-sanitárias para a realização dos testes; b) as amostras não estiverem em condições de teste; c) não houver quantidade suficiente de amostra; d) não houver provadores para avaliação.

Qualquer dúvida a respeito da pesquisa, você poderá entrar em contato com: Michelle Andriati Sentanin e Lara Carolina Gonçalves Gomes, na Av. Getúlio Vargas, 230, Patos de Minas, MG, ou pelo telefone (34) 3823-3714. Poderá também entrar em contato com o Comitê de Ética na Pesquisa com Seres-Humanos – Universidade Federal de Uberlândia: Av. João Naves de Ávila, nº 2121, bloco A, sala 224, Campus Santa Mônica – Uberlândia –MG, CEP: 38408-100; fone: (34) 3239-4131.

O CEP é um colegiado independente criado para defender os interesses dos participantes das pesquisas em sua integridade e dignidade e para contribuir para o desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos conforme resoluções do Conselho Nacional de Saúde.

Patos de Minas, dede 2018.....

Assinatura dos pesquisadores

Eu aceito participar do projeto citado acima, voluntariamente, após ter sido devidamente esclarecido.

Participante da pesquisa

Teste de Ordenação de Preferência

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado (a) para participar da pesquisa intitulada “Elaboração de *snacks* a partir de polpa e casca de graviola”, sob a responsabilidade dos pesquisadores Profa. Michelle Andriati Sentanin e Lara Carolina Gonçalves Gomes.

Nesta pesquisa nós estamos buscando avaliar a preferência entre *snacks* elaborados a partir de farinha de graviola com aproveitamento da polpa e da casca.

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será obtido pela pesquisadora Lara Carolina Gonçalves Gomes, antes da avaliação sensorial ser iniciada e uma via original deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ficará com você.

Na sua participação você deverá ingerir três amostras de cerca de 10 g de *snacks*, e preencher na ficha de avaliação sua ordem de preferência das amostras. Os *snacks* serão produzidos com farinha de graviola (utilizando polpa e casca), farinha de trigo, açúcar, óleo e ovo.

Você não terá nenhum gasto e ganho financeiro por participar na pesquisa.

Os riscos consistem em possíveis sintomas de alergia (coceira, diarreia e flatulência) a algum dos componentes da formulação. Caso algum destes sintomas seja observado durante a execução da pesquisa, você será encaminhado a um médico, com os custos pagos pela equipe executora do projeto. **Se você é diabético, pré-diabético, intolerante ou alérgico ao glúten, você não poderá participar desta pesquisa.** Você poderá ser beneficiado através deste estudo com os proveitos do melhor uso da cultura do cerrado, incentivando a produção e o consumo de suas frutas; com o incentivo ao aproveitamento de alimentos na íntegra (como a utilização de cascas, que são partes das frutas ricas em fibras) e com o aproveitamento de frutos nos períodos de entressafra, com o desenvolvimento de técnicas que o possibilitem.

A equipe executora reconhece que há risco de sua identificação durante a realização da pesquisa. Contudo, para minimizá-lo, a equipe executora do projeto se compromete a não identificar com seu nome as fichas de coleta de dados. Para evitar qualquer associação visual, as fichas serão recolhidas da cabine e imediatamente colocadas com o anverso em branco para cima. Ao final de cada sessão as fichas serão misturadas e só então os dados serão tabulados.

Você é livre para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento sem nenhum prejuízo ou coação. Esta pesquisa poderá ser encerrada ou suspensa quando: a) o laboratório não fornecer condições higiênico-sanitárias para a realização dos testes; b) as amostras não estiverem em condições de teste; c) não houver quantidade suficiente de amostra; d) não houver provadores para avaliação.

Qualquer dúvida a respeito da pesquisa, você poderá entrar em contato com: Michelle Andriati Sentanin e Lara Carolina Gonçalves Gomes, na Av. Getúlio Vargas, 230, Patos de Minas, MG, ou pelo telefone (34) 3823-3714. Poderá também entrar em contato com o Comitê de Ética na Pesquisa com Seres-Humanos – Universidade Federal de Uberlândia: Av. João Naves de Ávila, nº 2121, bloco A, sala 224, Campus Santa Mônica – Uberlândia –MG, CEP: 38408-100; fone: (34) 3239-4131.

O CEP é um colegiado independente criado para defender os interesses dos participantes das pesquisas em sua integridade e dignidade e para contribuir para o desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos conforme resoluções do Conselho Nacional de Saúde.

Patos de Minas, dede 2018.....

Assinatura dos pesquisadores

Eu aceito participar do projeto citado acima, voluntariamente, após ter sido devidamente esclarecido.

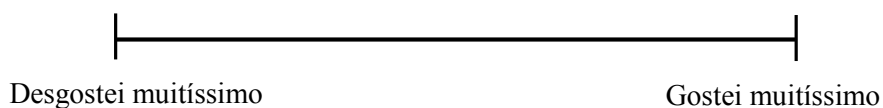
Participante da pesquisa

APÊNDICE III – FICHA DE ACEITAÇÃO

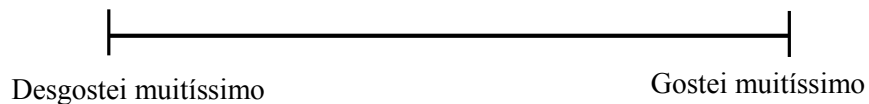
AMOSTRA:

Avalie a amostra de *snack* e indique com um traço vertical na escala abaixo o quanto você gostou ou desgostou da amostra em relação aos seguintes parâmetros:

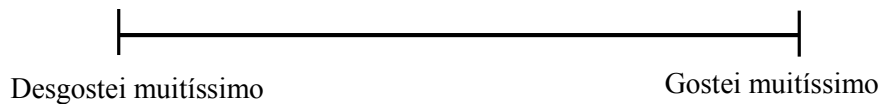
APARÊNCIA:



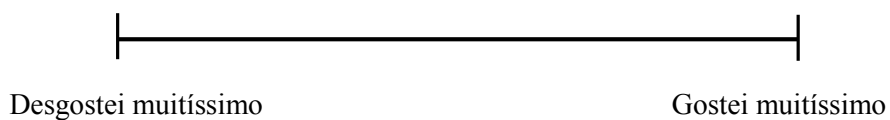
COR:



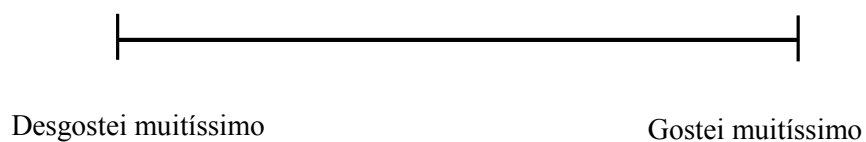
AROMA:



SABOR:



IMPRESSÃO GERAL:



APÊNDICE IV – FICHA ORDENAÇÃO DE PREFERÊNCIA

Por favor, avalie da esquerda para a direita cada uma das amostras codificadas de *snacks* de graviola e coloque-as em ordem CRESCENTE de preferência.

