

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

WANESSA ELAINE DA SILVA OLIVEIRA

**DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS PARA A SECAGEM EM CAMADA
DE ESPUMA (*FOAM-MAT DRYING*) DAS FOLHAS DA ARRUDA (*Ruta
graveolens* L.)**

JOÃO PESSOA

2019

**DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS PARA A SECAGEM EM CAMADA
DE ESPUMA (*FOAM-MAT DRYING*) DAS FOLHAS DA ARRUDA (*Ruta
graveolens* L.)**

Trabalho Final de Curso apresentado a
Universidade Federal da Paraíba - UFPB, como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Química.

Orientadora: Profa. Dra. Josilene de Assis
Cavalcante.

JOÃO PESSOA

2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

O48d Oliveira, Wanessa Elaine da Silva.

DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS PARA A SECAGEM EM CAMADA DE
ESPUMA (FOAM-MAT DRYING) DAS FOLHAS DA ARRUDA (*Ruta*
graveolens L.) / Wanessa Elaine da Silva Oliveira. -
João Pessoa, 2019.

64 f. : il.

Orientação: Josilene de Assis Cavalcante.
Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Plantas medicinais. 2. Estabilidade. 3. Agente
espumante. I. Cavalcante, Josilene de Assis. II. Título.

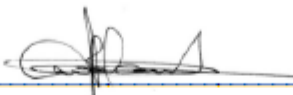
UFPB/BC

WANESSA ELAINE DA SILVA OLIVEIRA

**DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS PARA A SECAGEM EM
CAMADA DE ESPUMA (FOAM-MAT DRYING) DAS FOLHAS DA
ARRUDA (Ruta graveolens L.)**

Trabalho Final de Curso apresentado ao
Departamento de Engenharia Química da
Universidade Federal da Paraíba, avaliado e
considerado adequado como parte das
exigências para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Química.

Aprovado em 31 de outubro de 2019.



Profa. Dra. Josilene de Assis Cavalcante (Orientadora)
Universidade Federal da Paraíba



Dra. Clediana Dantas Calixto (Examinadora)
Universidade Federal da Paraíba



Enga. Tatiana Dias Romão (Examinadora)
Universidade Federal da Paraíba

Dedico este trabalho à minha avó Maria de Lourdes, meu tio avô Solon Marcelino e a minha mãe Elizângela Rocha por todo apoio e incentivo tornando possível a realização desse sonho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e ao universo por me permitirem viver, chegar até aqui e me guiarem sempre, certamente não sou mais a mesma pessoa que iniciou este curso e sou imensamente grata pelo modo como tudo aconteceu.

À minha mãe Elizângela Rocha que esteve ao meu lado nos momentos mais difíceis da minha vida, cuidando da minha saúde, me incentivando a seguir em frente, torcendo por mim e se alegrando com as minhas conquistas.

À minha avó Maria de Lourdes e ao meu tio avô Solon Marcelino que não estão mais presentes fisicamente, mas que foram sempre os maiores incentivadores dos meus estudos, apoiando os meus sonhos, dando-me condições para estudar, sem eles nada disso seria possível. Sempre serei grata por tudo o que fizeram por mim!

Ao Gabriel por toda amizade, companheirismo e apoio nos momentos mais difíceis. Esteve ao meu lado nas piores crises e nos momentos mais divertidos.

Aos amigos que fiz durante a graduação Elielson, Lucas, Talita, Natan e Ailson agradeço por todos os momentos que compartilhamos.

À professora Josilene de Assis Cavalcante por toda orientação durante o trabalho e por tanta preocupação e carinho comigo, sempre disposta a me ouvir e apoiar, até mesmo com meus problemas pessoais.

À Tatiana Dias Romão, parceira de laboratório que me auxiliou a todo momento durante a pesquisa e tornou tudo mais fácil com seu bom humor.

À Clediana Dantas Calixto, técnica do laboratório de termodinâmica, sempre pronta a sanar qualquer dúvida e ajudar com o que fosse necessário.

Aos colegas do Laboratório de Termodinâmica por toda ajuda nas dúvidas e momentos compartilhados.

Por fim agradeço a mim, pois diante de tantas dificuldades consegui persistir e continuar seguindo em frente em busca de dias melhores.

“Na vida, não vale tanto o que temos, nem tanto importa o que somos. Vale o que realizamos com aquilo que possuímos e, acima de tudo, importa o que fazemos de nós! ”

(Chico Xavier)

RESUMO

O Brasil é um país, no qual o uso de plantas medicinais para curar enfermidades é cultural e transmitido de geração em geração. A arruda é uma planta medicinal que está presente em várias regiões do Brasil e que possui diversas atividades biológicas comprovadas como: antitumoral, antifúngica, anti-inflamatória entre outras. Para utilização da planta na indústria farmacêutica é importante que seja realizado um tratamento com finalidade de aumentar a vida útil da planta, conservando suas propriedades biológicas. A secagem é uma operação que costuma ser utilizada para conservação de alimentos e produtos medicinais e atua reduzindo a atividade de água do material, inviabilizando assim o crescimento microbiano. A desidratação em camada de espuma pode ser utilizada para sucos e até purês, em geral é mais eficiente que a secagem convencional, visto que os poros presentes na espuma facilitam a transferência de calor e massa secando o material em menor tempo. Desta forma o presente trabalho investigou as melhores condições para a secagem em camada de espuma das folhas de arruda, tendo em vista que na literatura há escassez de informações sobre este assunto. Para esse estudo foram utilizadas folhas da arruda e testados os emulsificantes Emustab®, Portogel® e pó de juá para a definição das concentrações e tempos de agitação para formação da espuma. Para a espuma formada foram feitas análises físicas (densidade; percentual de expansão e incorporação de ar e estabilidade) e físico-químicas (pH e acidez). O Portogel® foi definido como melhor agente espumante e a faixa operacional para a secagem em camada de espuma foi definida para as três variáveis: concentração de espumante (2%, 4% e 6% com relação à massa de suco ou 8%, 10% e 12% com relação à massa de folhas); tempo de agitação (3 min, 5 min e 7 min) e temperatura (50 °C, 60 °C e 70 °C). As espumas formadas apresentaram redução significativa da densidade, chegando a 91,02% (exp. 7), com relação suco e estabilidades satisfatórias com volume máximo drenado de 6,5 mL (exp. 1). Não foram constatadas grandes variações de pH e acidez entre suco e espumas.

Palavras-chave: plantas medicinais; estabilidade; agente espumante.

ABSTRACT

Brazil is a country in which the use of medicinal plants to cure diseases is cultural and transmitted from generation to generation. The arruda is a medicinal plant that is present in several regions of Brazil and that has several proven biological activities such as: antitumor, antifungal, anti-inflammatory among others. For the use of the plant in the pharmaceutical industry it is important that a treatment is performed with the purpose of increasing the useful life of the plant, preserving its biological properties. Drying is an operation that is usually used to preserve food and medicinal products and acts by reducing the water activity of the material, thus preventing microbial growth. The dehydration in foam-mat can be used for juices and even purees, in general it is more efficient than the conventional drying, considering that the pores present in the foam facilitate the transfer of heat and mass, drying the material in less time. Thus, the present study investigated the best conditions for drying the arruda leaves in a foam-mat, considering that there is scarcity of information on the subject in the literature. For this study, the arruda leaves was used and the emulsifiers Emustab®, Portogel® and juá powder were tested to define the concentrations and agitation times for foam formation. Physical (density; percentages of expansion and incorporation of air and stability) and physical-chemical (pH and acidity) analyses were made for the foam formed. Portogel® was defined as the best foaming agent and the operational range for foam-mat drying was defined for the three variables: foaming concentration (2%, 4% and 6% in relation to the mass of juice or 8%, 10% and 12% in relation to the mass of leaves); mixing time (3 min, 5 min and 7 min) and temperature (50 °C, 60 °C and 70 °C). The formed foams presented a significant reduction in density, reaching 91.02% (exp. 7) in relation to the juice and satisfactory stabilities with a drained maximum volume of 6.5 mL (exp. 1). There were no significant variations in pH and acidity between juice and foams.

Keywords: medicinal plants; stability; foaming agent.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Folhas da arruda in natura	17
Figura 2 - Esquema de secagem em camada de espuma.....	23
Figura 3 - Esquema de drenagem por capilaridade na espuma	24
Figura 4 - Fluxograma do processo.	28
Figura 5 - Arruda in natura.....	28
Figura 6 - Folhas higienizadas e selecionadas de arruda	29
Figura 7 - Provetas com espuma em triplicata utilizadas para a determinação da densidade da espuma.....	33
Figura 8 - Esquema de análise de over run (a) suco antes da agitação em batedeira e (b) espuma formada após a agitação em batedeira.....	34
Figura 9 - Sistema montado em triplicata para estudo das estabilidades das espumas produzidas	35
Figura 10 - Análise de pH para espumas diluídas.	36
Figura 11 - Análise de acidez com solução de hidróxido de sódio 0,1 M.	37
Figura 12 - Espumas formadas com 15% de folhas de arruda e 10% (em relação à massa de folhas) de emulsificante (a) Portogel®, (b) Emustab® e (c) pó de juá.	38
Figura 13 - Espumas produzidas referentes aos pontos mínimo (A), médio (B) e máximo (C) a partir de 50 g de folha.....	39
Figura 14 - Valores para densidades das espumas nas diferentes condições experimentais.	41
Figura 15 – Dados da expansão de espuma de folhas da arruda em diferentes condições experimentais.....	42
Figura 16 - Valores de <i>over run</i> resultantes das diferentes condições experimentais aplicadas.	44
Figura 17 - Análise de over run em diferentes condições: (1) 2% e 3 min; (3) 6% e 3 min (5) 2% e 7 min; (9) 4% e 5 min e (7) 6% e 7 min.	45
Figura 18 - Comportamento do volume de líquido drenado para a 50 °C	46
Figura 19 - Comportamento do volume de líquido drenado para 70 °C.....	47
Figura 20 - Comportamento do volume de líquido drenado para 60 °C.....	47
Figura 21 - Comparação entre estabilidades.	48

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. OBJETIVO GERAL.....	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1. PLANTAS MEDICINAIS – FITOTERÁPICOS.....	15
3.2. ARRUDA (<i>RUTA GRAVEOLENS</i> L.)	17
3.3. SECAGEM DE ALIMENTOS	20
3.3.1. Mecanismo de secagem.....	21
3.3.2. Métodos de Secagem.....	21
Liofilização.....	21
Atomização	22
Secagem convencional (leito fixo)	22
Secagem em camada de espuma.....	22
3.4. ESPUMA.....	24
3.5. ADITIVOS	25
3.5.1. Emustab®	26
3.5.2. Pó do Juá.....	26
3.5.3. Portogel®.....	27
3.6. SECAGEM DE ARRUDA (<i>Ruta graveolens</i> L.)	27
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
4.1. MATÉRIA-PRIMA.....	28
4.2. SELEÇÃO E HIGIENIZAÇÃO DAS FOLHAS	29
4.3. PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL	29
4.4. FORMAÇÃO DE ESPUMA	30

4.5. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SUCO	31
4.5.1. Densidade do suco	31
4.5.2. Determinação do potencial hidrogeniônico (pH) do suco	32
4.5.3. Determinação da acidez total titulável (ATT) do suco.....	32
4.6. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ESPUMA.....	32
4.6.1. Densidade da espuma	32
4.6.2. Percentual de expansão da espuma	33
4.6.3. Capacidade de incorporação de ar (<i>over run</i>).....	34
4.6.4. Estabilidade da espuma	35
4.6.5. Teor de umidade	36
4.6.6. Determinação do potencial hidrogeniônico (pH) da espuma.....	36
4.6.7. Determinação da acidez total titulável (ATT) da espuma	37
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
5.1. FORMAÇÃO DE ESPUMA	38
5.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SUCO	39
5.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E FÍSICO-QUÍMICA DA ESPUMA	40
5.3.1. Densidade da espuma	40
5.3.2. Percentual de expansão da espuma	42
5.3.3. Capacidade de incorporação de ar (<i>over run</i>).....	43
5.3.4. Estabilidade das espumas	45
5.3.5. Determinação físico-química da espuma.....	48
6. CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS.....	51

1. INTRODUÇÃO

A utilização de plantas para finalidades medicinais ocorre desde as tribos primitivas (LEITE, 2018), no entanto não havia comprovação dos benefícios. Com o passar do tempo esse conhecimento foi sendo confirmado a partir de pesquisas científicas e novas espécies de plantas medicinais foram descobertas. Atualmente as propriedades curativas de plantas são amplamente investigadas e exploradas pela indústria farmacêutica (CARVALHO, 2008).

Segundo o Ministério da Saúde é estimado que ao menos 25% de todos os medicamentos modernos são derivados diretamente ou indiretamente de plantas medicinais, principalmente por conta da aplicação de tecnologias modernas ao conhecimento tradicional (BRASIL, 2012).

O uso de plantas medicinais no Brasil é comum entre a população, em muitas comunidades o conhecimento acerca dessas plantas é o único recurso medicinal, principalmente nas comunidades rurais e indígenas. Geralmente o conhecimento adquirido pela população sobre esse tipo de terapia acontece por meio da tradição oral, ou seja, passado de geração para geração (BRANDÃO, 2016).

A arruda (*Ruta graveolens* Linneau) é uma planta que está presente em diversas regiões do Brasil e possui diferentes denominações de acordo com o local. Possui forte odor característico, folhas de cor verde-azulada e é originária do sul da Europa, norte da África e oeste da Ásia (BRASIL, 2015). Essa planta é muito utilizada para alívio de cólicas menstruais e dores de cabeça (ORLANDA, 2011). Possui atividades biológicas já descritas na literatura como: antifúngica, antibacteriana, anti- inflamatória, antitumoral entre outras (RIBEIRO, 2016; RIBEIRO, 2014).

Uma forma de conservar as plantas medicinais para aplicação na indústria farmacêutica é por meio da secagem, tendo em vista que a planta in natura tem curto período de vida útil e a indústria possui grandes demandas (GONELI, 2014). A secagem também proporciona concentração das substâncias e redução do volume, gerando produtos de alta qualidade e reduzindo os custos com transporte e embalagem (GURGEL, 2014).

