



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA
DE PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS



ALINE POYER FARFUS

**RESGATE DA PANC *Stachys byzantina* - AVALIAÇÃO DA CINÉTICA DE
SECAGEM E ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DO ÓLEO ESSENCIAL E
HIDROLATO DA PARTE AÉREA.**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2022

ALINE POYER FARFUS

RESGATE DA PANC *Stachys byzantina* - AVALIAÇÃO DA CINÉTICA DE SECAGEM E ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DO ÓLEO ESSENCIAL E HIDROLATO DA PARTE AÉREA.

Rescue of panc *Stachys byzantina* - Evaluation of drying kinetics and antimicrobial activity of essential oil and hydrolato of shoots

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de “Mestre em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos”
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Sirlei Dias Teixeira
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Vidianny Aparecida Queiroz Santos.
Coorientador: Prof. Dr. Edimir Andrade Pereira.

PATO BRANCO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Atribuição – Uso Não Comercial (CC BY-NC) - Permite que outros remixem, adaptem e criem obras derivadas sobre a obra licenciada, sendo vedado o uso com fins comerciais. As novas obras devem conter menção ao autor nos créditos e também não podem ser usadas com fins comerciais. Porém as obras derivadas não precisam ser licenciadas sob os mesmos termos desta licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco



ALINE POYER FARFUS

RESGATE DA PANC STACHYS BYZANTINA - AVALIAÇÃO DA CINÉTICA DE SECAGEM E ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DO ÓLEO ESSENCIAL E HIDROLATO DA PARTE AÉREA.

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestra Em Tecnologia De Processos Químicos E Bioquímicos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Tecnologia De Processos Químicos E Bioquímicos.

Data de aprovação: 17 de Dezembro de 2021

Prof^a. Sirlei Dias Teixeira, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Mário Antônio Alves da Cunha, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Michelle Fernanda Fanta Rodrigues, Doutorado - Luese Óleos Essenciais

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 17/12/2021.

Dedico este trabalho primeiramente à Deus, pois ele é meu socorro presente no dia da angústia, dedico também à minha família, pelos momentos em que precisei estar ausente.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que me permitiu chegar até o final e me deu forças para não desistir.

À minha mãe, Jaquelina Colli, meu pai Vilmar Poyer, meus irmãos Anne e Guilherme, meu esposo Rodrigo Farfus, meus sogros Sérgio e Oneide, cunhados, Andressa e Ricardo, sobrinhos, Allanis e Nicolas e a todos que sempre estão presentes, por todo o amor, apoio e incentivos dedicados a mim. Todo este apoio, sempre foi e sempre será muito importante para mim.

À empresa Enerquímica que me possibilitou estudar e trabalhar.

Às minhas amigas Camila Diedrich, Leticia Schaefer, Leticia Danguí e Sheila Oliveira por todos esses anos de amizade, apoio e estudos desde os tempos da graduação, amizades estas que levarei para sempre comigo.

A minha orientadora, Professora Sirlei Dias Teixeira, pelos ensinamentos, apoio, incentivo, dedicação e paciência dados nestes anos de graduação e pós-graduação, obrigada por acreditar em meu potencial.

Aos meus co-orientadores, Edimir Andrade Pereira e Vidianny Aparecida Queiroz Santos, obrigada por cada ensinamento.

A todos que me auxiliaram, no laboratório da UTFPR-PB (Júlia), e laboratório da UNIDEP (Vanuza e Thiago).

Por isso não tema, pois estou com você; não
tenha medo, pois sou o seu Deus. Eu o
fortalecerei e o ajudarei; Eu o segurarei com a
minha mão direita vitoriosa.

(BÍBLIA SAGRADA - ISAÍAS 41:10).

RESUMO

FARFUS, Aline P. **Resgate da Panc *Stachys byzantina* - Avaliação da cinética de secagem e atividade antimicrobiana do óleo essencial e hidrolato da parte aérea.** 2021.47p Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2021.

Stachys byzantina K. Koch, popularmente conhecida no Brasil como “peixinho da horta, pulmonária ou orelha de coelho”, pertence à família Lamiaceae, é uma planta alimentícia não convencional (Panc) de crescente aplicação na alimentação humana e muito utilizada como erva medicinal no tratamento de problemas respiratórios em função de suas folhas demonstrarem eficácia para fortificação do pulmão. Estudos têm demonstrado que essa planta possui diferentes atividades biológicas como, ação antioxidante, ação anti-inflamatória, potencial atividade anti-Alzheimer, antidiabética, antiobesidade e inibição microbiológica. Para suprir as necessidades de informações e avaliando pesquisas já existentes sobre resultados apresentados por essa planta, e também em função da importância em resgatar plantas alimentícias não convencionais, capazes de apresentar diferentes aplicações na forma in natura, para alimentação, e depois de seca, para chás e medicamentos, bem como do óleo essencial dela obtido, podendo ter aplicações industriais, foram estudadas a composição química do óleo essencial (metabólitos secundários voláteis) e hidrolato e submetidos à análise de cinética de secagem e atividade antimicrobiana das amostras. Sobre a cinética de secagem, foram avaliadas três temperaturas 40, 60 e 80 °C, cujo modelo de melhor ajuste foi o logarítmico, que apresentou os valores para o coeficiente de determinação (R^2) 0,9995 e para o Qui-Quadrado (χ^2) 0,0007. A atividade antimicrobiana frente aos 5 microrganismos testados apresentam inibição para *Listeria* tanto para o óleo essencial (0,9cm), quanto para o hidrolato (1,0 cm), ambos da extração realizada por arraste a vapor com folhas secas à temperatura de 80 °C. A análise cromatográfica apresentou em sua composição química o *epi*-Cubebol (82,36%) como composto majoritário, seguido de γ -Eudesmol (1,65%), 8- α -Acetoxielemol (0,79%) e Limoneno (0,67%), todos os demais compostos ficaram abaixo de 0,50%. Os resultados obtidos neste estudo apresentaram inibição para *Listeria*, tais resultados podem nortear trabalhos futuros com a aplicação deste material industrialmente, em domissanitários ou como filmes biodegradáveis para fabricação de queijos.

Palavras-chave: Potencial antimicrobiano, *Listeria*, Produtos naturais

ABSTRACT

FARFUS, Aline P. **Rescue of PANC *Stachys byzantina* - Evaluation of drying kinetics and antimicrobial activity of essential oil and hydrolate of shoots.** 2021. 47p. Dissertation (Master's degree in Chemical and Biochemical Process Technology) - Federal Technological University of Paraná. 2021.