Menos preferida

Mais preferida

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIDES – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INTEGRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Mapa do Cerrado**. 2015. Disponível em: < <http://abides.org.br/estudo-coordenado-pelo-inpe-aponta-os-riscos-da-exploracao-do-cerrado/mapa-cerrado/>>. Acesso em 20 de dez. de 2018.

ABRE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM. **Brasil já é um dos maiores mercados de salgadinhos, refrigerantes e cervejas**. Novembro de 2012. Disponível em: <<http://www.abre.org.br/noticias/brasil-ja-e-um-dos-maiores-mercados-de-salgadinhos-refrigerantes-e-cervejas/>>. Acesso em 24 de jul. de 2018.

ADAMS, G. D. J. Freeze drying of biological materials. **Drying Technology**, v. 9(4), p. 891-925, 1991. <https://doi.org/10.1080/07373939108916727>

ALVARADO, J. D.; AGUILERA, J. M. Métodos para medir propiedades físicas em Indústrias de Alimentos. **Ed. Acribia S.A.** Zaragoza, 2001, p. 410.

ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C. Colheita e pós-colheita de anonáceas. In: SÃO JOSÉ, A. R. et al. (eds.). **Anonáceas: Tecnologia de produção e comercialização**. Vitória da Conquista, BA: DFZ/UESB, 1997. p. 240-255.

ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; RAMOS, V. H. V. **Graviola: Pós colheita**. Brasília. Série Frutas do Brasil 24, Embrapa Informação Tecnológica, 2002.

ALVES, R. M. L.; GROSSMANN, M. V. E. Parâmetros de extrusão para produção de *snacks* de farinha de cará (*Dioscorea alata*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 32-38, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612002000100006>

ANDRADE, M. R. L.; ARAÚJO, F. M. F.; SOUSA, P. B.; SILVA, M. J. M.; NASCIMENTO, V. L. V. Caracterização físico-química do fruto graviola (*Annona muricata* L.) comercializada em Teresina-PI. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 63., 2011, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBPC, 2011.

A.O.A.C., Official Methods of Analysis. **Association of Official Analytical Chemists**, Gaithersburg, MD, 2012.

ARAÚJO, C. S.; MACEDO, L. L.; VIMERCATI, W. C.; SARAIVA, S. H.; OLIVEIRA, A. N.; TEIXEIRA, L. J. Q. Cinética de secagem de acerola em leito de espuma e ajuste de modelos matemáticos. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 20, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.15216>

ASCHERI, J. L. R.; RIBEIRO, M. M.; CARVALHO, C. P.; ASCHERI, D. P. R. Isotermas de adsorción de agua y estabilidad de harinas extruídas de amaranto, arroz y maíz: estudio comparativo. **Alimentaria**, Madrid, v. 42, n. 363, p. 100-107, 2005.

AZIZ, P. A.; YUSOF, S. Physico-chemical characteristics of soursop fruit (*Annona muricata*) during growth and development, **ASEAN Food J**, 9, 147-150. 1994.

BAPTESTINI, F. M. **Parâmetros físico-químicos na obtenção do pó de Graviola pelo método de secagem em Leito de Espuma**. Tese de Doutorado da Universidade Federal de Viçosa do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Viçosa – MG, 2015.

BARBOSA, A. S. **Sistema biogeográfico do cerrado**: alguns elementos para sua caracterização. Goiânia: Editora UCG, 1996. 44p.

BARBOSA, W. C.; NAZARÉ, R. F. R.; HASHIMOTO, K. **Estudo bromatológico e tecnológico da graviola e do taperebá**. Belém: Embrapa-CPATU, 1981. 16 p (Boletim de Pesquisa, 32).

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; ORTEGA-RIVAS, E.; JULIANO, P.; YAN, H. **Food Powders - Physical Properties, Processing, and Functionality**. Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2005.

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; VEGA-MERCADO, H. **Dehydration of Foods**. Chapman & Hall's, 1996. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2456-1>

BASTOS, D. da S.; SOARES, D. M. B. G.; ARAÚJO, K. G. de L.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. Desidratação da Polpa de Manga “Tommy Atkins” Utilizando a Técnica de “Foam-Mat Drying” - Avaliações Químicas, Físico-químicas e Sensoriais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 8, n. 4, p. 283-290, 2005.

BERISTAIN, C. I.; CORTÉS, R.; CASILLAS, M. A.; DÍAZ, R. Obtención de jugo de piña em polvo por el método desecado por espumas. **Archivos Latino americanos de Nutrición**, v. 41, n. 2, p. 238-245, 1991.

BLIGH, E. C.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid: Extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, 37. 1959, p. 911-917. <https://doi.org/10.1139/y59-099>

BORRERO, F. V.; HERNANDEZ, E.; JIMENEZ, R. ROA, A. Determinación de índices de madurez de cosecha en guanábana (*Annona muricata L.*) en dos regiones de Colombia (S.A.), in IV Simposio Internacional de Manejo, **Calidad y Fisiología Postcosecha de Frutas**, Santiago, Universidad de Chile, Ed. Lizana (Publicaciones Miscelaneas Agrícolas, 42), p. 25-43, 1995.

BOS, L. V. D. **Reposicionando Indulgência na Era dos Snacks**. 03 de junho de 2018. Disponível em: < <https://blog.euromonitor.com/reposicionando-indulgencia-na-era-dos-snacks/> >. Acesso em 11 de mar. de 2019.

BRASIL. Instrução Normativa nº 1 de 7 de janeiro de 2000 do Ministério de Agricultura e Abastecimento. Aprova regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de frutas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 jan. 2000. Seção 1, p. 54-58.