O método de secagem por camada de espuma (*foam-mat-drying*) pode ser aplicado para sucos e purês, pois os poros formados na espuma, permitem

transferências de calor e massa mais eficientes que a secagem convencional, possibilitando assim que a secagem ocorra em menor tempo e com temperaturas mais baixas, o que gera economia de energia e permite a conservação das propriedades farmacológicas da planta (GURGEL, 2014; SILVA FILHO et al., 2016).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Determinar as melhores condições para a secagem em camada de espuma (*foam-mat drying*) das folhas da arruda.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Testar três tipos de emulsificantes quanto a capacidade de formação da espuma e definir a concentração do agente espumante e tempo de agitação a partir do planejamento experimental;
- Caracterizar fisicamente a espuma da folha arruda em termos de densidade, expansão, capacidade de incorporação de ar e
- Realizar análise de pH e acidez do sucoda arruda e da sua respectiva espuma.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. PLANTAS MEDICINAIS – FITOTERÁPICOS

De acordo com a RDC nº 26/2014, resolução vigente da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) do Ministério da Saúde, planta medicinal é a espécie vegetal, cultivada ou não, utilizada com propósitos terapêuticos e fitoterápico. É um produto obtido de matéria-prima ativa vegetal, com o propósito profilático, curativo ou paliativo, incluindo medicamento fitoterápico e produto tradicional fitoterápico, podendo ser simples, quando o ativo é originário de apenas uma espécie vegetal medicinal, ou composto, quando o ativo é originário de mais de uma espécie vegetal (ANVISA, 2014).

Um aspecto que deve ser analisado é que a planta só apresenta valor medicinal, quando é administrada de forma correta, devido ao risco de intoxicação e surgimento de diversos efeitos colaterais (CARNEIRO et al., 2014). As plantas produzem diversas substâncias (metabólitos secundários) que geralmente estão relacionados a mecanismos de proteção contra predadores e patógenos. As plantas consideradas tóxicas são aquelas que produzem compostos que podem causar alterações metabólicas prejudiciais aos homens e animais. A toxicidade está ligada a fatores associados ao indivíduo, à planta, a maneira de exposição e também a questões ambientais (CAMPOS et al., 2016). Por isso é importante conhecer as características da planta, assim como as quantidades que devem ser administradas, a fim de evitar problemas com intoxicação.

A maioria dos recursos biológicos aplicados em tratamentos da saúde nos sistemas médicos tradicionais é obtida a partir de vegetais, que podem ser empregados inteiros ou fragmentados (ALMEIDA NETO, BARROS e SILVA, 2015). De acordo com o Ministério da Saúde é estimado que ao menos 25% de todos os medicamentos modernos são derivados diretamente ou indiretamente de plantas medicinais, principalmente por conta da aplicação de tecnologias modernas ao conhecimento tradicional (BRASIL, 2012). Acredita-se que o cuidado realizado por meio das plantas medicinais seja favorável à saúde humana, desde que o usuário tenha conhecimento prévio de sua finalidade, riscos e benefícios (BADKE et al., 2012).

O poder de cura das plantas medicinais é tão antigo quanto o surgimento da espécie humana na Terra. As primeiras civilizações perceberam desde cedo que algumas plantas continham substâncias, princípios ativos, capazes de aliviar sintomas e curar

enfermidades (LEITE, 2018; BADKE et al., 2011). O uso de remédios à base de ervas remonta às tribos primitivas, nas quais as mulheres eram encarregadas da extração de princípios ativos das plantas com a finalidade de utilizá-los na cura das doenças (FIRMO, 2011).

No Brasil a utilização de ervas medicinais era praticada pelos índios. Com a chegada dos colonizadores europeus esse conhecimento foi dividido e somado à ciência, acerca de medicamentos, que os europeus já possuíam. Devido à falta de medicamentos na colônia, os colonizadores necessitaram aprender sobre as plantas medicinais utilizadas pelos nativos. O conhecimento trazido pelos africanos também foi muito importante para compor todo o saber e tradição sobre ervas medicinais que existe hoje no Brasil (BRAGA, 2011).

O uso de plantas medicinais apresenta inúmeras vantagens para a população consumidora como: simplicidade do tratamento, baixo custo, fácil acesso e eficácia. Devido a isso, ainda nos dias de hoje essas plantas são utilizadas de forma marcante (BRANDÃO, 2016).

Segundo Fonseca (2012) o Brasil possui a maior diversidade genética vegetal do mundo, com aproximadamente 55 mil espécies catalogadas (de um total estimado entre 350 mil e 550 mil). Além disso no país existe grande tradição do uso das plantas medicinais, atrelada ao saber popular transmitido entre gerações. No entanto, apesar da riqueza da flora brasileira, nos últimos vinte anos o número de informações sobre plantas medicinais tem crescido apenas 8% anualmente.

No Brasil cerca de 82% da população utiliza produtos à base plantas medicinais nos cuidados pessoais com a saúde, seja por meio do conhecimento da medicina tradicional indígena/quilombola, transmitidos por seus antepassados, ou nos sistemas oficiais de saúde (BRASIL, 2012). De acordo com levantamento feito por Perfeito (2012), existem 382 medicamentos fitoterápicos com registro sanitário válido no Brasil, sendo 357 medicamentos fitoterápicos simples e 25 compostos ou em associação, originários de 98 espécies vegetais.

Apesar de não existir dados oficiais atualizados, Carvalho et al. (2008) estima que esse mercado movimentava aproximadamente US\$ 160 milhões por ano no Brasil e afirma que as vendas internas de fitoterápicos tem crescido 15% ao ano, contra 4% das vendas de medicamentos sintéticos. Em toda a cadeia produtiva, o setor de medicamentos fitoterápicos movimentava anualmente em torno de R\$ 1 bilhão. Segundo

Lima-Saraiva et al. (2015) estima-se que medicamentos fitoterápicos alcançaram no ano de 2010, 15% da fatia do mercado, movimentando cerca de US\$ 2 bilhões em vendas por ano. Ervas medicinais, preparações fitoterápicas e produtos naturais isolados representam um mercado que movimenta bilhões de dólares, tanto em países industrializados, como em países em desenvolvimento.

De acordo com Goneli et al. (2014) cresce a necessidade de se estudar as vantagens do processo de secagem de plantas medicinais, visando a uma melhor qualidade do produto final. De maneira geral, as ervas medicinais são colhidas com um alto teor de água e por conta disso existem muitas perdas após a colheita devido à dificuldade de conservação, dessa forma torna-se importante para a manutenção da qualidade das plantas e redução de perdas, que o teor de água seja reduzido, sendo a secagem o processo mais utilizado para este fim.

3.2. ARRUDA (*RUTA GRAVEOLENS* L.)

A arruda (Figura 1) é uma planta da família *Rutaceae* e possui diferentes nomes populares nas diferentes regiões do Brasil: arruda, arruda-fedorenta, ruda, ruta- de-cheiro-forte entre outros. É originária de regiões como o sul da Europa, norte da África e extremo oeste da Ásia, mas já se encontra distribuída pelo globo (BRASIL, 2015). A denominação do gênero *Ruta* vem do grego *Rute*, originado de Ruesthai, que significa salvador, qualidade que se refere ao poder curativo da planta (FERREIRA, 2018).

Figura 1 - Folhas da arruda in natura



Fonte: Ervas (201-?).

Essa planta é considerada um subarbusto perenifólio com caule entre 0,5 e 1 metro de altura, suas folhas possuem entre 12 e 15 mm de comprimento e têm glândulas oleíferas de onde exala o forte odor balsâmico característico da arruda, é geralmente utilizada com finalidades medicinais. As folhas têm cor que varia entre o verde-azulado e verde-escuro apresentando sabor amargo e as flores são amarelas (LIMA, 2018; BRASIL, 2015).

Na medicina popular, a arruda é conhecida como uma planta com poderes mágicos, é usada pela humanidade desde a antiguidade em rituais de proteção, principalmente em crianças contra o mal olhado, desordens menstruais, inflamações dermatológicas, câimbras, dor de ouvido e dente (ORLANDA, 2011). Por suas propriedades a arruda é bastante utilizada para: calmante, aliviar cólicas menstruais e moléstias digestivas, dores de cabeça e enjoos, eliminar vermes, tratar varizes e problemas circulatórios, evitar queda de cabelo e reduzir hemorragias (GONZÁLEZ, 2010).

A arruda possui propriedades biológicas importantes e apresenta-se como fonte de metabólitos secundários (princípios ativos). As folhas de arruda são compostas por resinas, goma, furanocumarinas, flavonoides, alcaloides, ácidos orgânicos, alantoína, saponinas triterpênicas, mucilagem e taninos. Nesta planta, os flavonoides mais importantes são a rutina e a quercetina, mas outros flavonoides também são encontrados. Estes metabólitos secundários são responsáveis por várias propriedades biológicas da arruda como: atividade anti-inflamatória, antitrombogênica, antitumoral, cardio e vaso protetora, entre outras (FERRAZ et al., 2018; LIMA, 2018; RIBEIRO, 2014; ORLANDA, 2011).

As furanocumarinas atuam com importantes propriedades fisiológicas nas espécies vegetais onde são encontradas, dentre elas, proteção dos tecidos contra a luz ultravioleta (UV), insetos e diversos patógenos (FERREIRA, 2018). As principais furanocumarinas encontradas nas folhas de arruda são o psoraleno e o bergapteno que são fotossensibilizantes e atuam em sinergia, capazes de promover a repigmentação da pele e por isso são aplicadas no tratamento de vitiligo e psoríase (LEMOS et al., 2016; MARTINS, 2016; SILVA, 2016; ORLANDA, 2011).

A alantoína é um composto químico que estimula a multiplicação celular, que contribui para a cicatrização de feridas, sua aplicação na pele está relacionada à formação de ureia, o que proporciona um efeito queratolítico e hidratante em peles

secas, atua também na proteção contra agentes irritantes (SVETLICHNY, 2014; VAZ, 2014).

As mucilagens são substâncias macromoleculares de natureza glucídica que funcionam como uma reserva de água para as plantas. Essas exercem um efeito impermeabilizante e protetor da pele e apresentam propriedades hidratantes, emolientes e anti-inflamatórias (VAZ, 2014; ORLANDA, 2011).

A rutina é um flavonoide glicosilado conhecido também como vitamina P. A maioria das propriedades farmacológicas da rutina está relacionada à sua grande atividade antioxidante, devido a elevada capacidade de sequestro de radicais livres. Além desta, estão associadas também à rutina: atividade hipolipidêmica, efeitos anti- inflamatórios, hepatoprotetores, antimicrobianos, anticarcinogênicos e antimutagênicos (RIBEIRO, 2016).

A quercetina é um flavonoide de origem natural e que possui relatos de várias atividades benéficas sobre sistemas biológicos como, por exemplo, atividades anti-hipertensiva, antiarrítmica, hipocolesterolêmica, anti-hepatotoxicidade, anticarcinogênica, antiviral, antiulcerogênica, antitrombótica, anti-isquêmica, anti-inflamatória, antialérgica e antioxidante (SANTOS, 2016).

Os alcaloides são compostos nitrogenados que tem como função a defesa das plantas contra insetos e predadores. Provocam efeitos fisiológicos e psicológicos em humanos e a maior parte está relacionada à interação dos alcaloides com neurotransmissores. Em grandes quantidades a maioria dos alcaloides é bastante tóxica, estando inclusive, associada à ação abortiva da arruda, por exemplo. Entretanto em pequenas doses possuem grande valor terapêutico, aplicados como relaxante muscular, tranquilizante e analgésico. As plantas que possuem alcaloides geralmente têm sabor amargo. Os alcaloides normalmente são combinados com ácidos orgânicos e taninos (GUADALUPE, 2018; CRUZ, 2017; SILVA, 2016; RIBEIRO, 2014).

Os taninos são substâncias fenólicas de alto peso molecular, são solúveis em água, mas apresentam capacidade de formar complexos insolúveis em água com alcaloides, gelatinas e proteínas, causando a precipitação do complexo formado. Essas substâncias possuem sabor adstringente (SILVA, 2016; DIAS et al., 2014; RIBEIRO, 2014; SILVA, 2014). Os taninos possuem diversas atividades biológicas descritas na literatura: larvicida (VERÍSSIMO e KATIKI, 2014), anti-inflamatória (RIBEIRO et al.,

2014), antidiarreica, auxilia na cicatrização por meio da precipitação de proteínas plasmáticas e ativação dos fatores de coagulação (SILVA, 2016).

Um dos ácidos orgânicos presentes na arruda é o caprílico (LEMOS et al., 2016). O ácido caprílico é um ácido graxo saturado, oleoso, emoliente, umectante, emulsionante com propriedades surfactantes. Tem atividades biológicas antifúngica, antibacteriana e antiviral, sendo geralmente aplicado no tratamento da candidíase e em cremes, emulsões entre outros (EMBACAPS, 2018; SANTO, [201-?]).

As saponinas triterpênicas podem ser encontradas facilmente na natureza, por possuir propriedades surfactantes podendo ser utilizadas na indústria para preparação de emulsões e espumas, essas saponinas favorecem a ação dos outros princípios ativos da planta (RIBEIRO, 2014).

3.3. SECAGEM DE ALIMENTOS

A secagem é um dos processos mais antigos utilizados para conservação de alimentos e é considerado um método vantajoso, o qual atua na redução da umidade dos produtos, dificultando assim, o crescimento microbiano e o desenvolvimento de reações físico-químicas que levam a degradação do alimento (LEITE, 2018; SANTOS, 2018; SILVA, 2015; GURGEL, 2014; ZOTARELLI, 2014).

A secagem é uma técnica que consiste na remoção da umidade através de um processo que combina correntes de ar quente entre as massas do material a ser seco, por meio de um processo mecânico (OLIVEIRA, 2017; SILVA, 2015; LOURENÇO, 2014).

A remoção da água contida nos alimentos provoca o aumento da concentração dos nutrientes e estende a vida de prateleira do produto através da diminuição da atividade de água. A atividade de água caracteriza o estado da água nos alimentos, sendo assim uma medida da disponibilidade da água para promover modificações físicas, químicas ou biológicas (JORGE, 2014; LEITE, 2018). A atividade de água varia em uma escala de 0 a 1, quanto mais próxima de 0, menor é a possibilidade de haver crescimento microbiano no material seco.