Stachys byzantina K. Koch, popularly known in Brazil as "garden fish, lungwort or rabbit ear", belongs to the Lamiaceae family, is an unconventional food plant (Panc) with increasing application in human nutrition and widely used as a medicinal herb in treatment of respiratory problems as its leaves demonstrate efficacy for lung fortification, studies have shown that this plant has different biological activities such as antioxidant, anti-inflammatory action, potential anti-Alzheimer, antidiabetic, anti-obesity and microbiological inhibition. To meet the needs for information and evaluating existing research on results presented by this plant, and also due to the importance of rescuing unconventional food plants, capable of presenting different applications in natura form, for food, and after drying, for teas and medicines, as well as the essential oil obtained from it, which may have industrial applications, the chemical composition of the essential oil (volatile secondary metabolites) and hydrolate were studied and submitted to the analysis of drying kinetics and antimicrobial activity of the samples. About the drying kinetics, three temperatures 40, 60 and 80 °C were evaluated, whose best fit model was the logarithmic one where coefficient of determination (R^2) 0.9995 and the Chi-Square (χ^2) 0.0007, the activity antimicrobial agent against the 5 microorganisms tested showed inhibition for *Listeria* both for the essential oil (0.9 cm) and for the hydrolate (1.0 cm), both from the extraction carried out by steam dragging with dry leaves at a temperature of 80 °C. The chromatographic analysis showed in its chemical composition *epi*-Cubebol (82.36 %) as the major compound, followed by γ -Eudesmol (1.65 %), 8- α -Acetoxyelemol (0.79 %) and Limonene (0.67 %), all other compounds were below 0.50 %. The results obtained in this study showed inhibition for *Listeria*, such results may guide future work with the application of this material industrially, in household cleaning products or biodegradable films for cheese manufacturing.

Keywords: Antimicrobial potential, *Listeria*, Natural products.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – <i>S. byzantina</i>	19
Figura 2 - Local de coleta da <i>S. byzantina</i> na área experimental do curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Pato Branco.	23
Figura 3 - Planta coletada para identificação botânica.....	28
Figura 4 - Cinética de secagem utilizando modelo Logarítmico.	31
Figura 5 - Cinética de secagem utilizando modelo de Lewis.....	31
Figura 6 - Espectro de massas teórico composto <i>epi</i> -cubebol.....	35
Figura 7 - Molécula de <i>epi</i> -Cubebol	35
Figura 8 - Espectro de massas obtido de amostra do óleo essencial de <i>S. byzantina</i>	35
Figura 9 - Molécula do componente proposto – molécula de <i>epi</i> -Cubebol oxidado.	36
Figura 10 - Fragmentação de massas do componente majoritário – pico do íon molecular ($m/z = 220$) originando o pico base ($m/z = 205$).	36
Figura 11 - Mecanismo de origem para o fragmento de $m/z = 177$	37
Figura 12 - Imagens dos resultados da análise microbiológica.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Modelos matemáticos para cinética de secagem.....	24
Tabela 2 - Média dos resultados apresentados, utilizando-se dos modelos matemáticos logarítmico e de Lewis, para cinética de secagem das folhas de <i>S. byzantina</i>	29
Tabela 3 - Composição química do óleo essencial da <i>S. byzantina</i> K. Koch	34
Tabela 4 - Resultados expressos em cm para leitura do halo de inibição.....	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo geral	14
2.2 Objetivos específicos	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 Produtos Naturais	15
3.1.1.1 Metabólitos secundários voláteis.....	16
3.2 Hortaliças não convencionais	17
3.3 <i>Stachys byzantina</i>	18
3.3.1 Métodos de extração	19
3.3.2 Atividade antimicrobiana	21
3.4 Aplicações biotecnológicas	21
4 MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 Obtenção do material botânico	23
4.1.1 Determinação de umidade	23
4.1.2 Cinética de secagem	24
4.3 Obtenção do óleo essencial das folhas de <i>S. byzantina</i>	25
4.4 Identificação dos componentes fitoquímicos das folhas da <i>S. byzantina</i> por Cromatografia Gasosa com detector de massas (CG-EM)	25
4.5 Determinação da atividade antimicrobiana	26
4.5.1 Difusão em ágar	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1 Coleta, identificação e herborização de material botânico	28
5.2 SECAGEM	29
5.2.1 Determinação de umidade	29
5.2.2 Cinética de secagem	29
5.3 Obtenção do óleo essencial das folhas de <i>S. byzantina</i>	32
5.4 Identificação dos componentes por Cromatografia Gasosa com detector de massas (CG-EM)	33
5.5 Atividade antimicrobiana	37
6 CONCLUSÕES	40
REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

De modo geral, os produtos naturais são utilizados desde sempre pela humanidade, sendo na forma de alimentos ou como medicamentos (BARREIRO; BOLZANI; VEIGAS, 2006). A natureza é a responsável pela produção da maioria das substâncias orgânicas conhecidas, sendo importante ressaltar que o reino vegetal possui responsabilidade pela maior parcela da diversidade química conhecida e registrada na literatura (MONTANARI; BOLZANI, 2001).

Além dos estudos de produtos naturais, as plantas alimentícias não convencionais (Pancs) têm atraído a atenção dos pesquisadores devido ao seu potencial alimentício e desenvolvimento espontâneo, assim denominadas, em função de não serem consumidas em larga escala, ou terem sido muito utilizadas em alguma região, até mesmo na medicina popular, mas que foram gradativamente “esquecidas”.

O gênero *Stachys* é um dos maiores da família Lamiaceae e está vastamente distribuído na Europa e no Leste Asiático, bem como na América (GÖREN, 2014), onde é consumido em chás de ervas aromáticas (BAHADORI *et al.*, 2020a). A *Stachys byzantina* tem crescente aplicação na alimentação humana, pelo potencial nutricional (BOTREL *et al.*, 2020, SILVA *et al.*, 2021), fonte de fibras, proteínas, carboidratos, potássio e ferro (AZEVEDO, 2018). Muitos estudos têm demonstrado que essa planta possui diferentes atividades biológicas, como, ação antioxidante (ERDEMOGLU *et al.*, 2006, BAHADORI *et al.*, 2020b), ação anti-inflamatória (KHANAVI *et al.*, 2005), inibição microbiológica de *Escherichia coli* (DUARTE *et al.*, 2007) e *Bacillus cereus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella typhi* e *Staphylococcus aureus* (AZEVEDO, 2018) e potencial atividade anti-Alzheimer, anti-diabética e anti-obesidade (BAHADORI *et al.*, 2020a).

Devido ao alto teor de umidade, alimentos de origem vegetal são bastante susceptíveis à deterioração. Dessa forma, a utilização da secagem vem sendo cada vez mais difundida, pois além de oferecer um produto de boa qualidade, permite que seu armazenamento seja por um período mais longo. Existe ainda a facilidade de redução de massa e volume ao ser transportado (ANDRADE *et al.*, 2006; CORRÊA, *et al.*, 2008). A cinética e a modelagem matemática da secagem são consideradas ferramentas importantes na otimização do processo de secagem (LEITE *et al.*, 2015).

Avaliando pesquisas já existentes sobre resultados apresentados por essa planta, e também em função de apresentar diferentes aplicações na forma in natura,

para alimentação, e depois de seca, para chás e medicamentos, bem como o óleo essencial para aplicações industriais, este trabalho propõe o estudo de suas partes aéreas (folhas) através da cinética de secagem com temperaturas de 40, 60 e 80 °C, sendo o conhecimento químico e biológico dessa espécie de extrema importância, pois possibilitará uma avaliação de viabilidade de aplicação industrial em função da análise de custos-benefícios. Portanto, propõe-se a obtenção do óleo essencial (metabólitos secundários voláteis) e hidrolato pelos métodos de hidrodestilação e arraste a vapor, que serão utilizados para análise microbiológica frente a 5 microrganismos diferentes, pelo método de disco-difusão e também será submetido à análise da composição química pelo CG-EM.