BRASIL. Resolução RDC ANVISA/MS nº. 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 set. 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 269, de 22 setembro de 2005. Aprova as categorias de Alimentos e Embalagens Dispensados e com obrigatoriedade de Registro. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC ANVISA/MS nº. 273, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para misturas para o preparo de alimentos e alimentos prontos para o consumo. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 set. 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 33, de 13 de janeiro de 1998. Adota valores constantes de Tabelas do anexo desta portaria, como níveis de IDR para as vitaminas, minerais e proteínas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 16 jan. 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Métodos Físico-Químicos para Análises de Alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1018p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 54, de 12 novembro de 2012. Regulamento técnico Mercosul sobre informação nutricional complementar. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF. 12 nov. 2012.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying Cereal Grains**, Westport, CT, USA, 1974.

BRUINSMA, J.; PAULL, R. E. Respiration during postharvest development of soursop fruit, *Annona muricata* L. **Plant Physiol**, 76, 131-138, 1984. <https://doi.org/10.1104/pp.76.1.131>

BRUM, A. A. S.; ARRUDA, L. F.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. **Métodos de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal**. Rev.: Quim. Nova, Vol. 32, n. 4, p. 849-854, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n4/v32n4a05>. Acesso em: 28 de jan. 2019.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spray-dried *Amaranthus* Betacyanin Pigments. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 6, p. 1248-1252, 2000. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb10273.x>

CAMARGO, P.; MORAES, C.; CANTERI, M. H. G.; FRANCISCO, A.C.; MAIA, L. **Avaliação da desidratação da polpa do maracujá azedo pelo método “foam mat”**. In: VI Semana de Tecnologia em Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Ponta Grossa - PR, v. 2, n. 14, 2008.

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P.; RAMOS, A.; CAL-VIDAL, J. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 6, p. 420-428, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2005.05.003>

CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical

livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1196-1205, 2010.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452010005000122>

CAPARINO, O. A.; TANG, J.; NINDO, C. I.; SABLANI, S. S.; POWERS, J. R.; FELLMAN, J. K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine “Carabao” var.) powder. **Journal of Food Engineering**, v. 111, p. 135-148, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.010>

CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J. A. G. Avaliação da Qualidade Tecnológica de snacks obtidos por extrusão de grão integral de amaranto ou de farinha de amaranto desengordurada e suas misturas com fubá de milho. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 21-29, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012000100003>

CARVALHO, A. V.; BASSINELLO, P. Z.; MATTIETTO, R. A.; CARVALHO, R. N.; RIOS, A. O.; SECCADIO, L. L. Processamento e caracterização de snack extrudado a partir de farinhas de quirera de arroz e de bandinha de feijão. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 72-83, jan./mar. 2012.

CAVALCANTE, C. E. B.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M. R. A. A.; COSTA, J. M. C. Avaliação dos parâmetros de secagem da polpa de graviola em pó obtida por secagem em *spray dryer*. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v. 20, e2016015, 2017. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.1516>

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2ed. Campinas – SP. Ed. Unicamp, 2003. 206 pgs.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. 1. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010. 51 p.

CELIKER, H.; KISAKUREK, B. **Progress in Freeze Drying**. Drying’84. Em: A. S. MUJUMDAR; M. A. ROQUES, v. 1, p. 95-98, 1984.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2. ed. **Rev. Amp**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005.

CNA - CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Balanço 2016, Perspectivas 2017: Fruticultura**. Disponível em <
<https://data.gessulli.com.br/file/2016/12/08/H104033-F00000-M637.pdf>>. Acesso em 26 de jul. de 2018.

CNA - CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Balanço 2017, Perspectivas 2018: Fruticultura**. Disponível em: <
http://www.cnabrazil.org.br/sites/default/files/sites/default/files/uploads/fruticultura_balanco_2017.pdf>. Acesso em 06 de ago. de 2018.

COSTA, J. D. P.; FREITAS, F. R. E. M.; COSTA, J. M. C. da. Study of the physicochemical characteristics of soursop powder obtained by spray-drying. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 34, n. 4, p. 663-666, out./dez. 2014. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6380>

COULY, C.; SIST, P. Use and knowledge of forest plants among the Ribeirinhos, a traditional Amazonian population. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 87, p. 543-554, 2013. <https://doi.org/10.1007/s10457-012-9575-8>

CRUZ, P. L.; SARAIVA, S. H.; TEIXEIRA, L. J. Q. Otimização do processo de secagem em leito de espuma de extrato de café. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 14 n. 26, 2017. [10.18677/EnciBio_2017B45](https://doi.org/10.18677/EnciBio_2017B45)

CRUZ, W. F. **Obtenção de polpa de goiaba (Psidium guajava L.) em pó pelo método de secagem em camada de espuma**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, 2013.

CUCCURULLO, G.; GIORDANO, L. METALLO, A.; CINQUANTA, L. Drying rate control in microwave assisted processing of sliced apples. **Biosystems Engineering**. Volume 170, June 2018, Pages 24-30. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.03.010>

DACANAL, G. C.; MENEGALLI, F. C. Experimental study and optimization of the agglomeration of acerola powder in a conical fluid bed. **Powder Technology**, v. 188, n.3, p.187-194, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2008.04.076>

DANTAS, H. J.; SILVA, A. S.; LIMA, E. E. de; FARIAS, P. de A.; ANDRADE, M. A. de. **Obtenção da polpa de jaca em pó pelo método de secagem em camada de espuma (foam mat drying)**. In. III Jornada Nacional da Agroindústria. Bananeira, PB. 2008.

DATAMARK. **Mercado de salgadinhos e snacks crescerá 40% até 2018**. Abril de 2014. Disponível em: <<http://www.datamark.com.br/noticias/2014/4/mercado-de-salgadinhos-e-snacks-crescera-40-ate-2018-151813/>>. Acesso em 23 de jul. de 2018.

DATTA, A. K.; ANANTHESWARAN, R. C. **Handbook of Microwave Technology for Food Applications**. New York: Marcel Dekker Inc., 2001. <https://doi.org/10.1201/9781482270778>

DATTA, A. K.; DAVIDSON, P. M. Microwave and radio frequency processing. **Journal of Food Science**, v. 65, p. 32–41, 2000. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2000.tb00616.x>

DECAREAU, R. V.; PETERSON, R.A. Microwave processing and engineering. **Chichester: Ellis Horwood**, 224 p, 1986.

DIEB, J. T.; GURGEL, C. M.; DANTAS, T. P.; MEDEIROS, M. F. D. Secagem da Polpa de Graviola pelo Processo Foam-Mat e Avaliação Sensorial do Produto Obtido. **Revista Tecnologia & Informação**, ano 2, n.2, p.24-31, mar./jun.2015. [10.5151/chemeng-cobeqic2015-014-31699-239854](https://doi.org/10.5151/chemeng-cobeqic2015-014-31699-239854)

DUAN, X.; DING, L. REN, G.; LIU, L.; KONG, O. The drying strategy of atmospheric freeze drying apple cubes based on glass transition, **Food and Bioproducts Processing**, v. 91, p. 534-538, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2013.06.005>

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 2.ed. Curitiba: Champagnat, 2007.