A secagem é utilizada principalmente para melhorar a estabilidade do produto e para reduzir os custos de embalagem, armazenamento e transporte (GURGEL, 2014; JORGE, 2014; OLIVEIRA, 2014; VASCONCELOS e MELO FILHO, 2010). O alimento que passa pelo processo de secagem tem como vantagem não necessitar de

refrigeração durante as etapas de armazenamento e transporte (SANTOS, 2018; FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2013).

3.3.1. Mecanismo de secagem

A secagem ocorre por meio da remoção de vapor de água da superfície do material a ser seco e do espaço em torno dele, gerando um gradiente de concentração de água e fazendo com que a água se desloque do interior do material até a superfície (fenômeno de transferência de massa), na qual, através do aumento da temperatura, ocorre a mudança de fase líquido-vapor (fenômeno de transferência de calor) e o vapor é removido, o ciclo continua até que se atinja a condição de secagem desejada para o material (OLIVEIRA, 2017; LOURENÇO, 2014).

3.3.2. Métodos de Secagem

Vários são os métodos para remoção de água em alimentos, como: liofilização, atomização, secagem convencional, secagem em camada de espuma, entre outros. Para cada método utilizado podem ser apresentadas diferenças para tempo de secagem, gasto energético, características, qualidade do produto final e equipamentos necessários (RONCHETI, 2014).

Liofilização

A liofilização é uma técnica que consiste na desidratação de alimentos por meio da sublimação (BARROSO, 2017). É um método conhecido por conservar a estrutura do alimento e não degradar substâncias sensíveis ao calor, visto que ela é realizada em vácuo e em baixas temperaturas (EL-BACHÁ, 2014). De maneira geral a liofilização é dividida em três etapas que são: congelamento, sublimação ou primeiro estágio de secagem e dessorção ou segundo estágio de secagem (SILVA, 2015). Este método fornece um produto de alta qualidade e com conservação das propriedades físico- químicas dos alimentos, no entanto, possui como principal desvantagem o alto custo, visto que é um processo que utiliza baixas pressões e temperaturas para o congelamento o que necessita de elevado dispêndio energético.

Atomização

A secagem por atomização é uma operação unitária por meio da qual um material líquido é atomizado, através da transferência de calor de uma corrente de gás quente, para se obter um pó instantaneamente. O gás utilizado é em geral composto por ar ou, em casos raros, por um gás inerte. O líquido de alimentação inicial do pulverizador pode ser uma solução, uma emulsão ou uma suspensão. A depender das condições iniciais do material alimentado ao atomizador e de funcionamento, esse tipo de secagem pode fornecer um produto de granulometria muito fina ou grandes partículas (MACHADO, MARIANO e PAGANI, 2016). De acordo com Engel et al. (2016), a secagem por atomização é eficiente com relação a demanda de produção de produtos com qualidades específicas e a preservação dos nutrientes do alimento, porém utiliza equipamentos de custo elevado, apresenta perdas consideráveis de material durante o processo e necessidade do uso de agentes de transporte.

Secagem convencional (leito fixo)

A secagem convencional geralmente ocorre por convecção, na qual o gás de secagem que comumente é o ar, toca a superfície do material a ser seco removendo assim a água disponível em sua superfície. Nesta técnica o material é colocado em contato direto com o ar de secagem e assim há a necessidade de poucas etapas de pré- preparo como lavagem e em alguns casos, cortes do material para facilitar a secagem. Assim a secagem convencional é considerada simples, entretanto pode gerar algumas desvantagens como por exemplo mudanças na cor, sabor e características físico- químicas do alimento, além do alto custo energético relacionado aos longos períodos necessários para o processo (JORGE, 2014; LIMA, 2013).

Secagem em camada de espuma

O método de secagem em camada de espuma (*foam-matdrying*) foi desenvolvido na década de 1950 por Morgan e sua equipe na Califórnia, Estados Unidos (MORGAN et al., 1959) e patenteada em 1961 (SIMÕES, 2017). Este método foi desenvolvido como resultado do desejo de aumentar a taxa de secagem de alimentos líquidos e semilíquidos (SANTOS, 2018).

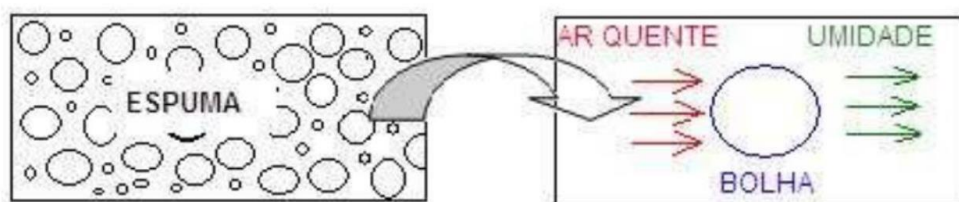
Segundo Souza (2011) a desidratação em camada de espuma (*foam-mat- drying*) é um processo utilizado para conservação, no qual, ao material líquido ou semi-

líquido são adicionados agentes espumantes e a mistura é batida, em equipamentos como batedeiras, até transformar-se numa espuma estável, que é distribuída em finas camadas em recipientes que podem ou não ser perfurados. A espuma é então submetida à secagem, com ar aquecido, até que se atinja um teor de umidade que impossibilite o crescimento de microrganismos, reações químicas e/ou enzimáticas. Esse método é considerado simples e barato. A qualidade do produto final é diretamente influenciada pelo tipo agente espumante e a concentração utilizada.

A secagem em camada de espuma é uma alternativa vantajosa quando comparada aos métodos de desidratação de alimentos explicados anteriormente, pois possui baixo custo de operação, utiliza menor tempo de secagem, visto que proporciona maior área de contato entre o material e o ar aquecido, não necessita de altas temperaturas o que colabora para a preservação das características físico-químicas do alimento e o produto final tem aparência porosa e pode ser facilmente reidratado (GURGEL, 2014; SILVA FILHO et al., 2016).

A espuma formada fornece uma ampla superfície de contato e é estendida em camada delgada. Quando exposta a uma corrente de ar quente apresenta facilidade de secagem, devido à movimentação da umidade por capilaridade que ocorre através de películas líquidas que separam as bolhas presentes na espuma (UBOLDI, 1971). Por conta disso a secagem em camada de espuma é aproximadamente três vezes mais rápida do que a secagem em camada similar de líquido (FRANCIS, 2000 apud OLIVEIRA, 2017; MARQUES, 2009). Na Figura 2 é apresentado o esquema de secagem em camada de espuma.

Figura 2 - Esquema de secagem em camada de espuma.



Fonte: GURGEL (2014).

Este tipo de secagem pode ser utilizado para alimentos termossensíveis e propicia o processamento de materiais que apresentam dificuldades para secagem, como

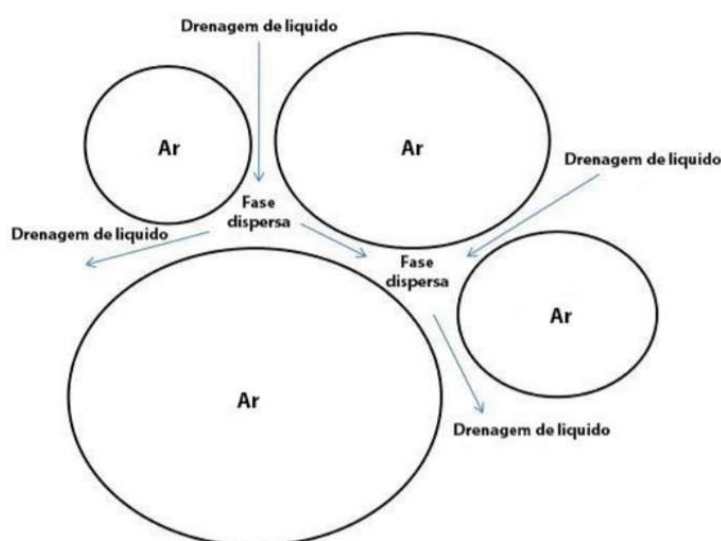
também possibilita a produção de materiais que se reidratam facilmente (FREITAS, 2016; FERNANDES et al., 2014)

Essa técnica tem como principal desvantagem a necessidade de grandes áreas de superfície de secagem para altas taxas de produção, o que gera elevação do custo investimento. Outra desvantagem é que a utilização de aditivos emulsificantes pode causar modificações nas propriedades organolépticas do alimento (aroma, cor, sabor) (MARQUES, 2009; RONCHETI, 2014).

3.4. ESPUMA

A espuma é considerada um sistema bifásico no qual uma fase gasosa está dispersa em uma fase líquida, muito similar a uma emulsão. Possui em sua estrutura bolhas gasosas cobertas por líquido contínuo. É um sistema termodinamicamente instável, visto que com o passar do tempo a espuma tende a se desfazer causando a separação das fases, isso acontece porque a tensão interfacial gera a coalescência das bolhas. Com o objetivo de evitar essa coalescência é que se utilizam agentes superfície-ativos que atuam reduzindo a tensão interfacial (FRANCO, 2015; RONCHETI, 2014; FOLEGATTI, 2001). Na Figura 3 é apresentado o esquema de como ocorre a drenagem do líquido entre as bolhas da espuma por meio da capilaridade.

Figura 3 - Esquema de drenagem por capilaridade na espuma.



Fonte: PANATO (2017).

Para que a secagem ocorra da maneira correta além da formação da espuma é necessário que a espuma seja estável o suficiente para suportar todo o processo de desidratação. A estabilidade das espumas depende principalmente de dois fatores, a tendência de os filmes líquidos sofrerem drenagem e se tornarem mais finos e a tendência à ruptura devido a perturbações aleatórias. Dessa forma para aumentar a estabilidade é necessário o uso de aditivos (SOARES, 2009; RONCHETTI, 2014).

Muitos alimentos apresentam capacidade de formação de espuma, principalmente aqueles que possuem alto teor de proteína e monoglicerídeos, como leite e ovo, por exemplo, no entanto nem sempre essa espuma formada é satisfatória para o processo de secagem, e nesses casos é necessário fazer uso de agentes espumantes/estabilizantes para aumentar a capacidade de formação de espuma e estabilidade (OLIVEIRA, 2017; SILVA, 2015).

A propriedade mais importante para a escolha do agente espumante a ser utilizado na desidratação em camada de espuma é a densidade, visto que é a redução na densidade, provocada pela incorporação de ar durante a agitação do 'suco' com o emulsificante, é o que caracteriza a formação de espuma (SOUZA, 2011).

É importante analisar a massa específica e a estabilidade da espuma antes de se iniciar a secagem, dado que, uma menor densidade implica em maior expansão, maiores áreas de transferência de calor e massa, que se traduz em elevadas taxas de evaporação e menor tempo de secagem. A densidade deve estar compreendida entre 0,1 e 0,6 g/cm³ (GERMANO, 2016).

Tendo em vista a relevância da massa específica e da estabilidade da espuma para esse processo de secagem, deve-se atentar para o emprego das concentrações ideais de aditivos, pois as espumas utilizadas para a desidratação devem ser capazes de suportar operações mecânicas como bombeamento, espalhamento e a própria secagem (CRUZ, 2013).

3.5. ADITIVOS

De acordo com a legislação brasileira, (PORTARIA Nº 540 - SVS/MS) da ANVISA de 27 de outubro de 1997, aditivo alimentar é qualquer ingrediente empregado ao alimento, que não tenha finalidade de nutrir, com a intenção de alterar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante etapas de fabricação,

processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenagem, transporte ou manipulação de um alimento.

Os emulsificantes, um dos tipos de aditivos, possuem como característica parte de sua estrutura sendo polar (cabeça) solúvel em água e parte apolar (calda) solúvel em óleos e gorduras, isso permite a interação entre fases imiscíveis formando emulsões (YAMANAKA e MENECHIN, 2012). Emulsificante é qualquer substância que possibilite a formação ou manutenção de uma mistura uniforme de duas ou mais fases imiscíveis no alimento e espumante é a substância que viabiliza a formação ou a continuidade de uma dispersão uniforme de uma fase gasosa em um alimento líquido ou sólido (ANVISA, 1997).

Os emulsificantes atuam reduzindo a tensão interfacial das bolhas presentes na espuma/emulsão e assim evitando a coalescência das bolhas e consequente separação das fases. Os emulsificantes não funcionam para todos os tipos de alimentos e para utilizar o aditivo adequado, na menor concentração possível, é necessário realizar vários testes com diferentes emulsificantes.

3.5.1. Emustab®

O Emustab® é um aditivo alimentício comercial que possui baixo custo, é composto por monoglicerídeos de ácidos graxos destilados (tensoativos/agentes de aeração e estabilizador de cristalização), monoestearato de sorbitana (estabilizante), polioxietileno de monoestearato de sorbitana (tensoativo) e sorbato de potássio (conservante) (GURGEL, 2014). É um emulsificante muito utilizado para produção de alimentos como pães, sorvetes e bolos.

3.5.2. Pó do Juá

O pó das raspas do juá obtido também através da secagem por camada de espuma, conforme descrito por Vasconcelos (2017), funciona como emulsificante natural. Tem como matéria-prima as raspas do caule do juazeiro, árvore típica do sertão nordestino. A capacidade espumante do juá está relacionada com as proteínas, lipídeos e principalmente saponinas que estão presentes em sua composição. Esse pó gerou um pedido de depósito de patente (BR 10 2017 023344 8). Apesar de ser um produto de origem natural ainda não é um produto comercializado.

3.5.3. Portogel®

O Portogel® apresenta-se como um emulsificante de baixo custo e que pode ser facilmente encontrado, bastante utilizado como incremento em alimentos. Como reportado por Oliveira (2018), o Portogel® possui em sua composição: água, propileno glicol, monoglicerídeos destilados, éster de poliglicerol e estearato de potássio.