Dessa forma, uma planta que se tornou esquecida, pode ser estudada e apresentada à comunidade em geral, não apenas para alimentação, mas também com aplicações biotecnológicas por meio do estudo da secagem e do comportamento do óleo essencial e do hidrolato obtidos, em relação à atividade antimicrobiana.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a cinética de secagem das folhas da *S. byzantina*, realizar a obtenção do óleo essencial e do hidrolato via arraste a vapor, além de avaliar o potencial antimicrobiano dessas amostras.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar a secagem das folhas de *S. byzantina* em diferentes temperaturas;
- Obter o óleo essencial e o hidrolato das folhas de *S. byzantina*, pelo método de arraste a vapor;
- Identificar os compostos existentes no óleo essencial, obtido por hidrodestilação, utilizando técnicas cromatográficas qualitativas de CG-EM;
- Analisar por meio do disco de difusão em ágar o potencial antimicrobiano do hidrolato e do óleo essencial, obtidos por arraste a vapor, para bactérias Gram-negativas e Gram-positivas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Produtos Naturais

Desde o princípio, os produtos naturais fazem parte da vida humana principalmente como fonte de alimentos devido a superabundância e ao seu fácil acesso. A natureza sempre despertou no homem uma admiração, não apenas por ser utilizada como fonte de alimentação, mas também por se constituir em fonte de constante aprendizado (BARREIRO; BOLZANI; VEIGAS, 2006).

A busca incessante pelo conhecimento levou o homem ao atual desenvolvimento científico, onde os produtos naturais vêm conquistando espaço e importância cada vez maior (BARREIRO; BOLZANI; VEIGAS, 2006), não apenas como fonte de alimentos e medicamentos, mas também como matéria prima para indústrias de cosméticos e agroquímicas, isso ocorre, devido ao aumento e aperfeiçoamento de estudos sobre a estrutura, função e biossíntese dos metabólitos secundários, também chamados de especializados, os quais são produzidos por organismos vivos (SIMÕES *et al.*, 2010).

Esses metabólitos secundários são obtidos a partir de diversas espécies de organismos vivos e se dividem em várias classes, alcaloides, flavonoides, terpenos, ácidos graxos e etc. A grande maioria desses metabólitos, apresentam atividades biológicas já conhecidas como herbicidas, fungicidas, anti-inflamatórias, antitumorais entre outras, além disso, representam uma alternativa viável de utilização, em função de se constituírem em fontes renováveis de compostos (BRAZ FILHO, 2010).

Sabe-se também, que a utilização de plantas é uma das mais antigas formas de prática medicinal da humanidade (MACIEL; PINTO; VEIGA, 2005), na grande maioria das plantas já estudadas, podem ser encontrados princípios ativos com diferentes aplicações que são provenientes do seu diferente metabolismo, sendo que, a presença dessas substâncias garante que cada planta possa ter uma aplicação diferenciada.

Hoje em dia se faz necessário, de forma urgente, o desenvolvimento de métodos eficazes e seletivos que estimulem a pesquisa de produtos naturais isolados e purificados, obtidos principalmente de plantas e/ou microrganismos ou ainda, pesquisa de extratos brutos padronizados, pois estes oferecem oportunidades ilimitadas devido à disponibilidade incomparável de constituintes químicos (RASUL, 2018).

3.1.1 Metabólitos

Metabólitos são produtos intermediários ou finais do metabolismo em uma amostra biológica, estes podem ser considerados como uma resposta do sistema biológico às mudanças genéticas e/ou ambientais (FIEHN, 2002). São também classificados entre primários e secundários (especializados).

Os metabólitos primários são conhecidos por fornecerem as substâncias envolvidas nas funções básicas, ou seja na respiração, biossíntese de aminoácidos e outras funções necessárias para a vida da célula (BRAZ FILHO, 2010). Macromoléculas como carboidratos, lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos que são constituintes celulares, demonstram um grau elevado de similaridade nos processos metabólicos tanto em organismo vegetal quanto um animal (SIMÕES *et al.*, 2010).

Por outro lado, os metabólitos secundários, também conhecidos como metabólitos especializados, são específicos e possuem um papel de grande importância na evolução dos vegetais e interação com os seres vivos (AMORIM; BORGES, 2020).

Estes, durante muito tempo foram considerados como produto de excreção do vegetal, hoje em dia, sabe-se que muitas dessas substâncias têm envolvimento direto nos mecanismos que permitem a adequação do produto a seu meio, podem ser classificados em fixos e voláteis e distribuídos em diferentes classes como: alcaloides, flavonoides, taninos, cumarinas, saponinas, terpenoides e muitos outros, (SIMÕES *et al.*, 2010), além disso, são específicos das espécies, contribuindo com aromas, cores, resistência contra pestes e doenças (BRAZ FILHO, 2010).

3.1.1.1 Metabólitos secundários voláteis

Dentre as diversas classes de metabólitos secundários existentes, há um grande interesse pela química de metabólitos voláteis (os compostos orgânicos voláteis). Estes são importantes e definidos como substâncias com alta pressão de vapor e com fácil percepção olfativa (SANTOS FILHO, 2010).

Os compostos orgânicos voláteis das plantas, são compostos de baixo peso molecular, facilmente carregados pela água e pelo ar e são liberados por praticamente todos os tecidos vegetais nas classes: terpenoides, carotenoides, fenilpropanoides/benzenoides, além desses, também existem os derivados de

aminoácidos que são frequentemente encontrados como componentes em aromas liberados por flores e frutas (RIFFEL; COSTA, 2015).

Esses compostos possuem normalmente características como líquidos lipofílicos, de alta pressão de vapor e podem atravessar membranas celulares perante a inexistência de barreiras de difusão (RIFFEL; COSTA, 2015).

Do ponto de vista químico, os metabólitos voláteis ou óleos essenciais são definidos como produtos obtidos de diferentes partes das plantas, como flores, folhas, cascas, rizomas e frutos (BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009).

Os óleos essenciais são obtidos por meio de diferentes métodos, a destilação por arraste com vapor d'água, onde o material não fica em contato com a água, a prensagem do pericarpo de frutos cítricos (BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009), a hidrodestilação, quando o material fica submerso na água, entre outros.

Os óleos essenciais possuem este nome em função de algumas de suas características físico-químicas, como por exemplo, a de serem geralmente líquidos de aparência oleosa à temperatura ambiente, volatilidade, aroma agradável e intenso, e solubilidade em solventes orgânicos apolares (SIMÕES *et al.*, 2010).

Estes possuem vasta aplicação industrial e embora difícil de estimar, a obtenção de óleo essencial de espécies da família Lamiaceae destaca-se como a de maior utilização e produção mundial em toneladas/ano (SIMÕES *et al.*, 2010).