ENGELDER, D.; BUFFLER, C. Measuring dielectric properties of food products at microwave frequencies. **Microwave World**, v.12, 2, p.6-15, 1991.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FENNEMA, O. R. Water and ice. In: FENNEMA, O.R. (Ed.). Food Chemistry. New York, **Marcel Dekker**, 1996, p.17-94.

FREITAS, A. L. G. E.; VILASBOAS, F. S.; PIRES, M. M.; JOSÉ, A. R. S. Caracterização da produção e do mercado da graviola (*Annona muricata* L.) no estado da Bahia. **Informações Econômicas**, v. 43, n. 3, p. 1-12, 2013.

FREITAS, R. C. P. **Caracterização do processo de secagem em leito de espuma para obtenção de pó de manga Ubá**. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2016.

FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE, STANLEY, G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. **The Joraul of biological chemistry**, v. 226, n.1, p. 477-509. 1957.

FUMAGALLI, F. **Secagem de Pêra em Secador a Microondas**. Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos. Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. São Carlos, 2003.

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

GEA NIRO RESEARCH LABORATORY. **Analytical methods dry milk products**. Soeborg: GEA Niro, 2003. 103 p. (GEA Niro Analytical Methods 14a-15a).

GEANKOPLIS, C. J. **Transport Processes and Separation Processes Principles**, 2003.

GOMES, H. **Snacks de frutas devem crescer 35%**. Abril, 2009. Disponível em: <<http://www.sm.com.br/detalhe/categorias/snacks-de-frutas-devem-crescer-35perc>> Acesso em: 22 jun. de 2018.

GONÇALVES, O. M. A. R. **Estudo Comparativo de processos de desidratação por liofilização e secagem convencional**. Relatório de Estágio do Instituto Politécnico de Tomar. Escola Superior de Tecnologia de Tomar. Abrantes – Portugal, 2015.

GURGEL, C. E. M. R. **Secagem da polpa de graviola (*Annona muricata* L.) em camada de espuma - desempenho do processo e características do produto**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia Química. Programa de Pós-graduação em Engenharia Química. Natal, 2014.

HAMMAMI, C.; RENÉ, F. Determination of freeze-drying process variables for strawberries. **Journal of Food Engineering**, v. 32, p. 133-154, 1997. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(97\)00023-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(97)00023-X)

HEIM, K.E.; TAGLIAFERRO, A. R.; BOBILYA, D. J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. **J Nutr Biochem**, v.13, p.572-584, 2002.
[https://doi.org/10.1016/S0955-2863\(02\)00208-5](https://doi.org/10.1016/S0955-2863(02)00208-5)

HENDERSON, J. M.; HENDERSON, S. M. A computational procedure for deep-bed drying analysis. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 13, p. 87–95, 1968.
[https://doi.org/10.1016/0021-8634\(68\)90084-X](https://doi.org/10.1016/0021-8634(68)90084-X)

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Tabela de Composição de Alimentos**. 5ª ed. Rio de Janeiro - RJ: IBGE. 1999. p137.

IBRAF – Instituto Brasileiro de Frutas. **Panorama da Cadeia Produtiva das Frutas 2012 e Projeções para 2013**. Setembro/2013.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para análise de alimentos**. Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea, 4ª Ed., São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 1020.

JUNQUEIRA, N. T. V.; CUNHA, M. M. da; OLIVEIRA, M. A. S.; PINTO, A. C. de Q. **Graviola para exportação: aspectos fitossanitários**. Brasília: EMBRAPA, 1996. 67 p. (Publicações Técnicas Frupep; 22).

KANDASAMY, P.; VARADHARAJU, N.; KALEMULLAH, S.; MOITRA, R. Production of papaya powder under foam-mat drying using methyl cellulose as foaming agent. **Asian Journal of Food and Agro-Industry**. v.5, n. 5, p. 374-387, 2012.

KARIM, A. A.; CHEE-WAI, C. Characteristic of foam prepared from starfruit (L.) puree by using methyl cellulose. **Food Hydrocolloids**, v. 13, n. 2, p.203- 210, 1999.
[https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(98\)00086-1](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(98)00086-1)

KAYS, S. J. **Postharvest Physiology of Perishable Plant Products**, Van Nostrand Reinhold, New York. 1997.

KELMER, G. A. R.; NASCIMENTO, A. N.; OLIVEIRA, P. V. Determination of essential, non-essential, and potentially toxic elements in Graviola (*Annona muricata* L.) pulp by ICP OES and GF AAS. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, Campinas, v. 26, n. 10, p. 1981-1987, Oct. 2015. <http://dx.doi.org/10.5935/0103-5053.20150177>

KIM, D.; JEONG, S. W.; LEE, C. Y. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. **Food Chemistry, Barking**, v. 81, n. 3, p. 321-326, 2003.
[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00423-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00423-5)

KLINK, C.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, Boston, v. 19, n. 3, p. 707–713, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00702.x>

KROKIDA, M. K.; PHILIPPOPOULOS, C. Volatility of apples during air and freeze drying. **Journal of Food Engineering**, v. 73, p. 135-141, 2006.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.01.012>

KONKEL, F. E.; OLIVEIRA, S. M. R.; SIMÕES, D. R. S.; DEMIATE, I. M. Avaliação sensorial de doce de leite pastoso com diferentes concentrações de amido. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 24, n. 2, p. 249-254, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612004000200015>

KUDRA, T; RATTI, C. Foam-mat drying: Energy and cost analyses. **Canadian Biosystems Engineering**, v. 48, 2006.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; MORALES, M. T.; FETT, R. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.4, p.1283-1287, jul-ago, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782006000400037>

LEAL, R. C.; REIS, V. B.; LUZ, D. A. Avaliação de Parâmetros Físico-químico de Polpas Congeladas de Graviola Comercializada em Supermercados de São Luís – MA. **Cad. Pesq.**, São Luís, v. 20, n. 2, maio/ago. 2013. <http://dx.doi.org/10.18764/2178-2229.v20n2p76-80>

LE MOS, E. E. P. A produção de anonáceas no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 78-85, 2014. Edição especial. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452014000500009>

LEWIS, W. K. The rate of drying of solid materials. **Indian Chemical Engineer**, v.13, p. 427, 1921.