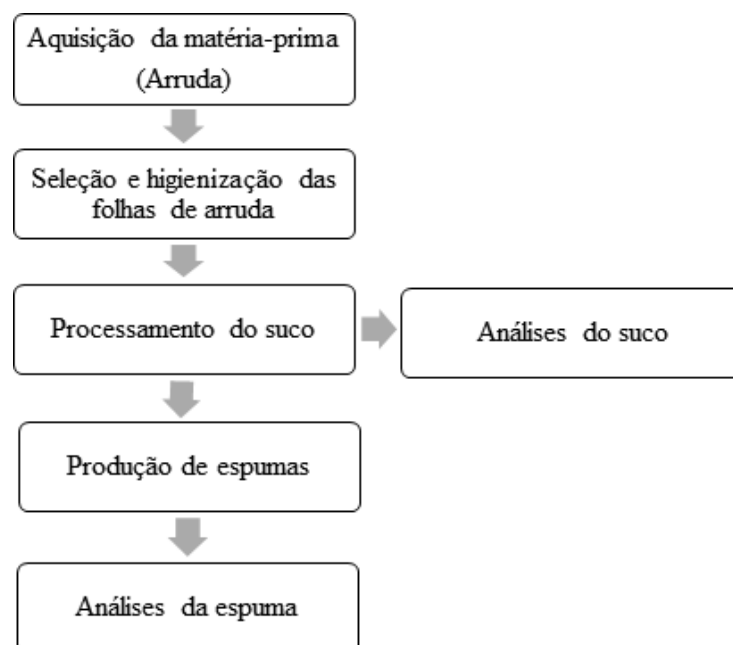
3.6. SECAGEM DE ARRUDA (*Ruta graveolens* L.)

Algumas metodologias já foram utilizadas para realizar a secagem das folhas de arruda como por exemplo: estufa de secagem com lâmpadas incandescentes a 50 °C por cerca de 4h10min (SANTOS et al., 2015), temperatura ambiente ou em secador a 30 °C (CRUZ, 2017), estufa com ventilação forçada a 35 °C com tempo de secagem entre 36 e 48 horas (BARA e VANETTI, 1998), desidratação em estufa com circulação forçada de ar a 40 °C por aproximadamente 48 horas (RIBEIRO, 2014), folhas acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa, com circulação de ar, a 45 °C, por 96 horas (GARCIA et al., 2012), estufa com circulação de ar a 35 °C até atingir a completa secagem (SOUZA, VIDAL e VIANI, 2002).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Todos os experimentos foram realizados no Laboratório de Termodinâmica, localizado no Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, entre os meses de julho e agosto de 2019 e seguiram o fluxograma mostrado na Figura 4.

Figura 4 - Fluxograma do processo.



4.1. MATÉRIA-PRIMA

A arruda (*Ruta graveolens*) foi adquirida in natura na CEASA da cidade de João Pessoa (Figura 5) nos meses de julho e agosto. Os emulsificantes: Emustab e Portogel foram comprados no centro da cidade de João Pessoa em embalagens de 200 g e foram utilizados dentro do prazo de validade. O pó de juá, que foi utilizado como agente espumante, foi cedido por discentes do Grupo de Pesquisa de Secagem.

Figura 5 - Arruda in natura.



4.2. SELEÇÃO E HIGIENIZAÇÃO DAS FOLHAS

As folhas verdes foram selecionadas, lavadas em água corrente para a remoção de impurezas, retiradas dos ramos, com auxílio de facas, e espalhadas sobre papel toalha para remoção do excesso de água e posteriormente acondicionadas em recipientes plásticos. Seguidamente foram armazenadas em geladeira com temperatura de 9 °C até início dos experimentos (Figura 6).

Figura 6 - Folhas higienizadas e selecionadas de arruda.



4.3. PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Para a formação da espuma das folhas de arruda é necessário testar as duas variáveis que influenciam esse processo: concentração de emulsificante e tempo de agitação. Para a secagem dessa espuma formada, outra variável a ser avaliada é a temperatura de secagem. Assim, para que se tenha posteriormente uma análise estatística da influência dessas variáveis no processo de secagem, foi proposto um planejamento experimental fatorial completo 2^{3+} três pontos centrais.

Todos os experimentos de análise das propriedades físicas foram realizados de acordo com esse planejamento experimental. No Quadro 1 estão dispostas as variáveis independentes codificadas que foram definidas em testes preliminares.

Quadro 1 – Variáveis independentes reais e codificadas.

Variáveis Independentes	Níveis		
	-1	0	+1
Concentração (%)	C1	C2	C3
Tempo de agitação (min)	tag1	tag2	tag3
Temperatura (°C)	T1	T2	T3

No Quadro 2 está representada a matriz de planejamento fatorial completo, os experimentos foram realizados de acordo com sorteio prévio para garantir a aleatoriedade.

Quadro 2 – Matriz de planejamento experimental fatorial 2^3 completo + 3 pontos centrais.

Número do experimento	Variáveis independentes		
	T (°C)	C (%)	Tagt (min)
1	50 (-1)	2 (-1)	3 (-1)
2	70 (+1)	2 (-1)	3 (-1)
3	50 (-1)	6 (+1)	3 (-1)
4	70 (+1)	6 (+1)	3 (-1)
5	50 (-1)	2 (-1)	7 (+1)
6	70 (+1)	2 (-1)	7 (+1)
7	50 (-1)	6 (+1)	7 (+1)
8	70 (+1)	6 (+1)	7 (+1)
9	60 (0)	4 (0)	5 (0)
10	60 (0)	4 (0)	5 (0)
11	60 (0)	4 (0)	5 (0)

4.4. FORMAÇÃO DE ESPUMA

Inicialmente foram realizados testes com concentração de 15% de folhas de arruda, adicionando-se 15 gramas de folhas pesadas em balança de precisão AD 2000 (Marte Científica e Instrumentação Industrial LTDA) e 100 mL de água destilada ao liquidificador de alta rotação LAR2220CC5 (Metvisa) com 1 min de processamento. O

suco formado foi então transferido para a batedeira (Arno deluxe inox SX84 com 8 velocidades) e adicionou-se o emulsificante. Foram testados três tipos de agentes espumantes: Emustab®, pó do juá e Portugel® em concentração de 10% (1,5 g) com relação à massa de folhas utilizada. Os tempos de agitação na batedeira foram de 5 min na velocidade 3 da batedeira.

Posteriormente foram realizados testes com 33% de folhas de arruda, adicionando-se ao liquidificador 50 gramas de folhas e 150 mL de água destilada, processando por 1 min. Foram realizados experimentos para a definição da concentração de emulsificantes com relação à massa de folhas: 8%, 10% e 12% para os pontos mínimo, médio e máximo, respectivamente. Esses testes foram feitos pois, na literatura há escassez de trabalhos definindo esse parâmetro relacionado à massa de folhas. Todavia, como a concentração de agente espumante mais utilizada é relacionada à massa do suco, assim, optou-se por definir também esse parâmetro e aplicá-lo ao planejamento experimental fatorial, a fim de possibilitar comparações com outros trabalhos. Dessa forma as concentrações mínima, média e máxima de espumantes utilizadas foram 2%, 4% e 6%, respectivamente.

Fixou-se o Portugel® como o emulsificante a ser utilizado. Ele era adicionado ao suco e a mistura era agitada na batedeira para a obtenção da espuma nos tempos de 3 min, 5 min e 7 min.

4.5. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SUCO

4.5.1. Densidade do suco

Para determinar a densidade do suco das folhas da arruda, em uma proveta de 10 mL tarada foi adicionado 10 mL de suco e anotado o valor da massa. A análise foi realizada em triplicata e o cálculo foi realizado pela Equação 1.

$$\rho_{suco} = \frac{m_{suco}}{V_{suco}} \quad (1)$$

Na qual:

ρ_{suco} : densidade do suco (g/cm³);

m_{suco} : massa de suco (g);

V_{suco} : volume de suco na proveta (cm³).

4.5.2. Determinação do potencial hidrogeniônico (pH) do suco

O pH foi determinado com um pHmetro digital (DLA-PH – Del Lab), calibrado com soluções tampão de pH 4 e 7. O procedimento consistiu na introdução do equipamento no suco preparado, seguido da anotação do valor medido. A medida foi realizada em triplicata.

4.5.3. Determinação da acidez total titulável (ATT) do suco

A acidez do suco foi realizada de acordo com metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Pesou-se 1 g de suco em erlenmeyer de 125 mL e adicionou-se 50 mL de água destilada. Foram adicionadas 4 gotas de solução de fenolftaleína e titulou-se com solução de hidróxido de sódio 0,1 M até atingir coloração rósea. A análise foi feita em triplicata. A acidez total titulável é dada pela Equação 2.

$$\%ATT = \frac{V_{NaOH} * f * 100}{P * c} \quad (2)$$

Na qual:

$\%ATT$: acidez em solução molar por cento v/m;

V_{NaOH} : é o volume de solução de hidróxido de sódio gasto na titulação (mL);

P: massa de amostra usada na titulação (g);

f: fator da solução de hidróxido de sódio 0,1 ou 0,01 M;

c: correção para solução de NaOH 1 M, 10 para solução NaOH 0,1 M e 100 para solução NaOH 0,01 M.

4.6. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ESPUMA

4.6.1. Densidade da espuma

Baseada nas metodologias adotadas por Araújo et al. (2017) e Simões (2017), as densidades das espumas produzidas foram determinadas de maneira simples. As espumas produzidas foram adicionadas a provetas de 100 mL (previamente taradas) até atingir a marca de 100 mL. Após isso as provetas com espuma foram pesadas e as massas anotadas (Figura 7). Esta análise foi realizada em triplicata.

Figura 7 - Provetas com espuma em triplicata utilizadas para a determinação da densidade da espuma



O cálculo das densidades das espumas foi realizado por meio da Equação 3.

$$\rho_{espuma} = \frac{m_{espuma}}{V_{espuma}} \quad (3)$$

Na qual:

ρ_{espuma} : densidade da espuma (g/cm³);

m_{espuma} : massa de espuma (g);

V_{espuma} : volume de espuma na proveta (cm³).

4.6.2. Percentual de expansão da espuma

O percentual de expansão para cada espuma foi calculado através de uma relação entre as densidades da espuma e do suco, definidas anteriormente. Essa relação é dada pela Equação 4 (GURGEL, 2014).

$$\%Exp = \frac{1/\rho_{espuma} - 1/\rho_{suco}}{1/\rho_{suco}} * 100 \quad (4)$$

Na qual:

%Exp: expansão da espuma (%);

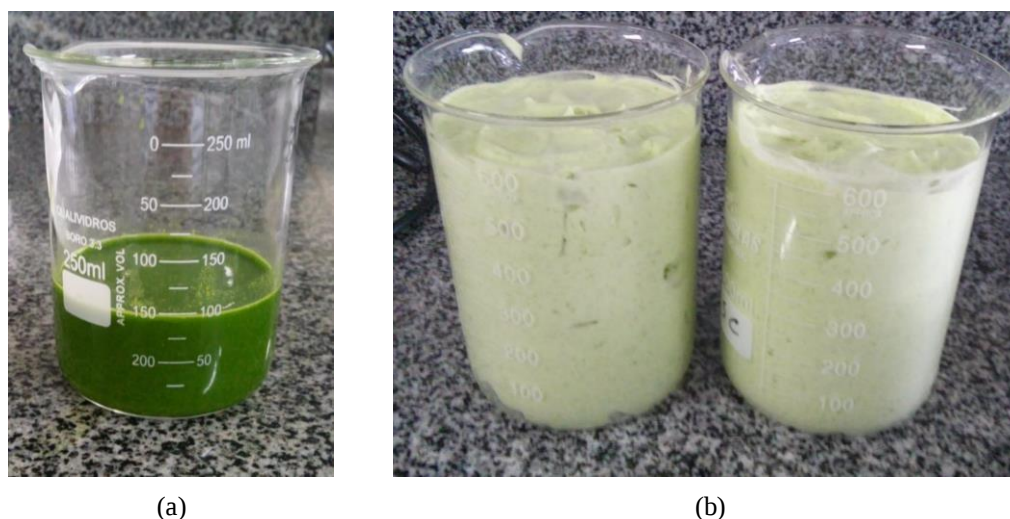
ρ_{espuma} : densidade da espuma (g/cm³);

ρ_{suco} : densidade do suco (g/cm³).

4.6.3. Capacidade de incorporação de ar (*over run*)

A capacidade de incorporação de ar (*over run*) está relacionada com o volume de ar introduzido em uma solução, e é determinada pelo aumento de volume da espuma formada (CRUZ, 2013). De acordo com metodologia descrita por Oliveira (2018) e Leite (2018) para a determinação do *over run* foi necessário medir 100 mL do suco de arruda e em seguida bater esse volume até obtenção da espuma e medir o volume de espuma formado (Figura 8).

Figura 8 - Esquema de análise de *over run* (a) suco antes da agitação em batedeira e (b) espuma formada após a agitação em batedeira.



Esse procedimento foi realizado para as diferentes concentrações e tempos de agitação desconsiderando a temperatura de secagem, já que a mesma não influencia na formação da espuma. A capacidade de incorporação de ar foi calculada pela Equação 5.

$$\%over\ run = \frac{V_{espuma} - V_{suco}}{V_{suco}} * 100 \quad (5)$$

Na qual:

$\%over\ run$: percentual de capacidade de incorporação de ar;

V_{espuma} : volume de espuma após a agitação em batedeira (cm³);

V_{suco} : volume de suco e espumante antes da agitação (cm³).

4.6.4. Estabilidade da espuma

A estabilidade da espuma é inversamente proporcional ao volume de líquido drenado da espuma com o passar do tempo, ou seja, quanto maior a quantidade de líquido drenado menos estável é a espuma. Espumas mais estáveis terão uma transferência de calor mais eficiente.

Tomando por base a metodologia descrita por Karim e Wai (1999), e adaptando-a, foram pesadas 20 g das espumas produzidas, em triplicata. Em seguida houve a transferência das espumas para telas cônicas de náilon que estavam dispostas em funis introduzidos em provetas graduadas de 25 mL. Os sistemas (provetas + funis) foram levados à estufa (Lucadema – DZ47), nas temperaturas referentes a cada experimento de acordo com o planejamento experimental, e a cada 10 min foi observado o volume de líquido que escoou para a proveta em um período de 90 min. Na Figura 9 é mostrado o sistema montado para a análise de estabilidade das espumas.

Figura 9 - Sistema montado em triplicata para estudo das estabilidades das espumas produzidas.