3.2 Hortaliças não convencionais

Segundo Andrade *et al.* (2018), hortaliças conhecidas como não convencionais são aquelas que por um tempo fizeram parte da alimentação da população, porém com o decorrer dos anos foram sendo esquecidas.

Em 2008, o Biólogo e Professor Valdely Ferreira Kinupp, criou o termo *panc*, as chamadas plantas alimentícias não convencionais. No Brasil, existem em média três mil espécies conhecidas por possuírem uma ou mais partes comestíveis, sendo elas espontâneas ou cultivadas, nativas ou exóticas, além disso, em média nosso país é detentor de 10% de espécies de plantas alimentícias (KELEN *et al.*, 2015).

Essas plantas são utilizadas desde os primórdios como recurso alimentício (BARREIRA *et al.*, 2015), porém segundo Borges e Silva (2018), apenas algumas são produzidas e consumidas em grande escala, como por exemplo, couve, repolho, cheiro verde, alface entre outras.

Além da utilização como espécie comestível, diversos estudos buscam outras características importantes, como a atividade microbiológica e o potencial antioxidante dessas Pancs (DUARTE *et al.*, 2004; JAMZAD *et al.*, 2012; ASSIS *et al.*, 2015).

Dentre essas plantas encontramos a família Lamiaceae, seu reconhecimento vem através de suas espécies conhecidas no uso condimentar, como por exemplo, *Ocimum basilicum* L. (majericão), *O. vulgare* L. (orégano), *Rosmarinus officinalis* L. (alecrim) e *Salvia officinalis* L. (sálvia) (LIMA; CARDOSO, 2007).

Uma Panc conhecida popularmente como pulmonária, cujo nome científico é *S. byzantina*, vem sendo estudada em função de suas atividades medicinais, apesar de não ser muito conhecida, possui estudos que demonstram que suas folhas são eficazes para fortificação do pulmão, atuando também contra infecções (ANDRADE *et al.*, 2013; GUIMARÃES *et al.*, 2015).

3.3 *Stachys byzantina*

A planta *S. byzantina*, possui diversos nomes populares, pulmonária como já citado, falsa-pulmonária, peixinho ou lambari.

Pertencente à família Lamiaceae, pode ser conhecida por meio do nome científico *S. byzantina* C. Koch ou *S. lanata* Crantz, porém ambas são as mesmas espécies, sendo a *S. byzantina* o nome científico válido (AMARAL *et al.*, 2012). No Brasil é cultivada nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste em locais de clima ameno, pois não tolera calor acima de 35 °C. É uma planta herbácea, ereta com folhas simples, elípticas, nervuras peninérveas, carnosas e rugosas, densamente cobertas em ambas as faces por tricomas, apresentando coloração cinza/prateada. As folhas são dispostas opostamente sobre os caules e medem entre 5 a 10 cm de comprimento, a planta inteira (folhas e caules) atinge cerca de 20 a 40 cm de altura (MAPA, 2010; SMILJANIC, 2014), conforme pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – *S. byzantina*



Fonte: Própria autoria (2021).

Estudos recentes apontam uma potencial utilização da planta *S. byzantina* em formulações para uso em cosméticos, alimentos e produtos farmacêuticos devido aos seus efeitos antioxidantes, neuroprotetores, hipoglicêmicos, anti-obesidade e cuidados com a pele (BAHADORI *et al.*, 2020a).

Segundo outro levantamento feito por Amaral *et al.* (2012), além dos dados significativos em sua utilização para fortificação do pulmão e contra infecções, estudos demonstram características da planta como potencial fonte de antioxidantes e o estudo de seu extrato metanólico, mostrou-se ativo contra microrganismos Gram-positivos.

3.3.1 Métodos de extração

Extração é a separação de porções medicinalmente ativas de planta usando procedimentos seletivos e padrões. É o primeiro passo crucial na análise de plantas medicinais, porque é necessário extrair os componentes químicos desejados das partes ou de toda planta, para posterior separação e caracterização (BULUGAHAPITIYA, 2013).

Busato *et al.* (2014), citam a hidrodestilação, extração por solventes orgânicos, destilação com água e vapor, extração por arraste a vapor, enfloração, prensagem a frio, como alguns dos métodos de obtenção de óleo essencial mais utilizados.

A aplicação e utilização do óleo essencial obtido, pode variar conforme o método de extração utilizado, isso ocorre, em função de que alguns compostos presentes nos óleos essenciais são sensíveis às variações de condições em que são expostos, como por exemplo a temperatura de secagem e a polaridade de seus constituintes.

Na hidrodestilação, a planta permanece em contato com a água a uma temperatura aproximada de 100 °C, podendo estar completamente imersa ou flutuando. Por outro lado, na destilação com água e vapor, o material a ser destilado é apoiado sobre uma placa perfurada ou inserido em uma rede e colocado logo acima do fundo do destilador, ou seja, não há contato do material diretamente com a água, apenas com o vapor. Já na extração por arraste a vapor, a água não é mantida na parte inferior do destilador e o vapor é introduzido através de serpentinas (BUSATO *et al.*, 2014).

Em um estudo para verificação da composição do óleo essencial de *S. byzantina*, realizado por Morteza-Semnani *et al.* (2006) o método utilizado foi de hidrodestilação utilizando um aparato Clevenger. Outro estudo com o método de hidrodestilação também utilizando o aparato Clevenger para comparação dos diferentes tipos de secagens da *S. lavandulifolia*, foi o de Hazrati *et al.* (2021).

A composição de metabólitos secundários encontrados em técnicas diferentes de obtenção, pode ser observado no estudo realizado por Khanavi *et al.* (2004) onde alguns dos principais compostos identificados no óleo essencial obtido das folhas por meio de hidrodestilação, foram α -Copaeno (16,6%), Espatuleno (16,1%), β -Cariofileno (14,3%), β -Cubebeno (12,6%), α -Humuleno (8,4%) e Epóxido de Humuleno II (6,8%), e, para o arraste a vapor, os principais compostos identificados no óleo essencial foram Spathuleno (18,5%), β -Cariofileno (13,5%), α -Copaeno (10,4%), Epicubebol (9,3%) e β -Cubebeno (7,1%).

A variação na composição química dos óleos essenciais, resulta em diferentes características de cada vegetal, contribuindo com aromas, cores e mecanismos de resistência também diferentes (BRAZ FILHO, 2010).

3.3.2 Atividade antimicrobiana

Atualmente, vários métodos existem para avaliar as atividades antibacteriana e antifúngica de extratos vegetais. O método de difusão em ágar por poço, disco-difusão e métodos de macrodiluição e microdiluição são os mais conhecidos (SILVA; SONEHARA, 2018).

Estudos como os de Manafi, *et al.* (2010) e Duarte *et al.* (2007) utilizam da técnica do disco de difusão e de concentração inibitória mínima como métrica para avaliar a atividade antimicrobiana do óleo essencial frente a diversos microrganismos Gram positivos e Gram negativos.

A técnica conhecida como halo de inibição é uma técnica simples, cuja leitura é realizada através da medida do raio ou diâmetro do halo, resultante da ausência de crescimento microbiano. Essa técnica visa medir a existência ou não da atividade antimicrobiana. A metodologia utilizada para realizar a medida do halo de inibição formado se dá por meio de difusão em ágar (ABDI; ABIHPEC; SEBRAE, 2015).