LIAPIS, A. I.; BRUTTINI, R.; Freeze Drying. Em: A. S. MUJUMDAR, **Handbook of Industrial Drying** (2007), 3a Ed. p. 257-281, 2007.

LIAPIS, A. I.; PIKAL, M. J.; BRUTTINI, R.; Research and development needs and opportunities in freeze drying. **Drying Technology**, v. 14(6), p. 1265-1300, 1996. <https://doi.org/10.1080/07373939608917146>

LIM, Y. Y.; LIM, T. T.; TEE, J. J. Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. **Food Chemistry**, v. 103, n. 3, p. 1003-1008, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.038>

LIMA, M. A. C. de; ALVES R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C. Avaliação da qualidade e da suscetibilidade ao escurecimento oxidativo de graviola (*Annona muricata* L.) durante a maturação pós-colheita. **Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.**, 46, 23-26. 2003a.

LIMA, M. A. de; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C. ENÉAS-FILHO, J. Comportamento respiratório e qualidade pós-colheita de graviola (*Annona muricata* L.) "Morada" sob temperatura ambiente', **Rev. Bras. Frut.**, 25, 49-52, 2003b. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452003000100015>

LIMA, M. A. C. de. O cultivo da gravioleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, vol. 26, n. 3. [on line]. 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452004000300001>

LIVERA, A. V. S. **Desenvolvimento e maturidade fisiológica da graviola ("Ammona muricata Linn")**. Recife, 1992. 78p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Centro de Ciências da Saúde. Departamento de Nutrição, Universidade Federal de Pernambuco, 1992.

LOKHANDE, S. M.; RANVEER, R. C.; SAHOO, A. K. Effect of microwave drying on textural and sensorial properties of grape raisins. **International Journal of ChemTech Research**, Vol.10 No.5, pp 938-947, 2017.

LOPES-LUTZ, D.; ALVIANO, D. S.; ALVIANO, C. S.; KOLODZIEJCZYK, P. P. Screening of chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia* essential oils. **Phytochemistry**, v. 69, n. 8, p.1732-1738, 2008.
<https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2008.02.014>

MACHADO, A. K. T.; GURGEL, C. E. M. R.; MEDEIROS, M. F. D. **Estudo de secagem das polpas de caju, goiaba, graviola e manga, pelo processo foam-mat, com e sem a adição de leite**. XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. Unicamp – Campinas – SP, 2015.

MACHADO, V. G. **Obtenção de Tomate em Pó por Atomização: Influência das Variáveis de Processo na Qualidade do Produto**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Departamento de Engenharia de Alimentos. Campinas, 2010.

MACLEOD, A. J.; PIERIS, N. M. Volatile flavor components of soursop (*Annona muricata*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 29, n. 3, p. 488–490, 1981.
<https://doi.org/10.1021/jf00105a012>

MAGALHÃES, R. S.; LIMA, R. M. F.; SOUZA H. A. O uso de micro-ondas para determinação de umidade de bauxita. **Revista Escola de Minas**. v.56, p. 255-259, 2003.
<https://doi.org/10.1590/S0370-44672003000400007>

MARCELLINI, P. S.; CORDEIRO, C. E.; FARAONI, A. S.; BATISTA, R. A.; RAMOS, A. L. D. E LIMA, A. S. Comparação físico-química e sensorial da atemóia com a pinha e a graviola produzidas e comercializadas no estado de Sergipe. **Alimentos e Nutrição**, v.14, n.2, p.187-189, 2003.

MARIANO-NASSER, F. A. C.; NASSER, M. D.; BOLIANI, A. C.; SANTOS, E. B. R.; MENDONÇA, V. Z. Physicochemical characterization of soursop fruits and jellies light and conventional. **Pesq. agropec. pernamb.**, Recife, v. 20, n. 1, p. 22-25, jan./dez. 2015.
<https://doi.org/10.12661/pap.2015.004>

MARQUES, G. M. R. **Secagem do caldo de cana em leito de espuma e análise sensorial do produto**. 2009. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga – BA.

MARQUES, L. G. **Liofilização de Frutas Tropicais**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 2008.

MARQUES, L. G.; FERREIRA, M. C.; FREIRE, J. T., Freeze-Drying of Acerola (*Malpighia glabra* L.), **Chemical Engineering and Processing**, v. 46, p. 451-457, 2007.
<https://doi.org/10.1016/j.cep.2006.04.011>

MARQUES, L. G.; PRADO, M. M.; FREIRE, J. T.; Rehydration characteristics of freeze-dried tropical fruits. **Food Science and Technology**, v. 42, p.1232-1237, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.02.012>

MARQUES, L. G.; SILVEIRA, A. M.; FREIRE, J. T. Freeze-drying characteristics of tropical fruits. **Drying Technology**, v. 24(1-7), p. 457-463, 2006. <https://doi.org/10.1080/07373930600611919>

MASKAN, M. Microwave/air and microwave finish drying of banana. **Journal of Food Engineering**, v. 44, p. 71-78, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00167-3](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00167-3)

MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M.; ALSEMO, G. C. S.; RODRIGUES, E.; GUEDES, M. A.; CAVALCANTI, A. S. R. R. M.; OLIVEIRA, C. C. A. Obtenção de Graviola em pó pelo processo de liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, Especial, v.7, n.2, p.165-172, 2005. <http://dx.doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v7n2p165-172>

MATSUURA, F. C. A. U. **Estudo do albedo de maracujá e de seu aproveitamento em barra de cereais**. 157f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, 2005.

MATSUURA, F. C. A. U.; ROLIM, R. B. Avaliação da adição de suco de acerola em suco de abacaxi visando à produção de um "blend" com alto teor de vitamina C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452002000100030>

MATTOS, L. L.; MARTINS, I. S. Consumo de fibras alimentares em população adulta. **Revista de Saúde Pública**, v. 34, n. 1, p. 50-55, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102000000100010>

MAZEPA, L. **Análise do perfil físico-químico, atividade antioxidante e atividades biológicas da espécie vegetal Annona x Atemoya mabb**. 117 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2014.

MEHRNOUSH, A.; TAN, C. P.; HAMED, M.; AZIZ, N. A.; LING, T. C. Optimisation of freeze drying conditions for purified serine protease from mango (*Mangifera indica* Cv. Chokanan) peel. **Food Chemistry**, v. 128, p. 158-164, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.012>

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques**, 4 nd ed., Boca Raton: CRC Press, 2007.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; ARAÚJO, C. R. Teor de fenólicos totais e capacidade antioxidante de polpas congeladas de frutas. **Alimentos e Nutrição**. Araraquara. v.19, n.1, p. 67-72, jan./mar. 2008.