4.6.5. Teor de umidade

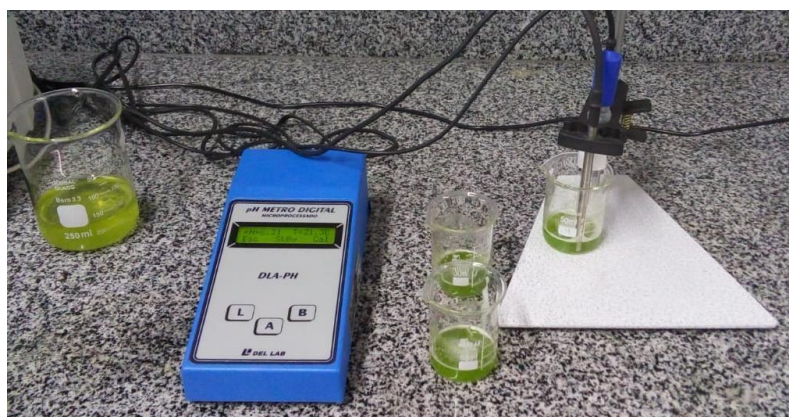
O teor de umidade em base seca geralmente é determinado através do método gravimétrico da estufa. Amostras com 1 g do material foram adicionadas a cadinhos e levadas para estufa de esterilização (Lucadema) a 105 °C por 24 horas. As amostras retiradas foram colocadas em dessecadores para esfriar até a temperatura, próxima a ambiente, antes da pesagem em balança analítica. O cálculo do teor de umidade é dado pela Equação 6.

$$X_{bs} = \frac{m_{total} - m_{seca}}{m_{seca}} \quad (6)$$

4.6.6. Determinação do potencial hidrogeniônico (pH) da espuma

Essa análise é importante para avaliar o quanto o pH da espuma produzida diferiu do material in natura. Tomando por base a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008), preparou-se uma solução para cada concentração de agente espumante descrita no planejamento experimental com 1 g da espuma e 10 mL de água destilada em um béquer. Em seguida, a solução foi agitada até que as partículas estivessem uniformemente suspensas. Após a diluição realizou-se a medição do pH da solução aquosa. As análises foram realizadas a temperatura ambiente e em triplicata (Figura 10).

Figura 10 - Análise de pH para espumas diluídas.

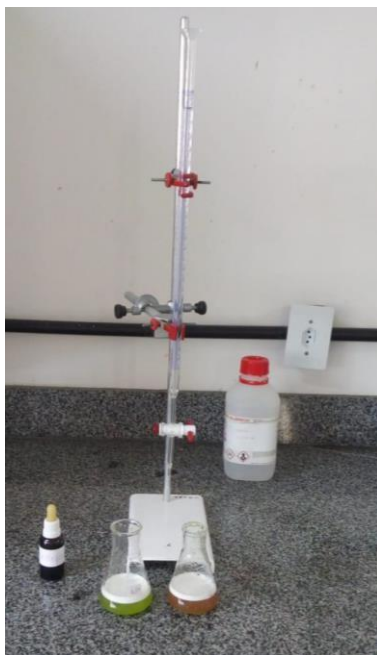


4.6.7. Determinação da acidez total titulável (ATT) da espuma

A determinação de acidez pode fornecer dados importantes na avaliação do estado de conservação de um produto alimentício. A acidez por volumetria foi realizada de acordo com metodologia adaptada do Instituto Adolfo Lutz (2008) pesou-se 1 g de espuma das folhas da arruda, em erlemeyer de 125 mL e adicionou-se 50 mL de água destilada. Foram adicionadas 4 gotas de solução de fenolftaleína e titulou-se com solução de hidróxido de sódio 0,1 M até atingir coloração rósea. A acidez total titulável é dada pela Equação 2.

Essa análise (Figura 11) foi realizada apenas para três experimentos tendo em vista que tempo de agitação e temperatura de secagem não influenciam na acidez total titulável sendo considerada apenas a concentração do agente espumante.

Figura 11 - Análise de acidez com solução de hidróxido de sódio 0,1 M.

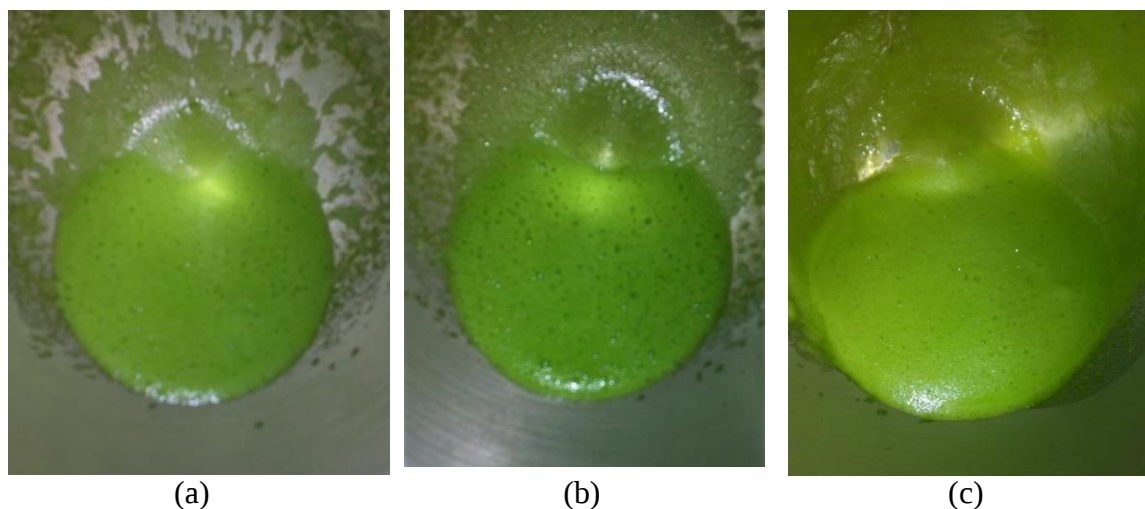


5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. FORMAÇÃO DE ESPUMA

Para o teste preliminar realizado com 15% de folhas de arruda e os emulsificantes: Emustab®, pó do juá e Portogel® foi percebido que a quantidade de espuma formada não variou muito para os diferentes agentes espumantes testados e os volumes de espuma foram insuficientes (Figura 12), apesar disso o emulsificante que demonstrou uma maior formação de espuma foi o pó de juá, mas optou-se por não utilizar esse material tendo em vista a complexidade para sua obtenção. O pó do juá é produzido a partir da secagem em camada de espuma das raspas da entre casca da árvore, ou seja, envolve um grande dispêndio de trabalho extra, que devido às limitações de tempo para a produção desta pesquisa, seria inviável.

Figura 12 - Espumas formadas com 15% de folhas de arruda e 10% (em relação à massa de folhas) de emulsificante (a) Portogel®, (b) Emustab® e (c) pó de juá.



Os dois emulsificantes restantes, Emustab® e Portogel® são amplamente utilizados em alimentos, de fácil acesso e baixo custo e dessa forma optou-se por utilizar neste trabalho o Portogel®, que através da análise visual, apresentou melhor formação de espuma que o Emustab®.

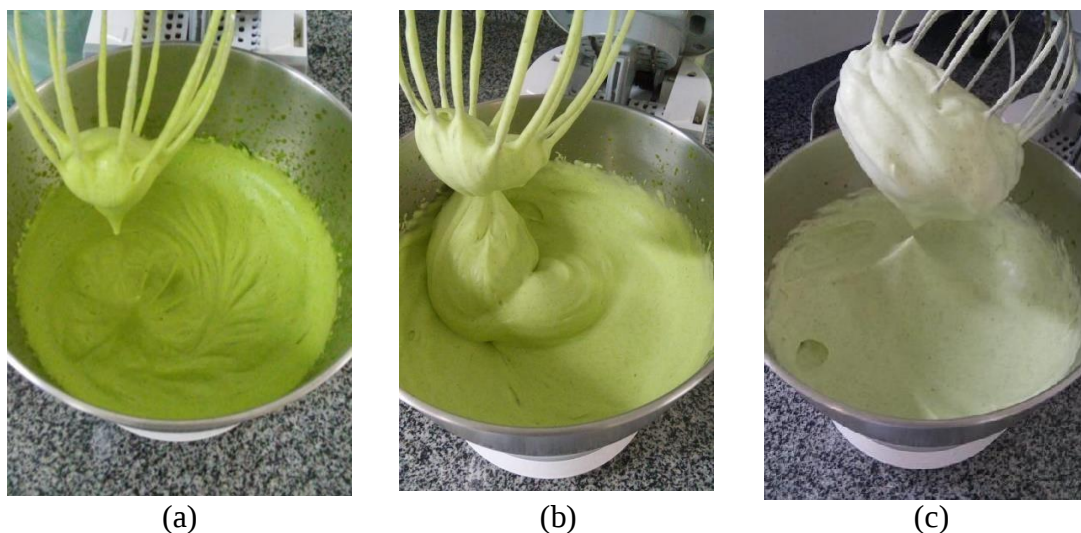
Como foi mostrado na Figura 12, os volumes de espuma obtidos não foram satisfatórios e por esse motivo a concentração de folhas de arruda foi aumentada para 33% utilizando o Portogel® como emulsificante e então foram determinadas as

concentrações do espumante para os pontos mínimo, médio e máximo do planejamento experimental fatorial completo que foram respectivamente 8, 10 e 12% com relação a massa de folhas utilizadas e 2, 4 e 6% para a massa de suco. A partir daqui trabalhou-se apenas com as concentrações de emulsificante relacionadas ao suco, visto que são as mais utilizadas na literatura a fim de possibilitar comparações entre as características da espuma e do pó analisadas neste trabalho com outras pesquisas semelhantes.

Concomitantemente à determinação das concentrações de espumante a serem utilizadas eram testados também os tempos de agitação para a formação da espuma; assim foram determinados para os pontos mínimo, médio e máximo do planejamento experimental fatorial completo, respectivamente 3 min, 5 min e 7 min, como tempo de agitação para formação da espuma.

Com a produção de espuma dos pontos mínimo (2% e 3 min), médio (4% e 5 min) e máximo (6% e 7 min) do planejamento experimental fatorial completo foi observado que com o aumento da concentração de espumante e do tempo de agitação, houve elevação do volume de espuma resultante e redução da coloração, passando de verde limão para verde claro (Figura 13).

Figura 13 - Espumas produzidas referentes aos pontos mínimo (A), médio (B) e máximo (C) a partir de 50 g de folha.



5.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SUCO

Na Tabela 1 são mostrados os dados obtidos para as medidas de densidade, potencial hidrogeniônico (pH), acidez total titulável (ATT) e umidades nas bases úmida

(Xbu) e seca (Xbs) do suco das folhas de arruda. A medição dessas propriedades é importante para possibilitar comparações entre as características da folha in natura, da espuma e posteriormente do pó a ser produzido.

Tabela 1 - Dados de densidade, pH e ATT e Xbu e Xbs para o suco de folhas de arruda.

Parâmetro analisado	Média $\pm$ DP
Densidade (g/cm ³)	1,0070 $\pm$ 0,0236
pH	5,70 $\pm$ 0,03
ATT (%)	0,5 $\pm$ 0,0
Xbu	96,10 $\pm$ 0,11
Xbs	24,68 $\pm$ 0,72

Como é possível perceber, a densidade do suco é bem próxima à densidade da água. As variações no pH são esperadas e podem contribuir para a inviabilidade do crescimento de microrganismos. Para o suco foi observado um pH médio de 5,70 em uma temperatura média de 21,3 °C. Oliveira (2018), encontrou um valor de 6,22 para o pH do suco das folhas da graviola.

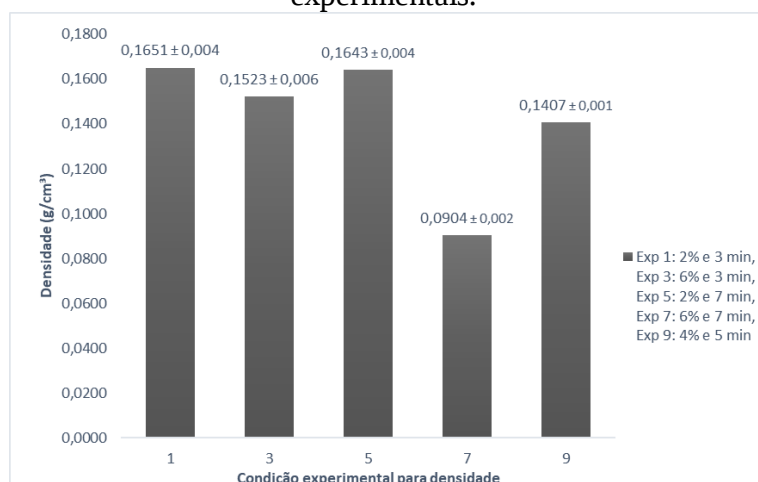
A acidez média encontrada para o suco das folhas da arruda está próxima dos valores descritos na literatura por Oliveira (2018) que obteve um teor de 0,84% para o suco das folhas da graviola e Silva (2016) que encontrou 0,30% para folhas de graviola in natura.

5.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E FÍSICO-QUÍMICA DA ESPUMA

5.3.1. Densidade da espuma

A formação da espuma é caracterizada pela redução na densidade causada pela incorporação de ar que gera o aumento de volume da massa de suco. De acordo com Germano (2016) a densidade da espuma deve estar compreendida entre 0,1 e 0,6 g/cm³. No presente trabalho foram avaliadas as densidades das espumas produzidas em diferentes concentrações de espumante e tempo de agitação, os dados obtidos estão dispostos na Figura 14.

Figura 14 - Valores para densidades das espumas nas diferentes condições experimentais.



Analisando a Figura 14 é possível perceber que a menor densidade média ($0,0904 \text{ g/cm}^3$) é obtida com as condições máximas experimentais (6% e 7 min). Ainda se pode afirmar que para a concentração de 2% de emulsificante, o aumento do tempo de agitação não exerce grande influência sobre a densidade final da espuma, pois a variação entre os experimentos 1 e 5 não é muito significativa. Comparando os experimentos 1 e 3 observa-se que a adição de agente espumante para a concentração máxima (6%) com um baixo tempo de agitação (3 min) não promove redução significativa da densidade, no entanto ao analisar os experimentos 7 e 9 se percebe que quando as duas variáveis (concentração e tempo de agitação) aumentam, a densidade reduz consideravelmente. Ou seja, tempo de agitação e concentração do espumante influenciam na densidade da espuma e quando aumentam juntos provocam maior redução na densidade do que quando apenas um varia. Comportamento semelhante foi descrito por Franco (2015), que utilizou ovoalbumina e um emulsificante (5 a 20% - 5 a 20 min de agitação) para secagem em camada de espuma do yacon, obtendo valores de densidade para as espumas entre 0,16 e $0,83 \text{ g/cm}^3$, e também por Barros (2018) que aplicou o método de secagem em camada de espuma para as folhas do noni, utilizando de 2 a 5% de concentração de Portogel® e tempos de agitação entre 2 e 4 min, obtendo densidades de espuma entre 0,125 e $0,235 \text{ g/cm}^3$.