A técnica do disco de difusão, também conhecido por difusão em placas foi descrita em 1966 por Bauer, Kirby e Truck (SILVA; SONEHARA, 2018).

A metodologia fornece resultados qualitativos, em princípio o disco de papel é impregnado com o agente antimicrobiano o qual se difunde através da superfície do meio de cultura contendo ágar, inibindo ou matando os microrganismos presentes na área, após essa etapa, é possível verificar a presença ou ausência de um halo de inibição de crescimento do microrganismo, (ABDI; ABIHPEC; SEBRAE, 2015; SILVA; SONEHARA, 2018).

3.4 Aplicações biotecnológicas

A planta que será estudada, a *S. byzantina* possui aplicações principalmente no ramo farmacológico, no combate principalmente, de problemas pulmonares, sendo eles bronquite, asma, pneumonia, etc. (ANDRADE *et al.*, 2013; GUIMARÃES *et al.*, 2015).

Diversos estudos também avaliam sua eficácia contra microrganismos gram positivos *Staphylococcus aureus* (PTCC 1113), *S. epidermidis* (PTCC 1349), *Bacillus subtilis* (PTCC 1023), e gram negativos *Shigella flexneri* (PTCC 1234), *Pseudomonas aeruginosa* (PTCC 1310), *E. coli* (PTCC 1330) como os citados por Jamzad *et al.*,

(2012) e *Escherichia coli* (ETEC 5041-1 e EPEC 0031-2) citado por Duarte *et al.* (2007).

A utilização de produtos naturais nos setores alimentícios, farmacológicos e de cosméticos é muito frequente.

Um exemplo são os sabonetes antibacterianos ou antissépticos que utilizam óleo essencial (O.E.) em sua formulação. Ribeiro *et al.* (2017) relatam o uso e a ação de O.E. de alecrim contra cepas de *S. aureus* (ATCC 25923), *Escherichia coli* (ATCC 25922) e *Candida albicans* (ATCC 10231).

A utilização de produtos naturais na indústria alimentícia, como *muffins* de chocolate, conforme estudo realizado por Pedrosa (2020), que utilizou extrato de plantas da família Lamiacea como a *Melissa officinalis L.*, *Origanum vulgare L.*, e *Rosmarinus officinalis L.* para utilização como conservantes naturais.

Outro estudo relevante realizado por Lima *et al.* (2021), utiliza óleos essenciais de *Lavandula angustifolia*, *Pelargonium graveolens* e *Citrus bergamia* no combate à ansiedade, por meio da aromaterapia.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Obtenção do material botânico

A planta *S. byzantina* foi coletada na área experimental do curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) *campus* Pato Branco, Paraná, Brasil (Figura 2), latitude (26° 10' 33.1" S) longitude (52° 41' 24,9" W), acondicionadas em embalagens plásticas e refrigeradas até a secagem conforme apresentado nos itens 4.1.1 e 4.1.2. A nomenclatura e a identificação botânica foram realizadas no laboratório de Botânica e Paisagismo da UTFPR *campus* Pato Branco, a partir do material vegetal coletado para avaliação (folhas, caule e raiz).

Figura 2 - Local de coleta da *S. byzantina* na área experimental do curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná *campus* Pato Branco.



Fonte: autoria própria (2021).

4.1.1 Determinação de umidade

Para este estudo, fez-se inicialmente a determinação de umidade das folhas coletadas, com metodologia baseada no Instituto Adolfo Lutz (2008), sendo que a secagem foi feita em estufa de circulação de ar a 105 °C por um período de 3 horas,

após esse período o material foi colocado em dessecador até atingir temperatura ambiente, pesado em balança semi-analítica, e posto em estufa novamente até atingir massa constante. A determinação de umidade foi dada por meio da seguinte fórmula:

$$\% \text{ de umidade} = \frac{100 \times N}{P} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde,

N= massa em gramas de umidade (perda da massa em g)

P = massa em gramas da amostra.

4.1.2 Cinética de secagem

Para o levantamento dos dados cinéticos necessários no estudo da secagem das folhas foi utilizada uma estufa com circulação de ar forçado chamada como desidratador PE14 Junior (Pardal), nas temperaturas de 40, 60 e 80 °C com medições de massa, iniciando a cada 5 minutos, com aumento de tempo em intervalos gradativo até atingir massa constante. Os experimentos foram realizados em triplicata. Com os dados experimentais foram construídas as curvas de secagem utilizando os modelos matemáticos apresentados na Tabela 1, no programa computacional STATISTICA 8.0®, realizando-se análise de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton. O grau de ajuste do modelo aos dados experimentais foi avaliado em função da magnitude do Coeficiente de Determinação ajustado (R^2) e o Qui-Quadrado (χ^2).

Esse estudo foi importante para avaliar o comportamento de secagem perante as condições expostas.

Tabela 1- Modelos matemáticos para cinética de secagem

MODELO	EQUAÇÃO
Logarítmico	$RU = A \exp^{(-kt) + b}$
Lewis	$RU = \exp^{(-kt)}$

Em que, RU, k, A e b são constantes dos modelos e t é o tempo de secagem (s).

Fonte: Própria autoria (2021).

4.3 Obtenção do óleo essencial das folhas de *S. byzantina*

Para obtenção do óleo essencial foram utilizadas duas técnicas, a primeira com aproximadamente 26 g do material já seco nas temperaturas de 40, 60 e 80 °C em 1000 mL de água à temperatura de 100 °C \pm 2 °C por um período de 4 horas, em triplicata através do método de hidrodestilação, onde a planta permanece em contato com a água fervente, podendo estar completamente imersa ou flutuando (BUSATO, *et al.*, 2014; KOCH; LEITZKE; MONZANI, 2014) e a segunda, por meio do método de destilação por arraste a vapor com aproximadamente 225 g do material já seco na temperatura de 80 °C, onde a planta fica em contato apenas com o vapor produzido pela água aquecida, este vapor percorre uma serpentina de cobre, que possibilita sua condensação, sendo coletado então, em funil de decantação.

Após a obtenção do óleo essencial, as amostras foram encaminhadas para as análises de caracterização descrita no item 4.4 e verificação de sua atividade antimicrobiana descrita no item 4.5.

4.4 Identificação dos componentes fitoquímicos das folhas da *S. byzantina* por Cromatografia Gasosa com detector de massas (CG-EM)

As análises dos óleos essenciais foram realizadas em cromatógrafo CG-EM/EM da marca Shimadzu modelo GC-2010 Plus, acoplado a detector de massas em tandem do tipo triplo quadrupolo modelo TQ8040 e injetor automático modelo AOC-5000 Plus para análises de amostras líquidas, gasosa (headspace) e microextração em fase sólida (SPME).

Os solventes utilizados foram hexano pureza 99,5% (Supelco) para as análises no CG-EM. Padrão de alcanos C7-C40 (Supelco- 1000 $\mu\text{g mL}^{-1}$).