MELO FILHO, A. B.; VASCONCELOS, M. A. **Química de alimentos**. 78 p., Recife: UFRPE, 2011.

MOIA, M. A. S. **Influência do congelamento no processo de liofilização**. Trabalho de Graduação, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 24 p., 1994.

MONTEIRO, R. L. **Secagem de Banana (Var. Prata) dm Campo de Micro-Ondas com Vácuo Contínuo ou Intermitente**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. Florianópolis, SC, 2014.

MONZÓ-CABRERA, J.; DÍAZ-MORCILLO, A.; CATALÁ-CIVERA, J. M.; DE LOS REYES, E. Heat flux and heat generation characterisation in a wet-laminar body in microwave-assisted drying: An application to microwave drying of leather. **International Communications in Heat and Mass Transfer**, v. 27, I. 8, p. 1101 – 1110, nov. 2000.
[https://doi.org/10.1016/S0735-1933\(00\)00197-4](https://doi.org/10.1016/S0735-1933(00)00197-4)

MORAES, M. O. B. **Caracterização química e determinação da atividade antioxidante em massa da graviola (*Annona muricata* L.)**. 61p. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2013.

MOREIRA, M. F. P. **Secagem de gel Agar**, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, p. 104, 2000.

MORITA, A. S.; GOIS, V. A.; PRAÇA, E. F.; TAVARES, J. C.; ANDRADE, J. C.; COSTA, F. B.; BARROS JÚNIOR, A. P.; SOUSA, A. H. Cristalização de melão pelo processo lento de açucaramento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 705-708, 2005.
<https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000300035>

MOSCA, J. L.; CAVALCANTE, C. E. B.; DANTAS, T. M. **Características botânicas das principais anonáceas e aspectos fisiológicos de maturação**. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, 2006, 28p.

MUJUMDAR, A. S. Principles, Classification and Selection of Dryers. Em MUJUMDAR, A. S. **Handbook of Industrial Drying**, 3a Ed. (2007), p. 4-31, 2007.

NASCIMENTO, R. S. M; CARDOSO, J. A; COCOZZA, F. D. M. Caracterização física e físico-química de frutos de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) no oeste da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.8, p. 856-860, 2014.
<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n08p856-860>

NEWELL, G.J.; MacFARLANE, J.D. Expanded tables for multiple comparison procedures in the analysis of ranked data. **Journal of Food Science**, 1987; 52(6);1721-1725.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb05913.x>

NIELSEN. **Pesquisa Nielsen Mostra que 45% da População Mundial troca Refeições por Lanches**, 2014. Disponível em < <http://www.nielsen.com/br/pt/insights/news/2014/Pesquisa-da-Nielsen-mostra-que-45-porcento-da-populacao-mundial-troca-refeicoes-por-lanches.html>>. Acesso em 13 de jun. de 2018.

NIELSEN. **A Retomada dos snacks no Consumo fora do lar**, 2016. Disponível em < <http://www.nielsen.com/br/pt/insights/news/2016/A-retomada-dos-snacks-no-consumo-fora-do-lar.html>>. Acesso em 13 de jun. de 2018.

NWOKOCHA, L. M.; WILLIAMS, P. A. New starches: physicochemical properties of sweetsop (*Annona squamosa*) and soursop (*Annona muricata*) starches. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 78, n. 3, p. 462-468, Oct. 2009.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.05.003>

OCHOA-MARTÍNEZ, C. I.; QUINTERO, P. T.; AYALA, A. A.; ORTIZ, M. J. Drying characteristics of mango slices using the Refractance Window™ technique. **Journal of Food Engineering**, 2012. P. 109, p. 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.09.032>

OLIVEIRA, A. K. S.; SILVA, A. S.; XAVIER, G. T.; WARTHA, E. R. S. A.; PAGANI, A. A. Secagem em leito de espuma de polpa de kiwi (*Actinidia deliciosa*). **CIAFIS – 2º Congresso Internacional de Atividade Física. Nutrição e Saúde**. UNIT – Universidade Tiradentes, set. 2016.

OLIVEIRA, D. S.; AQUINO, P. P.; RIBEIRO, S. M. R.; PROENÇA, R. P. C.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Health Sciences**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 89-98, 2011.
<http://dx.doi.org/10.4025/actascihealthsci.v33i1.8052>

OLIVEIRA JÚNIOR, A. M.; SOARES, D. S. C.; SANTOS, J. T. S.; NUNES, T. P. Avaliação de diferentes modelos de secagem para liofilização de mangabas maduras com diferentes diâmetros através de indicadores de desempenho. **Scientia Plena** v.12 n. 5, 2016.
<http://dx.doi.org/10.14808/sci.plena.2016.054210>

OVERHULTS, D. G.; WHITE, G. M.; HAMILTON, H. E.; ROSS, I. J. Drying soybeans with heated air, **Transactions of the ASAE**, v. 16, p. 112-113, 1973.
<https://doi.org/10.13031/2013.37459>

PAGE, G. E. **Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin-layer**. Purdue University, West Lafayette, IN, USA, 1949.

PAULL, R. E. Postharvest variation in composition of soursop (*Annona muricata* L.) fruit in relation to respiration and ethylene production. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 107, n.4, p. 582-585, 1982.

PAULL, R. E.; DEPUTY, J.; CHEN, N. J. Changes in organic acids, sugars, and headspace volatiles during fruit ripening of soursop. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 108, n. 6, p. 931-934, nov./dec. 1983.

PARTELLI, F. L.; TAKEUCHI, K. P.; NAVES, R. V.; CHAVES, L. J. Frutas do Cerrado: alternativa sustentável. **A Lavoura**, Rio de Janeiro, v. 113, n. 676, fev.2010.

PELIZER, L. H.; PONTIERI, M. H.; MORAES, I. O. Utilização de Resíduos Agro-Industriais em Processos Biotecnológicos como Perspectiva de Redução do Impacto Ambiental. **J. Tech. Manag. Innov.** v. 02, p. 118-127, 2007.