O comportamento apresentado está de acordo com o esperado, visto que, com o aumento do tempo de agitação e da quantidade de espumante mais ar deve ser incorporado à espuma reduzindo assim a sua densidade. Os resultados encontrados para

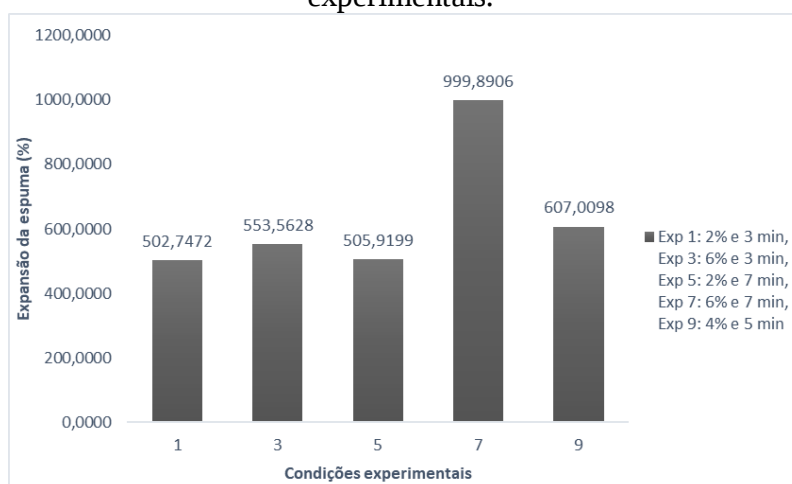
os valores de densidade estão no geral dentro da faixa definida por Germano (2016), chegando a um valor ainda menor que $0,1 \text{ g/cm}^3$, sendo assim considerados resultados satisfatórios, pois quanto menor a densidade, significa que mais ar foi incorporado à espuma o que facilita as transferências de calor e massa e reduzindo o tempo de secagem.

5.3.2. Percentual de expansão da espuma

O percentual de expansão da espuma é uma característica importante a ser determinada para que seja avaliada a eficiência do método usado para produção da espuma. Altos percentuais de expansão indicam que maiores quantidades de ar estão contidas na espuma (LEITE, 2018). Na Figura 15 são mostrados os resultados encontrados para os percentuais de expansão da espuma para diferentes condições experimentais.

A partir da análise dos dados contidos na Figura 15 se pode perceber que os resultados de expansão de espuma corroboram os resultados discutidos para a densidade. Quando ocorre o aumento de uma das variáveis, concentração de espumante ou tempo de agitação, ocorre elevação da expansão da espuma, no entanto quando as duas variáveis são aumentadas juntas, a expansão sofre uma elevação ainda maior. Esse comportamento também foi verificado por Barros (2018) que trabalhou com espuma da folha do noni e Simões (2017) que caracterizou a espuma das folhas do mastruz.

Figura 15 – Dados da expansão de espuma de folhas da arruda em diferentes condições experimentais.



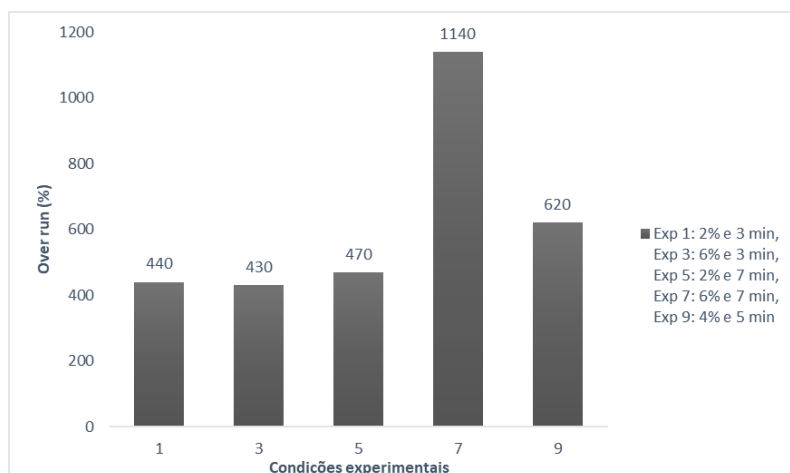
O maior resultado foi obtido para o experimento 7 (6% e 7 min) com aproximadamente 1000% de expansão da espuma e os demais experimentos apresentaram valores acima de 500% sendo considerados muito satisfatórios e superiores aos reportados por: Barros (2018), que atingiu um máximo de expansão de 200% com Portogel® (5% e 4 min) como emulsificante para folhas do noni, Gurgel (2014) que obteve um máximo de aproximadamente 203% de expansão utilizando leite (20% + Emustab® 1% e Super Liga Neutra® 1% como aditivos) como agente espumante, e Leite (2018) que alcançou aproximadamente 500% de expansão com Portogel® (5% e 5 min) como espumante para o estudo com folhas de hortelã-miúda.

Dessa forma entende-se que quando é aplicado um maior tempo de incorporação de ar atrelado a uma maior concentração de agente espumante alcança-se uma cobertura mais uniforme pelo espumante aumentando assim a expansão da espuma (FRANCO, 2015).

5.3.3. Capacidade de incorporação de ar (*over run*)

A capacidade de incorporação de ar é uma característica que também tem relação com a densidade; de modo geral quando ocorre redução na densidade da espuma é por conta da quantidade de ar que está sendo incorporada a ela, gerando a expansão. Quanto maior a incorporação de ar maior será a expansão da espuma, isso significa que existem mais poros na estrutura da espuma que irão facilitar as transferências de calor e massa fazendo com que o tempo de secagem seja reduzido. Através dos dados apresentados na Figura 16 é possível analisar o comportamento da capacidade de incorporação de ar no presente estudo.

Figura 16 - Valores de *over run* resultantes das diferentes condições experimentais aplicadas.

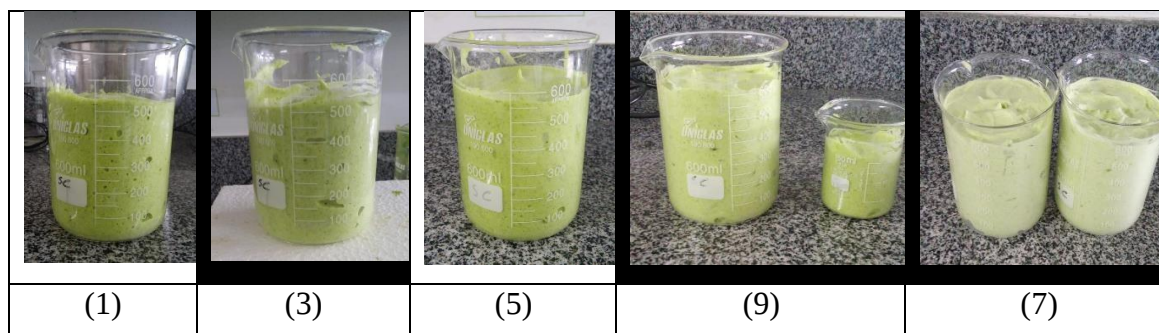


Como já havia sido discutido anteriormente, o experimento 7 foi o que apresentou menor valor de densidade média, bem como, maior percentual de expansão de espuma, esses resultados são sustentados pelo alto valor de *over run* alcançado (1140%) nas condições experimentais de 6% de Portogel® e agitação de 7 minutos. Os menores percentuais de *over run* ocorreram em condições em que a concentração de espumante ou o tempo de agitação eram mínimas, o que limitou o desenvolvimento da espuma.

Confirma-se, por meio da avaliação dos dados dispostos na Figura 16, que as duas variáveis (tempo de agitação e concentração do espumante) influenciam na incorporação de ar e consequente formação de espuma, dessa forma com o aumento dessas variáveis cresceu o volume de espuma com menor densidade e mais ar incorporado.

Na Figura 17 são mostradas as variações de volume e cor que ocorreram em cada condição experimentada a fim de tornar mais compreensível o fenômeno da incorporação de ar na espuma. Analisando as imagens é possível perceber que a medida em que o volume de espuma aumenta a cor muda gradualmente de verde abacate para verde claro.

Figura 17 - Análise de *over run* em diferentes condições: (1) 2% e 3 min; (3) 6% e 3 min; (5) 2% e 7 min; (9) 4% e 5 min e (7) 6% e 7 min.



Como verificado a partir da Figura 17, nos três primeiros experimentos não há grande variação de volume, apenas quando as duas variáveis independentes (tempo de agitação e concentração de emulsificante) são alteradas é que há mudanças mais significativas.

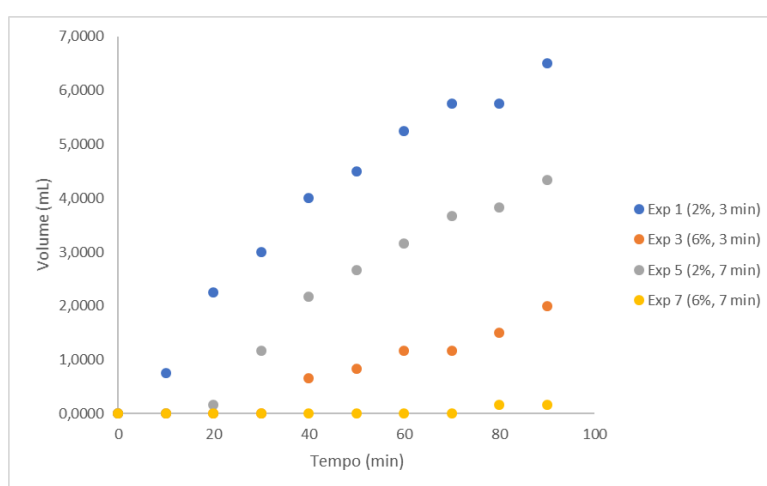
De acordo com Cavalcante Neto (2017) não são verificadas na literatura recomendações de níveis ideais para a capacidade de incorporação de ar (*over run*) para produtos obtidos através da secagem em camada de espuma. Já de acordo com Oliveira (2017) o ideal é que os níveis de *over run* estejam acima de 200%. Contudo existem estudos, acerca da produção de espuma de diversos materiais, que reportam faixas de incorporação de ar que apresentaram eficiência para aplicação em camada de espuma. Romão (2016) encontrou percentuais de *over run* entre 70 e 350% trabalhando com secagem de gema de ovo utilizando a clara como espumante. Oliveira (2017) atingiu de 150 a 250% no estudo da secagem de sangue bovino em camada de espuma utilizando Emustab®. Leite (2018) reporta percentuais entre 450 e 700% com a espuma das folhas de hortelã-da-folha-miúda e Simões (2017) obteve de 210 a 430% de *over run* para seu estudo de secagem em camada de espuma das folhas do mastruz. Assim, os resultados obtidos para as análises de capacidade de incorporação de ar realizadas neste trabalho foram bastante satisfatórios estando todas acima de 200% e chegando a 1140%.

5.3.4. Estabilidade das espumas

Os dados de volume drenado obtidos através da análise de estabilidade estão dispostos nas Figuras 18, 19 e 20 para os experimentos realizados nas temperaturas de 50 °C, 70 °C e 60 °C, respectivamente.

Na Figura 18 é ilustrado como ocorre a drenagem de líquido das espumas dos experimentos 1, 3, 5 e 7 que foram realizados a 50 °C. O experimento 1 (2% e 3 min), ponto mínimo, foi o que apresentou maior perda de líquido e consequentemente menor estabilidade, com 6,5 mL drenados em 90 min. Já o experimento 7 (6% e 7 min) apresentou a menor perda média de líquido ao longo dos 90 min, chegando a apenas 0,16 mL drenados. Leite (2018) em seu estudo com hortelã-da-folha-miúda apresentou faixa de drenagem a 50 °C entre 1,0 e 6,6 mL, dessa forma os resultados aqui discutidos são satisfatórios, visto que a faixa de volume drenado esteve entre 0,16 mL e 6,5 mL.

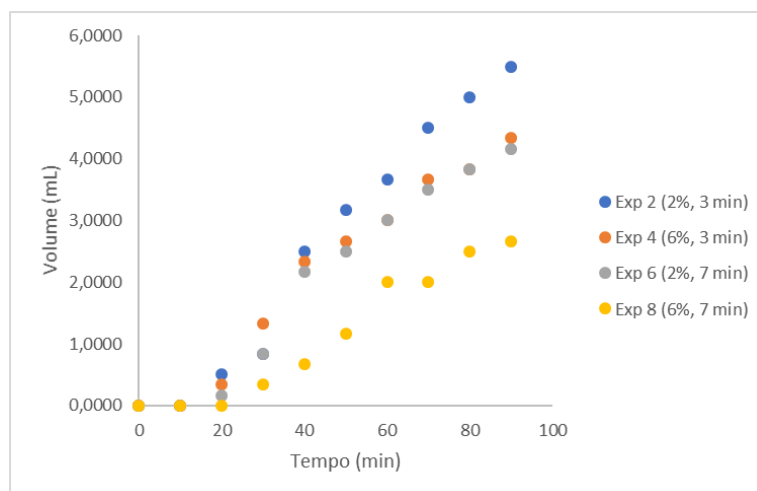
Figura 18 - Comportamento do volume de líquido drenado para a 50 °C.



Ainda de acordo com a análise da figura é possível afirmar que a 50 °C, a medida em que concentração do agente espumante e tempo de agitação aumentam a espuma torna-se mais estável, no entanto, acredita-se que o tempo de agitação apresenta maior influência sobre a estabilidade a essa temperatura.

Na Figura 19 é ilustrado como ocorre a drenagem de líquido das espumas dos experimentos 2, 4, 6 e 8 que foram realizados a 70 °C. O experimento 2 (2% e 3 min) possui o maior volume drenado a 70 °C, 5,50 mL e por isso a menor estabilidade e o experimento 8 apresenta o menor volume perdido, cerca de 2,67 mL e assim a maior estabilidade nesta temperatura. Simões (2017) trabalhando com folhas do mastruz obteve volumes de drenagem a 70 °C entre 4,0 e 12,0 mL, estando assim os volumes encontrados neste trabalho dentro dos padrões aceitáveis.