Os óleos essenciais foram analisados por cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM), o óleo foi diluído a 0,1% (v/v) em hexano grau espectroscópico e analisado nas seguintes condições: coluna capilar de sílica fundida Rtx-5MS (5% difenil + 95% dimetil polisiloxano, com 30 m x 0,25 mm x 0,25 μm). Como gás de arraste foi empregado hélio com vazão de 1,02 mL min^{-1} , em modo split 1:90, estando o injetor à 250°C e o sistema de ionização 70 eV. Foi injetado 1 μL de amostra na seguinte rampa de aquecimento: temperatura inicial 60 °C (0') até 250 °C, com aquecimento de 3 °C/minuto.

Os componentes dos óleos essenciais foram identificados com base no índice aritmético (IA), determinados através da utilização de uma série homóloga de hidrocarbonetos lineares saturados contendo de 10 a 24 átomos de carbono, injetados nas mesmas condições cromatográficas. Os índices aritméticos foram calculados com base nos tempos de retenção obtidos (VAN DEN DOOL; KRATZ, 1963; ADAMS, 2007) e por comparação dos seus espectros de massas com os dados contidos na biblioteca NIST08.

4.5 Determinação da atividade antimicrobiana

As amostras obtidas a partir dos experimentos de hidrodestilação e arraste a vapor (óleo essencial e hidrolato), foram submetidas às análises antimicrobianas, a fim de verificar a inibição de atividade dos microrganismos *Bacillus cereus* ATCC 10876, *Listeria monocytogenes* ATCC 19111, *E. coli* ATCC 25922 e *Salmonella gallinarium* ATCC 9184.

4.5.1 Difusão em ágar

Os testes com o método de difusão em ágar foram baseados na metodologia descrita por Savi (2018) e Manafi *et al.* (2010) com adaptações.

As bactérias foram cultivadas em ágar Müller Hinton e incubadas por um período de 24 horas com temperaturas entre 35 - 37 °C, a fim de se obter culturas ativas. Após a reativação, as cepas foram inoculadas individualmente em tubos de ensaio, contendo água peptonada tamponada e esterilizadas, até atingirem a concentração 0,5 da escala McFarland ($\pm 1,5 \times 10^8$ UFC mL⁻¹). Em seguida, a suspensão microbiana foi colocada em uma placa de petri contendo ágar Müller Hinton e com um swab esterilizado, o inóculo foi espalhado uniformemente sobre toda placa.

Na sequência, o material a ser testado foi impregnado em discos de 5 mm, os quais foram colocados sobre o meio de cultura inoculado com o microrganismo de interesse, de forma a avaliar se o material testado teve efeito inibitório sobre o microrganismo.

Como controle positivo, foi utilizado o antibiótico Tetraciclina 1 mg mL⁻¹, foram também utilizados como controles para os testes iniciais com o hidrolato, os

antimicrobianos padrões, cloreto de benzalcônio 80% e polihexametileno biguanida 20%. Como controle negativo foi utilizado água peptonada.

Em seguida, as placas foram incubadas em estufa microbiológica por 24 h, a temperatura de 35-37 °C.

Após este período, foi realizada a medição do raio dos halos de inibição com régua e os resultados expressos em cm.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Coleta, identificação e herborização de material botânico.

Foram coletadas amostras de espécime preferencialmente fértil, com órgãos essenciais à classificação do vegetal (Fig. 3). A exsicata encontra-se depositada no Herbário da Instituição sob o número de registro HPB 1253 *Stachys byzantina* K. Koch.

A coleta foi realizada no período da tarde no mês de outubro (primavera) de 2020, com temperaturas entre 16 e 27 °C. As folhas coletadas foram selecionadas e encaminhadas para os testes apresentados nos itens 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5.

Figura 3 - Planta coletada para identificação botânica.



Fonte: autoria própria (2021).

5.2 SECAGEM

5.2.1 Determinação de umidade

O resultado obtido para o teor de umidade das folhas frescas de *S. byzantina* foi de 74,47% ± 2,35%, o que traz suculência às folhas e contribui positivamente para as suas propriedades sensoriais, porém, por apresentarem elevado conteúdo de umidade, as plantas se deterioram após um curto período de tempo depois de serem colhidas, devendo ser consumidas ou processadas rapidamente a fim de evitar a decomposição de compostos de interesse ou até mesmo redução de produção.

Alguns estudos citados que utilizaram as folhas frescas da *S. byzantina* apresentaram resultados semelhantes de 78,22% e 75,33% (AZEVEDO, 2018; BOTREL *et al.*, 2020), respectivamente.

5.2.2 Cinética de secagem

Os parâmetros obtidos na generalização das curvas de secagem para os modelos em estudo são apresentados na Tabela 2

Tabela 2 - Média dos resultados apresentados, utilizando-se dos modelos matemáticos logarítmico e de Lewis, para cinética de secagem das folhas de *S. byzantina*.

TEMPERATURA	MODELO LOGARÍTMICO $RU = A \text{ EXP}^{(-Kt)} + B$					MODELO LEWIS $RU = \text{EXP}^{(-Kt)}$		
	a	K	b	R ²	χ ²	K	R ²	χ ²
40 °C	0,8747	0,0105	0,0584	0,9940	0,0147	0,0096	0,9863	0,0421
60 °C	0,9882	0,0338	0,0167	0,9985	0,0028	0,0346	0,9982	0,0034
80 °C	1,0266	0,0602	0,0272	0,9995	0,0007	0,0637	0,9989	0,0015

Onde: Em que: k é a taxa de secagem, a e b são constantes dos modelos; t é o tempo de secagem.
Fonte: Própria autoria (2021).

Verifica-se que os modelos logarítmico e de Lewis resultaram em bons ajustes aos dados experimentais das secagens da *S. byzantina*.

Dentre os modelos testados, o melhor ajuste em todas as temperaturas foi com o modelo logarítmico, em razão de ter apresentado o maior coeficiente de determinação (R²) e o menor Qui-Quadrado (χ²), segundo Karizaki (2016), porém

ambos podem ser utilizados para representar a cinética de secagem, uma vez que ambos tiveram bons ajustes aos dados experimentais.

Observa-se que o aumento da temperatura promoveu um aumento na constante da taxa de secagem k dos modelos matemáticos. Corrêa *et al.* (2010) afirmaram que o parâmetro k tende a aumentar com o aumento da temperatura de secagem, pois maiores temperaturas acarretam em maiores taxas de secagem, atingindo o teor de umidade de equilíbrio em menor tempo de submissão do produto ao ar de secagem.

Esta constante está relacionada à difusividade térmica no processo de secagem e seu comportamento ganha sentido, pois o aumento da temperatura fornece maior quantidade de energia na forma de calor, o que faz com que a amostra se ajuste mais rapidamente à temperatura em seu entorno, atingindo o teor de água de equilíbrio em menor tempo do que no uso de temperaturas mais baixas.

Segundo Babalis e Belessiotis (2004) a constante de secagem “ k ” pode ser utilizada como uma aproximação para caracterizar o efeito da temperatura e está relacionada à difusividade efetiva no processo de secagem e à difusão líquida que controla o processo. Comportamento semelhante foi verificado por Alves *et al.* (2017), ao trabalharem com a cinética de secagem de *Hyptis suaveolens* (L.) também pertencente à família Lamiaceae e por Alves *et al.* (2016) na cinética de secagem da polpa de manga.