PIMENTA, L. P. S.; PINTO, G. B.; TAKAHASHI, J. A.; SILVA, L. G.; BOAVENTURA, M. A. Biological screening of Annonaceous Brazilian Medicinal Plants using *Artemia salina* (Brine Shrimp Test). **Phytomedicine**, Stuttgart, v. 10, n. 2-3, p. 209-212, Mar. 2003. <https://doi.org/10.1078/094471103321659960>

PINTO, A. C. Q. Taxonomy and botany. In: PINTO, A. C. de Q.; CORDEIRO, M. C. R.; de ANDRADE, S. R. M.; FERREIRA, F. R.; FILGUEIRAS, H. A. de C.; ALVES, R. E.; KINPARA, D. I. **Annona species**. Southampton: International Centre for Underutilised Crops, 2005. p. 3-18.

PINTO, A. C. Q.; RAMOS, V. H. V.; RODRIGUES, A. A. Aspectos botânicos. In: OLIVEIRA, M. A. S (ed.). **Graviola**. Produção: aspectos técnicos. Embrapa Cerrados (Planaltina, DF). Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2001. p. 10-12 (Frutas do Brasil; 15).

PUA, C. K., HAMID, N. S. A., TAN, C. P., MIRHOSSEINI, H., RAHMAN, R. A., & RUSUL, G.(2008). Storage stability of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) poder packaged in aluminium laminated polyethylene and metallized co-extruded biaxially oriented polypropylene during storage. **Journal of Food Engineering**, 89,p.419-428, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.05.023>

RAJKUMAR, P.; KAILAPPAN, R.; VISWANATHAN, R.; RAGHAVAN, G. S. V. Drying characteristics of foamed alphonso mango pulp in a continuous type foam mat dryer. **J. Food Eng.**, v. 79, p.1452-1459, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.04.027>

RAMFUL, D.; TARNUS, E.; ARUOMA, O. I.; BOURDON, E.; BAHORUN, T. Polyphenol composition, vitamin C content and antioxidant capacity of Mauritian citrus fruit pulps. **Food Research International**, v.44, p.2088-2099, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.056>

RATTI, C. Shrinkage during drying of foodstuffs. *Journal of Food Engineering*, v. 23 (1), p. 91-105, 1994. [https://doi.org/10.1016/0260-8774\(94\)90125-2](https://doi.org/10.1016/0260-8774(94)90125-2)

RATTI, C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p.311-319, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00228-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00228-4)

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2015.

REY, L. Fundamental aspects of lyophilization. Em: **Aspects Théoriques et Industriels de la Lyophilization**. Paris, Hermann, p. 23-43, 1964.

RIBEIRO, E. **Eventos esportivos vão ajudar a impulsionar mercado de salgadinhos**. Março de 2014. Disponível em: <<http://brasileconomico.ig.com.br/negocios/2014-03-31/eventos-esportivos-vaio-ajudar-a-impulsionar-mercado-de-salgadinhos.html>>. Acesso em 23 de jun. de 2018.

ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE, G. M.(2007) Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciênc. Tecnol.**

Aliment., Campinas, 27(10): 53-60, jan.-mar. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612007000100010>

SACRAMENTO, C. K.; FARIA, J. C.; CRUZ, F. L.; BARRETO, W. S.; GASPAR, J. W.; LEITE, J. B. V. Caracterização física e química de frutos de três tipos de gravioleira (*Annona muricata* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 2, p. 329-331, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452003000200037>

SACRAMENTO, C. K.; MOURA, J. I. L.; COELHO JUNIOR, E. Graviola. In: SANTOS-SEREJO, J. A. et al. (eds.). **Fruticultura tropical: espécies regionais e exóticas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 95-132.

SALGADO, S. M.; GUERRA, N. B.; MELO FILHO, A. B. Polpa de fruta congelada: 217 efeito do processamento sobre o conteúdo de fibra alimentar. **Revista de Nutrição**, 218 v.12, n.3, p.303-308, 1999. <https://doi.org/10.1590/S1415-52731999000300009>

SANKAT, C. K.; CASTAIGNE, F. Foaming and drying behavior of ripe bananas. **Food Science and Technology**, v.37, n. 5, p. 517-525, 2004. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(03\)00132-4](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(03)00132-4)

SANTOS, A. A. **Efeito de diferentes tipos de farinhas na elaboração de snacks**. Monografia - Universidade Federal do Maranhão. Imperatriz, 2018.

SANTOS, D. C.; MOREIRA, A. S.; OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, Y. M. G. Elaboração de bebida tipo néctar de graviola adoçada com mel de *Apis mellifera*. **Revista Caatinga**, Mossoró- RN, v. 27, n. 4, p. 216-225, 2014.

SANTOS, J. R.; BOÊNO, J. A. Muffins isentos de glúten e lactose desenvolvidos com resíduo de polpa de graviola. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 3, n. 3, p. 42-51, jul./set. 2016. <https://doi.org/10.32404/rean.v3i3.1207>

SÃO JOSÉ, A. R.; PIRES, M. M.; FREITAS, A. L. G. E.; RIBEIRO, D. P.; PEREZ, L. A. A. Atualidades e perspectivas das anonáceas no mundo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 86-93, 2014. Edição especial. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452014000500010>

SCHAITD, A. L. **Produção e caracterização de snacks de abacaxi com amido pré-gelatinizado**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2018.

SCHIFFMANN, R. F. Microwave and Dielectric Drying. Em: MUJUMDAR, A. S., **Handbook of Industrial Drying** (2007), 3a Ed., p. 285– 305, 2007.

SEGURA, E.; MONROY, L. A.; MANRIQUE, G. Aplicacion de la tecnologia de deshidratacion por el metodo de secado de espumas (Foam-mat) em jugos de frutas tropicales II (naranja, piña, mora y maracuyá). **Revista Colombiana de Ciências Químico-Farmacéuticas**, n.18, p.47-52, 1990.

SHARMA, R.; YADAV, K. C. Study on Effect of Microwave Drying on Drying and Quality Characteristics of Guava (*Psidium guajava*). **International Journal of Scientific Engineering and Technology**. v.6, P.150-154, 2017. <https://doi.org/10.5958/2277-1581.2017.00007.9>

SILVA, A. C. M. **Compostos Bioativos da polpa, casca e folhas da gravioleira sob diferentes métodos de secagem**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga, 2016.

SILVA, A. S.; GURJÃO, K. C. O.; ALMEIDA, F.A. C.; BRUNO, R. L. A.; PEREIRA, W. E. Desidratação de polpa de tamarindo pelo método de camada de espuma. **Ciência Agrotecnologia**, v.32, n.6, p. 1899-1905, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000600032>

SILVA, F. A.; MARSAIOLI JR. Aspecto econômico de um processo de secagem de amêndoas de castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) assistida a micro-ondas. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.5, p.157-167, 2003.