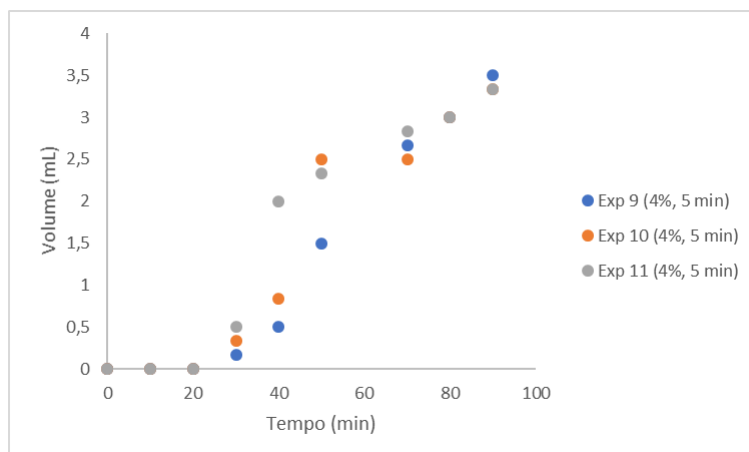
Figura 19 - Comportamento do volume de líquido drenado para 70 °C.



Nota-se que os experimentos 4 e 6 demonstram praticamente o mesmo comportamento o que nos permite dizer que tanto a variação da concentração do emulsificante (Exp 4) quanto a do tempo de agitação (Exp 6) aumentam a estabilidade da espuma com relação ao experimento 2, mas quando são comparados os experimentos 2 e 8 percebe-se que o aumento das duas variáveis em conjunto provoca melhora mais efetiva da estabilidade do que quando apenas uma é modificada.

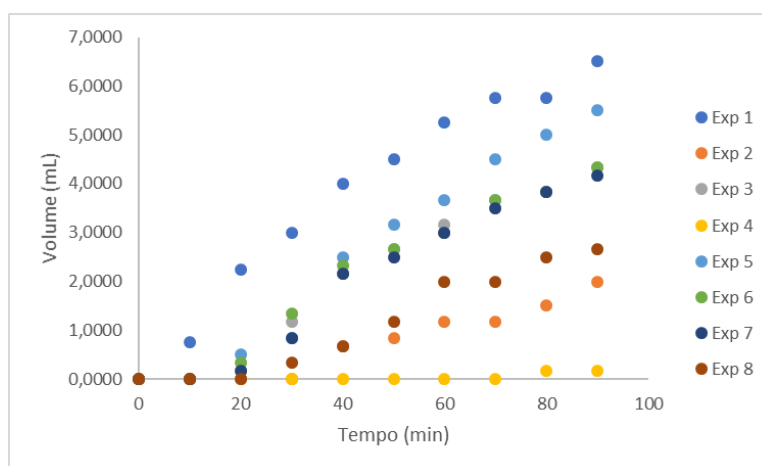
Na Figura 20 é ilustrado como ocorre a drenagem de líquido das espumas dos experimentos 9, 10 e 11 que foram realizados a 60 °C (pontos centrais). De maneira geral, é possível perceber que existe boa reprodutibilidade estando os pontos bem próximos. Os valores obtidos para volumes médios ao final do teste foram de aproximadamente 3,5 mL e estão entre o máximo e mínimo aqui relatados fornecendo boas estabilidades.

Figura 20 - Comportamento do volume de líquido drenado para 60 °C.



Na Figura 21, comparando os pares de experimentos: 3 (6%, 3 min, 50 °C) e 4 (6%, 3 min, 70 °C); 7 (6%, 7 min, 50 °C) e 8 (6%, 7 min, 70 °C), percebe-se que com o aumento da temperatura ocorre redução da estabilidade da espuma e esse tipo de comportamento é relatado também por Leite (2018) para a espuma da hortelã-da-folha-miúda. Entretanto quando comparamos os experimentos 5 (2%, 7 min, 50 °C) e 6 (2%, 7 min, 70 °C) vemos que a variação da temperatura não provoca alterações significativas na estabilidade. Analisando agora as diferenças apresentadas entre os experimentos 1 (2%, 3 min, 50 °C) e 2 (2%, 3 min, 70 °C) nota-se que o aumento de temperatura provoca o aumento da estabilidade.

Figura 21 - Comparação entre estabilidades.



De maneira geral as estabilidades das espumas responderam conforme o esperado e relatado por Simões (2017) e Bonfim (2017), ou seja, aumentando quando tempo de agitação e concentração do agente espumante eram acrescidos.

5.3.5. Determinação físico-química da espuma

Na Tabela 2 são mostrados os dados obtidos para as medidas do potencial hidrogeniônico (pH), acidez total titulável (ATT) e umidades em bases úmida (Xbu) e seca (Xbs) da espuma das folhas de arruda.

Tabela 2 - Dados de pH, ATT, Xbu e Xbs para a espuma de folhas de arruda.

Condições experimentais	pH Média $\pm$ DP	ATT (%) Média $\pm$ DP	Xbu Média $\pm$ DP	Xbs Média $\pm$ DP
2% e 7 min	6,41 $\pm$ 0,07	0,5 $\pm$ 0,1	94,13 $\pm$ 0,79	16,20 $\pm$ 2,32
6% e 7 min	6,45 $\pm$ 0,07	0,47 $\pm$ 0,12	94,19 $\pm$ 0,23	16,44 $\pm$ 0,70
4% e 5 min	6,36 $\pm$ 0,01	0,5 $\pm$ 0,0	94,39 $\pm$ 0,05	16,84 $\pm$ 0,15

Considerando que pH, acidez e umidade das espumas não são afetados pelo tempo de agitação, foram selecionados, de maneira aleatória, três experimentos com variação da concentração para esses testes e a partir da análise dos resultados apresentados na Tabela 2 é possível constatar que a adição do agente espumante causa um leve aumento do pH da solução de espuma. O pH anteriormente encontrado para o suco foi de 5,7. Entretanto percebe-se que não há grandes variações de pH entre as soluções com diferentes concentrações de espumante, visto que se manteve em uma faixa de 6,36 a 6,45.

Na literatura é escassa a avaliação do pH das espumas, geralmente esse parâmetro é estudado apenas para o pó. Neste trabalho foi avaliado com o intuito de possibilitar futuras comparações com o pH dos pós e assim ter a compreensão do comportamento do potencial hidrogeniônico ao longo de todo o processo.

Analizando os resultados obtidos para acidez das espumas percebe-se que são bem próximos ao que foi determinado para o suco (0,5%), tal resultado pode estar relacionado à pequena variação de pH entre o suco e as espumas. A menor acidez ocorre com a maior concentração de agente espumante (6%) e como foi visto anteriormente, o maior pH também foi obtido nessa concentração, ou seja, para as espumas o aumento da concentração de emulsificante gera aumento do pH e leve redução da acidez. Esses resultados devem ser futuramente comparados com a acidez obtida para os pós.

A partir da análise dos dados apresentados na Tabela 2 é possível perceber que os percentuais de umidade em base úmida são altos e isso está relacionado à adição de água para a produção do suco e posteriormente das espumas. Esses teores estão abaixo dos obtidos por Simões (2017), para as espumas produzidas a partir das folhas de mastruz, que obteve percentuais entre 97,20 e 99,00% de umidade em base úmida, e próximos também dos determinados por Gurgel (2014), para espumas da polpa da graviola, que encontrou teores de umidade em base úmida entre 86,35 e 86,78%.

Outro fato que pode ser destacado é redução que ocorre nos valores de umidade quando há a transformação do suco em espuma, tal ocorrência pode estar

relacionada à incorporação de ar nas espumas. Nota-se ainda que para diferentes concentrações de agente espumante e tempos de agitação as espumas apresentam umidades bastante próximas, variando entre 94,13 e 94,34% (Xbu) e 16,20 e 16,84 (Xbs) o que indica que após a formação da espuma a mudança nas variáveis tempo de agitação e concentração do espumante não exercem tanta influência sobre a umidade. Pode-se afirmar que os resultados encontrados para umidade estão dentro do esperado.

6. CONCLUSÃO

A melhor concentração de folhas de arruda a ser utilizada para a produção de espumas é de 33% (m/m) com Portogel® como emulsificante.

A menor densidade encontrada foi de 0,0904 g/cm³, para o experimento 7 (6%, 7min) com redução de 91,02% em relação ao suco. Sendo assim os resultados são considerados satisfatórios.

O percentual da expansão da espuma foi superior a 500% em todas as condições experimentais testadas, chegando a aproximadamente 1000% para 6% de agente espumante e 7 min de agitação (exp. 7). De maneira semelhante o *over run* apresentou percentuais entre 430 e 1140%. O máximo percentual de incorporação de ar (1140%) foi obtido também para o experimento 7 (6%, 7 min).

De maneira geral as espumas demonstraram boas estabilidades com baixos volumes de líquido drenado em uma faixa de aproximadamente 0,17 mL (6%, 7 min, 50 °C – exp. 7) a 6,5 mL (2%, 3 min, 50 °C – exp. 1). O experimento 7 (6%, 7 min, 50 °C) apresentou melhores condições de estabilidade, densidade, expansão e incorporação de ar.

O pH demonstrou aumento de 5,7 do suco para 6,36 – 6,45 nas espumas formadas, devido a adição de emulsificante. A adição do espumante causa apenas leves variações no pH do suco para a espuma.

Os teores de umidade em base úmida foram altos, 96,10% no suco e cerca de 94% para as espumas. De modo geral pode-se concluir que os resultados obtidos com essa pesquisa foram satisfatórios, pois foi possível determinar as condições ótimas da espuma levando em consideração estabilidade, densidade, expansão e incorporação de ar da espuma.

REFERÊNCIAS

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RDC N° 26**: Resolução da Diretoria Colegiada - RDC N° 26, de 13 de maio de 2014. [s.l.]: Diário Oficial da União, 2014. 34 p.

ALMEIDA NETO, J. R.; BARROS, R. F. M.; SILVA, P. R. R. Uso de plantas medicinais em comunidades rurais da Serra do Passa-Tempo, estado do Piauí, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 13, n. 3, p. 165-175, 2015.

ARAÚJO, C. S.; MACEDO, L. L.; VIMERCATI, W. C.; SARAIVA, S. H.; OLIVEIRA, A. N.; TEXEIRA, L. J. Q. Cinética de secagem de acerola em leito de espuma e ajuste de modelos matemáticos. **BrazilianJournalOfFood Technology**, [s.l.], v. 20, p.1-9, 17 ago. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.15216>. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bjft/v20/1981-6723-bjft-20-e2016152.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2019.

BADKE, M. R.; BUDÓ, M. L. D.; SILVA, F. M.; RESSEL, L. B. Plantas medicinais: o saber sustentado na prática do cotidiano popular. **Escola Anna Nery Revista de Enfermagem**, v. 15, n. 1, p. 132-139, 2011.

BADKE, M. R.; BUDÓ, M.L.D.; ALVIM, N. A. T.; ZANETTI, G. D.; HEISLER, E. V. Saberes e práticas populares de cuidado em saúde com o uso de plantas medicinais. **Texto & Contexto Enfermagem**, v. 21, n. 2, p. 363-370, 2012.

BARA, M. T. F.; VANETTI, M. C. D. Estudo da atividade antibacteriana de plantas medicinais, aromáticas e corantes naturais. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 7-8, n. 1, p. 22-34, 1998.

BARROS, R. S. **DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS PARA A SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA DA FOLHA DO NONI (MORINDA CITRIFOLIA L.)**. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química),

Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

BARROSO, A. J. R. **Desenvolvimento de mixes de mangaba e umbu elaborados com extrato em pó de amendoim despeliculizado**. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.

BONFIM, K. S. **Estudo da secagem da *aloe vera* (babosa) em camada de espuma (float-mat drying)**. 52 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

BRAGA, C. M. **Histórico da utilização de plantas medicinais**. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Biologia) - Universidade Estadual de Goiás, Brasília, 2011.

BRANDÃO, J. M. P. **Perfil etnobotânico: o uso de plantas medicinais por uma comunidade rural da cidade de Lagoa Seca/PB**. 32 f. Monografia (Especialização em Biologia) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.

BRASIL. **Monografia da espécie *Ruta graveolens* L. (Arruda)**. Brasília: Ministério da Saúde, 2015. 140 f.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Práticas integrativas e complementares: plantas medicinais e fitoterapia na Atenção Básica**. Brasília: Ministério da Saúde, 156p. 2012.

CAMPOS, S. C.; SILVA, C.G.; CAMPANA, P. R. V.; ALMEIDA, V. L. Toxicidade de espécies vegetais. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 18, n. 11, p. 373-382, 2016.

CARNEIRO, F. M.; SILVA, M. J. P.; BORGES, L. L.; ALBERNAZ, L. C.; COSTA, J. D. P. Tendências dos estudos com plantas medicinais no Brasil. **Revista Sapiência**, v. 3, n. 2, p. 44-75, 2014.

CARVALHO, A. C. B.; BALBINO, E. E.; MACIEL, A.; PERFEITO, J. P. S. Situação do registro de medicamentos fitoterápicos no Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, [s.l.], v. 18, n. 2, p. 314-319, 2008.

CAVALCANTE NETO, A. A. **Desidratação de cuxá em leito de espuma – avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto em pó**. 119 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2017.

CRUZ, S. P. A. **Abordagem bibliográfica sobre os riscos da utilização da arruda (*Ruta graveolens* L.) na gestação**. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia) - Faculdade de Educação e Meio Ambiente, Ariquemes, 2017.

CRUZ, W. F. **Obtenção de polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó pelo método da secagem em camada de espuma**. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

DIAS, H. P.; PAIVA, D. S.; ROMÃO, W.; ENDRINGER, D. C. Identification of polyphenols: sequence for teaching high school chemistry. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 2, p. 467-477, 2014.

EL-BACHÁ, A. **Estudo do processo de secagem da polpa de açaí por liofilização e atomização**. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

EMBACAPS QUÍMICA E FARMACÊUTICA LTDA (Porto Alegre). **Químicos Gerais**. 2018. Disponível em: <<http://www.embacaps.com.br/images/publicacoes/catalogos/catalogoquimicosgerais2018.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2019.

ENGEL, B.; BACCAR, N. M.; MARQUARDT, L.; OLIVEIRA, M. S. R.; ROHLFES, A. L. B. Tecnologias de atomização e desidratação: alternativas para a produção de farinhas a partir de vegetais. **Revista Jovens Pesquisadores**, v. 6, n. 1, p. 31-44, 2016.