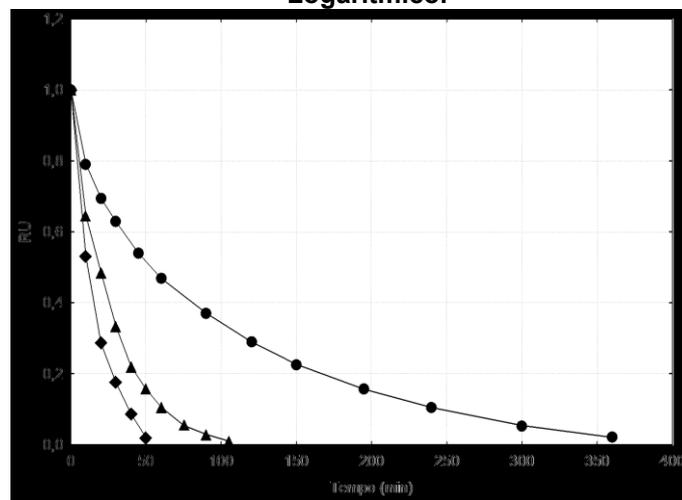
Quanto ao parâmetro a , verificou-se que houve aumento ao elevar a temperatura de secagem, que pode também ser observado comportamento semelhante citado por Martinazzo *et al.* (2007), em cujo trabalho utilizaram capim-limão e Silva *et al.* (2019) o mandacaru, por outro lado, em relação ao parâmetro b não teve um comportamento de aumento ou redução com aumento da temperatura.

Ao analisar a Figura 4 e 5 observa-se que as curvas de secagem foram influenciadas pela temperatura, sendo observada redução gradativa nos tempos de secagem à medida que a temperatura do ar de secagem era aumentada. A amostra levou 360 min para atingir a umidade de equilíbrio a 40 °C, enquanto que na temperatura de 60 °C, o tempo de secagem foi de 105 min e a 80 °C o tempo de secagem foi de 50 min.

Este comportamento é frequente e pode ser observado em estudos distintos como o de Fogaça *et al.* (2021) que investigaram a cinética de secagem de folhas de *Phormium tenax* em temperaturas de 70, 90 e 100 °C, para determinação de sua

difusividade efetiva, energia de ativação e ajustes de modelos matemáticos aos dados experimentais, Souza *et al.* (2021) também estudaram a secagem do epicarpo (casca), mesocarpo (polpa) e endocarpo (amêndoa) do tucumã nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C, neste trabalho observou-se que o aumento da temperatura reduziu o tempo de queda da razão de umidade de ambas as partes da planta estudada. Isso ocorre, em razão da maior taxa de remoção de água do produto devido a um maior gradiente de umidade entre o produto e o ar, ocasionado pelo aumento da temperatura (SOUSA *et al.*, 2011).

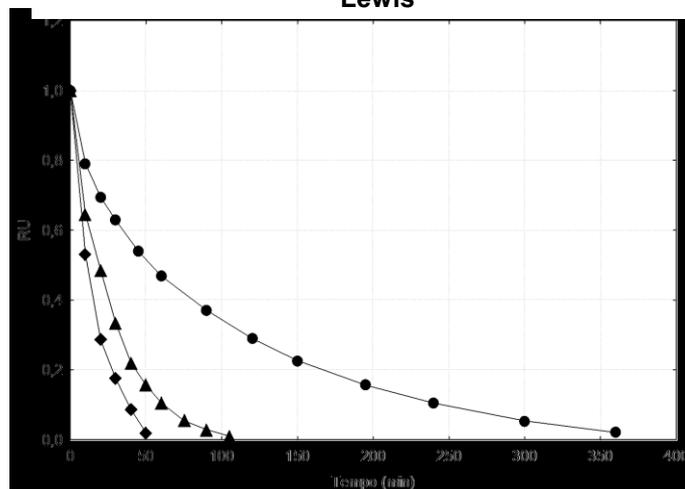
Figura 4 - Cinética de secagem utilizando modelo Logarítmico.



- Temperatura de secagem a 40 °C - ▲ Temperatura de secagem a 60 °C - ◆ Temperatura de secagem a 80 °C.

Fonte: Própria autoria, 2021.

Figura 5 - Cinética de secagem utilizando modelo de Lewis



- Temperatura de secagem a 40 °C - ▲ Temperatura de secagem a 60 °C - ◆ Temperatura de secagem a 80 °C.

Fonte: Própria autoria, 2021.

5.3 Obtenção do óleo essencial das folhas de *S. byzantina*

A elevada diferença em perdas do óleo essencial durante a secagem de folhas, caules e raízes pode estar associada em parte, à anatomia celular, bem como na localização dos componentes do óleo essencial em estruturas secretoras (OGUNDIPE; WUJEK, 2004; BARBOSA *et al.*, 2006), além dos efeitos da temperatura e o tempo de secagem que podem influenciar no rendimento do óleo essencial. Por isso, deve-se fazer uma análise de perdas de constituintes, consumo de energia, etc., e optar pela obtenção do óleo essencial das amostras, utilizando-se das folhas secas a temperaturas mais baixas, levando em consideração que os compostos voláteis são muito sensíveis ao processo de desidratação.

Um estudo realizado por Júnior *et al.* (2020) para verificar as alterações físico químicas e biológicas dos óleos essenciais das folhas de *Alpinia zerumbet* a partir de diferentes temperaturas de secagem, concluiu que a temperatura indicada para a espécie é a de 45 °C, pois a mesma apresentou melhor rendimento, melhor atividade bactericida e atoxicidade do OE obtido. Outro estudo realizado por Borges *et al.* (2019) indicou que a temperatura de 55 °C proporciona maior rendimento de óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf).

O óleo essencial foi obtido por meio de dois métodos. Fez-se hidrodestilação utilizando aproximadamente 26 g de folhas secas em temperaturas de 40, 60 e 80 °C, em 1000 mL de água, por um período de 3 horas. Todo o processo foi realizado em triplicata. Foi realizada também a obtenção do óleo essencial por meio de arraste a vapor utilizando aproximadamente 225 g de folhas secas a 80 °C, visando futura aplicação em indústria, que necessita de rápida secagem para agilidade no processo.

Pelo método de hidrodestilação foi feita a coleta do óleo essencial para identificação dos componentes químicos (utilização de éter etílico em funil de separação, seguido de secagem com sulfato de sódio anidro e filtração) apresentado no item 5.4.

O hidrolato resultante desta hidrodestilação, não apresentou inibição contra os microrganismos, por outro lado, por meio do método de arraste a vapor, utilizando folhas secas a 80 °C, obteve-se óleo essencial em quantidade suficiente para a realização da análise microbiológica, cujo resultados estão apresentados no item 5.5.