SILVA, J. A.; JUNQUEIRA, N. T.; ANDRADE, L. R. M. **Frutas do cerrado**. Brasília: Embrapa, Informação Tecnológica, 2001. 178 p.

SILVA, N. C. **Desidratação de resíduos do processamento de maracujá-amarelo por diferentes metodologias**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia. Faculdade de Engenharia Química. Programa de Pós-graduação em Engenharia Química. Uberlândia, 2015.

SILVA, P. B. **Secagem de Resíduos de Frutas em Secador Roto-Aerado**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2014.

SINGH, R.P.; HELDMAN, D.R. **Introduction to Food Engineering**. 4 ed., San Diego: Academic Press, 2009.

SINGLETON, V. L.; ROSSI JR., J. A. Colorimetry of total phenolics with Phosphomolybdic-Phostungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, 1965, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SOARES, E. C.; OLIVEIRA, G. S. F.; MAIA, G. A.; MONTEIRO, J. C. S.; SILVA Jr., A. S.; FILHO, M. S. Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) pelo processo foam-mat. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas-SP, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612001000200008>

SOARES, F. P.; PAIVA, R.; NOGUEIRA, R. C.; STEIN, V. C.; SANTANA, J. R. F. **Marolo: uma frutífera nativa do cerrado**. Lavras: UFLA, 2009. p. 1-17. (Boletim Técnico, 82).

SOBRAL, I. A.; ALVES, K. P.; SANTANA, E. R.; ANDRADE-WARTHA, E. R.; CAMPOS, F. M. Farinha de Graviola: Caracterização Química e Valor Nutricional. **Nutrire**, v. 36, n. Suplemento, p. 69-69, 2011.

SOBRINHO, R. B. **Potencial de exploração de anonáceas no Nordeste do Brasil**. 17ª Semana da Fruticultura, Floricultura e Agroindústria. Embrapa Agroindústria Tropical. Fortaleza-CE. 2010.

SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. A. P.; QUEIROZ, F.; BORGES, S. V.; CARNEIRO, J. D. S. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, v. 134, n. 1, p.381-386, 2012.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.191>

SOUZA, L. C. **Caracterização e Propriedades Bioativas de Polpa de Graviola, Resíduo in natura e Desidratado**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. Campus de Itapetinga – BA. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências de Alimentos. Itapetinga, 2015.

SOUZA, L. C., SÃO JOSÉ, A. R., BOMFIM, M. P., DA SILVA, M. V., PORTO, J. S. **Caracterização de polpa e resíduos de graviola**. In: Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças, 001. Anais 1º Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças, Maio de 2015. Aracaju-SE.

STONE, H. S.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 3rd ed. San Diego: Elsevier, 2004.

SUN, J.; CHU, Y. F.; WU, X.; LIU, R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. **J Agric Food Chem**, v.50, p.7449–7454, 2002.
<https://doi.org/10.1021/jf0207530>

TACO, **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos** – 4ª Edição, NEPA-UNICAMP, p.164, 2011.

TADINI, C. C.; TELIS, V. R. N.; MEIRELLES, A. J. A.; FILHO, P. A. P. **Operações Unitárias na Indústria de Alimentos**; 1º Edição; Volume 2; Rio de Janeiro; Editora LTC; 2016.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E. M.; BARBETTA, P. A. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: UFSC, 1987. 180 p.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. **Journal of Food Engineering**, 88, 411 e 418, 2008.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.02.029>

TUCKER, G. A. 'Introduction', in SEYMOUR, G. B.; TAYLOR J. E.; TUCKER G. A. **Biochemistry of Fruit Ripening**, London, Champman & Hall, pp. I-51, 1993.
https://doi.org/10.1007/978-94-011-1584-1_1

UMME, A., BAMBANG, S.S., SALMAH, Y, JAMILAH, B. Effect of pasteurisation on sensory quality of natural soursop puree under different storage conditions. **Food Chemistry**, v .75. p. 293-301, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00151-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00151-0)

VADIVAMBAL, R.; JAYAS, D. S. Non-uniform temperature distribution during microwave heating of food materials — A review. **Food and Bioprocess Technology**, v. 3, p. 161–171, 2010. <https://doi.org/10.1007/s11947-008-0136-0>

VASCO, C. **Phenolic compounds in Ecuadorian fruits**. Tese de Doutorado. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala, 2009.

VENKATESH, M. S.; RAGHAVAN, G. S. V. An Overview of Microwave Processing and Dielectric Properties of Agri-food Materials, **Biosystems Engineering**, v. 88(1), p. 1-18, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.01.007>

VIEIRA, R. F.; COSTA, T. S. A.; SILVA, D. B.; SANO, S. M. Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**. Brasília – DF, 2006.

VIEIRA, V. C. R.; SILVA, M. G. C.; FERREIRA, A. L. de R.; PRIORE, S. E.; SAMPAIO, H. A. de C.; SABRY, M. O. D. Hábitos alimentares e consumo de lanches. **Nutrição em Pauta**, n. 46, p.14-20, 2001.

VIGANÓ, J. **Propriedades termodinâmicas de adsorção de água e cinética de secagem de subprodutos da industrialização de abacaxi (*Ananás comosus* L.) – Casca e cilindro central**. 2012. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São Paulo, 2012.

VOLLMER, M. Physics of the microwave oven. **Physics Education**. v. 39, p. 74–81, 2004. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/39/1/006>

WATANABE, H. S.; OLIVEIRA, S. L.; CAMARA, F. M.; ALMEIDA, G. V. B.; ALVES, A. A. Perfil de comercialização das anonáceas nas Ceasas brasileiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 65-70, 2014. Edição especial. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452014000500007>

WILLS, R. B. H.; MCGLASSON, W. B.; GRAHAM, O.; JOYCE, O. C. **Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit**, Vegetables and Ornamentals, Wallingford, New South Wales University Press, 2007.

ZAREIN, M.; SAMADI, S. H.; GHOBADIAN, B. Investigation of microwave dryer effect on energy efficiency during drying of apple slices. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 14, p. 41-47, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2013.06.002>

ZELAYA, M. P. O papel da adesão e de amidos resistentes em *snacks* e cereais. **Food Ingredients**, São Paulo, v. 11, n. 9, 2000.

ZHANG, M.; TANG, J.; MUJUMDAR, A. S.; WANG, S. Trends in microwave-related drying of fruits and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v. 17, p. 524–534, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.04.011>

ZOTARELLI, M. F. **Produção e Caracterização de Manga Desidratada em Pó por Diferentes Processos de Secagem**. 165 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2014.