ERVAS, Ipê. **ARRUDA (RUTA GRAVEOLENS L. - FOLHA E CAULE)**. [201-?]. Disponível em: <<https://www.ipeervas.com.br/arruda-ruta-graveolens-l-folha-e-caule.html>>. Acesso em: 25 ago. 2019.

FERNANDES, R. V. B.; QUEIROZ, F.; BOTREL, D. A.; ROCHA, V. V.; SOUZA, V. R.; LIMA, C. F. Estudo da adição de albumina e da temperatura de secagem nas características de polpa de tomate em pó. **Semina**, v. 35, n. 3, p. 1267-1278, 2014.

FERRAZ, Y. T.; ALVES, J. D. N.; MOTA, F. F. A.; MONFORT, L. E. F.; OKUMURA, R. S. Emergency of seeds arruda (*Ruta graveolens* L.) on different substrates and sowing depths. **Nucleus**, v. 15, n. 1, p. 1-8, 2018.

FERREIRA, R. L. **Avaliação de crescimento e determinação da concentração letal média (cl50) da espécie botânica *Ruta graveolens* L. E do fármaco nitazoxanida em vetor das principais arboviroses no Brasil, *Aedes aegypti***. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

FIRMO, W. C. A.; MENEZES, V. J. M.; PASSOS, C. E. C.; DIAS, C. N.; ALVES, L. P. L.; DIAS, I. C. L.; NETO, M. S.; OLEA, R. S. G. Contexto histórico, uso popular e concepção científica sobre plantas medicinais. **Cadernos de Pesquisa**, v. 18, n. especial, p. 90-95, 2011.

FOLEGATTI, M. I. S. **Estudo do efeito do uso de diferentes agentes aerantes e gelificantes e do processamento nas características físicas e sensoriais e na estabilidade do produto mousse de maracuja**. 203 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Campinas, 2001.

FONSECA, M. C. M. Epamig pesquisa produção de plantas medicinais para aplicação no SUS: Informação que produz. **Jornal Dia de Campo**. [s.l.], p. 1-1, 2012.

FOOD INGREDIENTS BRASIL – FiB. Dossiê Alimentos Desidratados. **Food Ingredients Brasil**, Barueri, n. 26, p. 58-71, 2013.

FRANCO, T. S. **Desidratação do suco de yacon pelo método de camada de espuma**. 192 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

FREITAS, R. C. P. **Caracterização do processo de secagem em leito de espuma para obtenção de pó de manga ubá**. 100 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

GARCIA, R. Á.; JULIATTI, F. C.; BARBOSA, K. A. G.; CASSEMIRO, T. A. Atividade antifúngica de óleo e extratos vegetais sobre *Sclerotinia sclerotiorum*. **Bioscience Journal**, Uberlândia, n. 1, p. 48-57, 2012.

GERMANO, L. M. L. P. **Métodos alternativos de secagem de banana verde**. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

GONELI, A. L. D.; VIEIRA, M. C.; VILHASANTI, H. C. B.; GONÇALVES, A. A. Modelagem matemática e difusividade efetiva de folhas de aroeira durante a secagem. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 1, p. 56-64, 2014.

GONZÁLEZ, G. F. N. **Establecimiento de un proceso de obtención de extracto de ruda (*Ruta graveolens*), con alto contenido de polifenoles**. 118 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ingeniería Química y Agroindustria) - Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2010.

GUADALUPE, K. A. Q. **Evaluación de la actividad insecticida de extracto acuoso y alcohólico de ruda (*Ruta graveolens*), marco (*Ambrosia arborescens* mill.), chilca**

(*Baccharislati folia*), romero (*Rosmarinus officinalis*), utilizados para controlar el pulgón (*Brevicoryne brassicae*) en cultivo de col (*Brassicaolerasia var capitata*) en Riobamba. 90 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bioquímica y Farmacia) - Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2018.

GURGEL, C. E. M. R. **Secagem da polpa da graviola (*Annona muricata* L.) em camada de espuma - desempenho do processo e características do produto.** 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO ADOLFO LUTZ: Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos.** 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2019.

JORGE, A. **Avaliação comparativa entre processos de secagem na produção de tomate em pó.** 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2014.

KARIM, A. A.; WAI, C. C. Foam-mat drying of star fruit (*Averrhoa carambola* L.) purée. Stability and air drying characteristics. **Food Chemistry**, v. 64, p. 337-343, 1999.

LEITE, A. C. N. **Estudo da cinética de secagem em camada de espuma (*foam-mat drying*) da hortelã-da-folha-miúda (*Mentha crispa*).** 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

LEMONS, S. D. C.; REBELLO, T. J. J.; PINTO, J. L. Q.; MARQUES, M.; ALBARELLO, N. In vitro germination and post-seminal development of *Ruta graveolens* L. under the influence of phenanthrene and benzo[a] pyrene. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p. 737-743, 2016.

LIMA, A. K. R. **Estudo de prospecção científica tecnológica da atividade medicinal da espécie *Ruta graveolens* (arruda)**. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Ciências Naturais) - Universidade Federal do Maranhão, Pinheiro, 2018.

LIMA, R. A. B. **ANÁLISE DA SECAGEM CONVECTIVA DE FOLHAS DE MANJERICÃO (*Ocimum basilicum* L.)**. 169 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

LIMA-SARAIVA, S. R. G.; SARAIVA, H. C. C.; OLIVEIRA-JÚNIOR, R. G.; SILVA, J.C.; DAMASCENO, M. D.; ALMEIDA, J. R. G. S.; AMORIM, E. L. C. A implantação do programa de plantas medicinais e fitoterápicos no sistema público de saúde no brasil: uma revisão de literatura. **Revista Interdisciplinar de Pesquisa e Inovação**, [s.l.], v. 1, n. 1, p. 1-11, 2015.

LOURENÇO, Breno Raphael. **ESTUDO EXPERIMENTAL DA OPERAÇÃO DE SECAGEM EM SECADOR ELÉTRICO TIPO CABINE**. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Materiais) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

MACHADO, M. A. A.; MARIANO, V. K.; PAGANI, M. M. **Avaliação da estabilidade de microcápsulas de acerola produzidas por liofilização e por secagem por atomização**. 2016. Disponível em: <<http://eventos.ufrj.br/raic/files/2016/06/2604-9657-2-SM.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2019.

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

MARTINS, F. S. **Estudo sistemático da ação melanogênica do extrato de *Brosimum gaudichaudii* Trécul**. 88 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **PORTARIA Nº 540**: Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997. [s.i]: Diário Oficial da União, 1997. 7 p. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/391619/PORTARIA_540_1997.pdf/3c55fd22-d503-4570-a98b-30e63d85bdad>. Acesso em: 31 jul. 2019.

MORGAN, A. I. Jr; GINETTE, L. F.; RANDALL, J. M.; GRAHAM, R. P.; Technique for improving instant foods. **Food Engineering**, v. 31, n. 9, p. 89-94, 1959.

OLIVEIRA, A. S. B. **ESTUDO DA SECAGEM DE CASCA DE ABACAXI VISANDO DESENVOLVIMENTO DE CHÁ A PARTIR DO PRODUTO SECO**. 100 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2014.

OLIVEIRA, B. F. **Secagem da folha da graviola (*Annona muricata* L.) pelo método de camada de espuma (*foam-mat drying*)**. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

OLIVEIRA, R. F. **Estudo da secagem em camada de espuma do sangue bovino**. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

ORLANDA, J. F.F. **Estudo da composição química e atividade biológica do óleo essencial de *Ruta graveolens* L. (*Rutaceae*)**. 122 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

PANATO, K. **Efeito da secagem convectiva e por leito de espuma sobre as propriedades físico-químicas e tecnológicas de purê de abóbora (*Cucurbita máxima* Duch. x *Cucurbita moschata* Duch. var. 'Tetsukabuto')**. 164 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

PERFEITO, J. P. S. **O registro sanitário de medicamentos fitoterápicos no Brasil: uma avaliação da situação atual e das razões de indeferimento**. 163 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

RIBEIRO, C. S. P. **Determinação espectrofotométrica de flavonóides totais presentes nas folhas de arruda (*Ruta graveolens* L.)**. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, Assis, 2014.

RIBEIRO, D. A.; MACÊDO, D. G.; OLIVEIRA, L. G. S.; SARAIVA, M. E.; OLIVEIRA, S. F.; SOUZA, M. M. A.; MENEZES, I. R.A. Potencial terapêutico e uso de plantas medicinais em uma área de Caatinga no estado do Ceará, nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 16, n. 4, p.912-930, dez. 2014. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/1983-084x/13_059. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbpm/v16n4/a18v16n4.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2019.

RIBEIRO, F. P. C. **OBTENÇÃO DE RUTINA RICINOLEATO ATRAVÉS DA REAÇÃO DE ESTERIFICAÇÃO COM ÓLEO DE MAMONA**. 122 f. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais), Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2016. Disponível em: <<http://tede2.uefs.br:8080/bitstream/tede/475/2/Tese%20vers%c3%a3o%20final%20com%20ficha.pdf>>. Acesso em: 09 ago. 2019.

ROMÃO, T. D. **Estudo da secagem da gema do ovo capoeira em camada de espuma (foam-mat drying)**. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

RONCHETI, E. F. S. **Estudo do processo de secagem em leito de espuma da cenoura, tomate, beterraba e morango**. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2014.

SANTO, Remédio. **Ácido Caprílico**. [201-?]. Disponível em: <<https://remediosanto.pt/products/acido-caprilico.html>>. Acesso em: 12 ago. 2019.

SANTOS, J. A. B.; TRAVÁLIA, B. M.; SANTOS, B.; RESENDE, L. G. M.; TELES, A. R. S.; SANTANA, L. C. L. A. Cinética de secagem de hortaliças em estufa de secagem com luz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS PARTICULADOS, 37, 2015, São Carlos. **Anais...**. São Paulo: Blucher, 2015. v. 2, p. 1833 - 1838. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/enemp2015/SE-671.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2019.

SANTOS, Michel Santana. **QUERCETINA MODULA A SINALIZAÇÃO DO CÁLCIO INTRACELULAR EM CORAÇÃO DE MAMÍFERO**. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Fisiológicas) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão, 2016.

SANTOS, P. P. **Otimização do processo de secagem do extrato de beterraba em leito de espuma**. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2018.

SILVA FILHO, E. D.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; GUIMARÃES, M. K. A. Cinética de secagem em camada de espuma da polpa da manga cv. Haden. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 3, p. 354-361, 2016.

SILVA, A. C. M. **Compostos bioativos da polpa, casca e folhas da gravioleira sob diferentes métodos de secagem**. 58 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2016.

SILVA, A. C. B. **Estudos da viabilidade da secagem de polpa de maracujá (*Passiflora edulis*) pelo método *foam mat***. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Currais Novos, 2015.

SILVA, D. I. S. **ESTUDO DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR E MASSA NA SECAGEM EM LEITO FIXO VISANDO O APROVEITAMENTO DE RESÍDUO DE ACEROLA (*MALPIGHIA ERMAGINATA* DC).** 252 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/15081/1/EstudoTransferenciaCalorMassa.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2019.

SILVA, G. T. **Contribuição para o conhecimento de espécies da família cactaceae: usos pela medicina popular e potencial terapêutico.** 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

SILVA, N. C. **DESIDRATAÇÃO DE RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DE MARACUJÁ-AMARELO POR DIFERENTES METODOLOGIAS.** 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015. Disponível em: <<http://clyde.dr.ufu.br/bitstream/123456789/15251/1/DesidratacaoResiduosProcessamento.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2019.

SILVA, W. L. L. **AValiação da qualidade de drogas vegetais para o tratamento da doença de chagas comercializadas em cápsulas no Paranoá (Brasília-DF).** 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: <http://bdm.unb.br/bitstream/10483/13813/6/2016_WallissonLuanLeonciodaSilva.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2019.

SIMÕES, T. B. **Definição de parâmetros para a secagem em camada de espuma (foam-mat drying) das folhas do mastruz (*Chenopodium ambrosioides* L.).** 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

SOARES, E. C. **CARACTERIZAÇÃO DE ADITIVOS PARA SECAGEM DE ARAÇA-BOI (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) EM LEITO DE ESPUMA**. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2009. Disponível em: <<http://www2.uesb.br/ppg/ppgecal/wp-content/uploads/2017/04/ELIZA-SOARES.pdf>>. Acesso em: 29 jul. 2019.

SOUZA, J. R. P.; VIDAL, L. H. I.; VIANI, R. A. G. Ação de extratos aquoso e etanólico de espécies vegetais na germinação de sementes de *Brachiaria decumbens* Stapf. **Semina: Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 23, n. 2, p.197-202, 2002. Julho-dezembro. Universidade Estadual de Londrina. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359>.

SOUZA, V. C. **Efeito da liofilização e desidratação em leite de espuma sobre a qualidade do pó de polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*)**. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2011.

SVETLICHNY, G. **Desenvolvimento e avaliação da atividade antifúngica de nanopartículas lipídicas sólidas contendo óleo de copaíba e alantoína**. 131 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

UBOLDI, M. **Desidratação por camada de espuma ("foam mat") de suco de tomate**. 39 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1971.

VASCONCELOS, L. F. S. **Definição de parâmetros para a secagem em camada de espuma (*foam-mat drying*) do juzeiro (*ziziphus joazeiro*)**. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

VASCONCELOS, M. A. S.; MELO FILHO, A. B. **TÉCNICO EM ALIMENTOS: CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS**. Recife: Edufrpe, 130 p.

Programa Escola Técnica Aberta Do Brasil (Etec - Brasil). ISBN: 978 - 85 - 7946 - 072 - 2.

VAZ, I. F. S. **Principais plantas em dermatologia**. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade do Algarve, Faro, 2014.

VERÍSSIMO, C. J.; KATIKI, L. M. Alternativas de controle do carrapato-do-boi na pecuária leiteira. In: WORKSHOP CONTROLE DO CARRAPATO, **Anais**. 4 p. 76- 113, 2014.

YAMANAKA, E. S.; MENECHIN, M. C. **Dossiê técnico: Aditivos e coadjuvantes de tecnologia para alimentos orgânicos**. São Paulo: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas - SBRT, 2012. 33 p. Disponível em: <<http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTcwNA==>>. Acesso em: 31 jul. 2019

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, 2014.