5.4 Identificação dos componentes por Cromatografia Gasosa com detector de massas (CG-EM)

Foram identificados 15 componentes do óleo essencial obtido por meio da hidrodestilação, sendo 1,12% de compostos alifáticos, 1,58% de monoterpenos hidrocarbonetos, 0,27% de sesquiterpenos hidrocarbonetos e 85,24% de sesquiterpenos oxigenados, perfazendo o total de 88,21% dos componentes identificados. Dentre os compostos identificados estão γ -Eudesmol (1,65%) e um composto majoritário inicialmente identificado como sendo o *epi*-Cubebol (82,36%). Os demais constituintes foram identificados em concentrações inferiores a 1%, conforme Tabela 3.

Resultados obtidos por Khanavi *et al.* (2004) com a *S. byzantina* C. Koch relatam que, 0,4% de *epi*-Cubebol foram identificados pelo método de hidrodestilação e 9,3% do mesmo composto pelo método de arraste a vapor, e que o composto identificado em maior quantidade foi α -Copaeno (16,6%), do óleo essencial obtido pelo método de hidrodestilação e o Espatulenol (18,5%) obtido pelo método de arraste a vapor.

Morteza-Semnani *et al.* (2006), identificaram 98,7% de compostos para a mesma espécie *S. byzantina*, sendo que desses, 6,4% identificado como sendo o *n*-Tricosano, 6,4% o 6,10,14-trimetil Pentadecan-2-ona, 4,9% o Germacreno D, 4,8% o (*E*)-Nuciferol, 4,5% o *epi*-13- Óxido de Manoila. Salimi *et al.* (2011) identificaram na espécie *S. byzantina* C. Koch 93,2% dos compostos, sendo que 13,3% *p*-Cimeno, 9,5% α -Copaeno, 9,3% Timol, 8,2% Valeranona, 7,2% β -Cubebeno, 6,4% Germacreno-D e 5,2% Germacrene-B, a diferença na composição das amostras de óleos essenciais citados, pode ocorrer em função do local de plantio (temperatura, composição do solo) e também da época em que houve a coleta do material vegetal.

Comparando ainda o estudo de Khanavi *et al.* (2004), a maior parte dos metabólitos secundários foram representados por sesquiterpenos hidrocarbonetos 55% para hidrodestilação e 42,8% para arraste a vapor, sesquiterpenos oxigenados 26,2% para hidrodestilação e 36,4% para arraste a vapor. No estudo feito com *S. byzantina* C. Koch relatado por Shafaghat *et al.*, (2010), 47,2% foram identificados como sesquiterpenos hidrocarbonetos, (29%) como sesquiterpenos oxigenados, 5,6% monoterpenos hidrocarbonetos e 12,8% de componentes alifáticos.

Tabela 3 - Composição química do óleo essencial da *S. byzantina* K. Koch

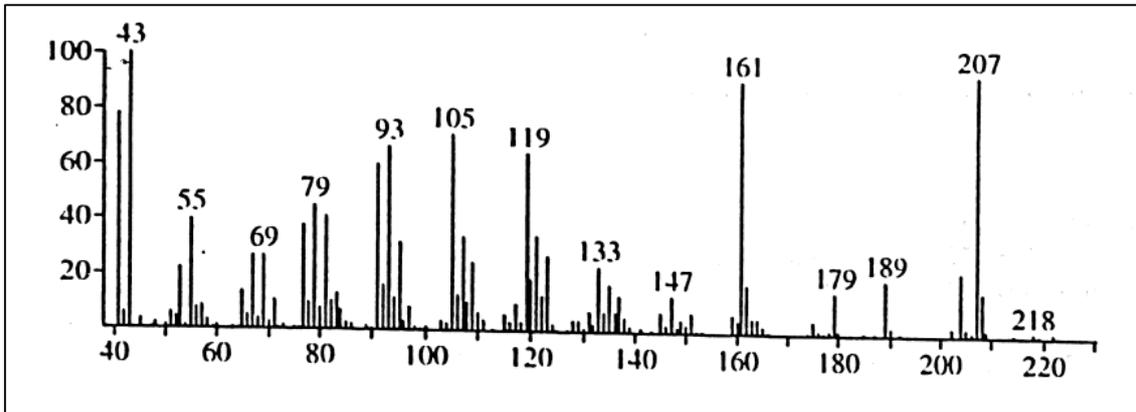
Componentes	(%)	AI _{calc.}	AI _{Lit.}
COMPOSTOS ALIFÁTICOS	1,12		
1- 4-hidróxi-4 metil-Pentan-2-ona	0,44	835	831
2- 3-(<i>E</i>)-Hexenol	0,13	844	844
3- 2-(<i>E</i>)-Hexenal	0,43	849	846
4- Ácido-4 metil-pentanóico	0,12	942	933
MONOTERPENOS HIDROCARBONETOS	1,58		
5- <i>trans</i> -Isolimoneno	0,13	990	980
6- Verbeneno	0,38	963	961
7- β - <i>Pineno</i>	0,19	980	974
8- Limoneno	0,67	1030	1024
9- β - <i>Elemeno</i>	0,21	1391	1389
SESQUITERPENOS HIDROCARBONETOS	0,27		
10- allo-Aromadendreno	0,16	1459	1458
11- γ -Gurjuneno	0,11	1482	1475
SESQUITERPENOS OXIGENADOS	85,24		
12-derivado oxidado do <i>epi</i> -Cubebol	82,36	1502	1493
13- γ -Eudesmol	1,65	1631	1630
14-Helifolenol C	0,44	1677	1681
15- 8- α -Acetoxielemol	0,79	1783	1792
Compostos totais identificados	88,21%		

Nota: AI_{calc.}: Índice de retenção calculado; AI_{Lit.}: Índice de retenção da literatura.
 Fonte: Própria autoria, 2021.

Como relatado, a análise do óleo essencial obtido por hidrodestilação, da *Panc S. byzantina* K. Koch, apresentou um componente majoritário (82,36%) que inicialmente foi identificado como *epi*-Cubebol (Figura 7), em função do índice de retenção calculado (1502) estar muito próximo do índice de retenção da literatura (1493), apresentado na tabela 3, além do espectro de massas do componente (Figura 8) apresentar perfil semelhante ao do espectro de massas observado na literatura (Figura 6). Porém, em análise mais cuidadosa observou-se diferença de duas unidades na razão massa carga nos dois espectros de massas (Figuras 6 e 8), o *epi*-Cubebol, apresenta pico do íon molecular m/z 222 e do componente em estudo m/z 220. Portanto, com base nessas observações e, na proposta de mecanismos de fragmentação (Figura 10) para a molécula “desconhecida” do componente do óleo

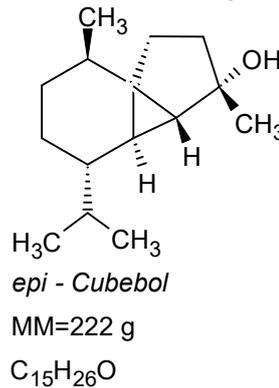
essencial, atribui-se que seja uma molécula de *epi*-Cubebol que sofreu processo de oxidação liberando 2 átomos de H, conforme Figura 9.

Figura 6 - Espectro de massas teórico composto *epi*-cubebol



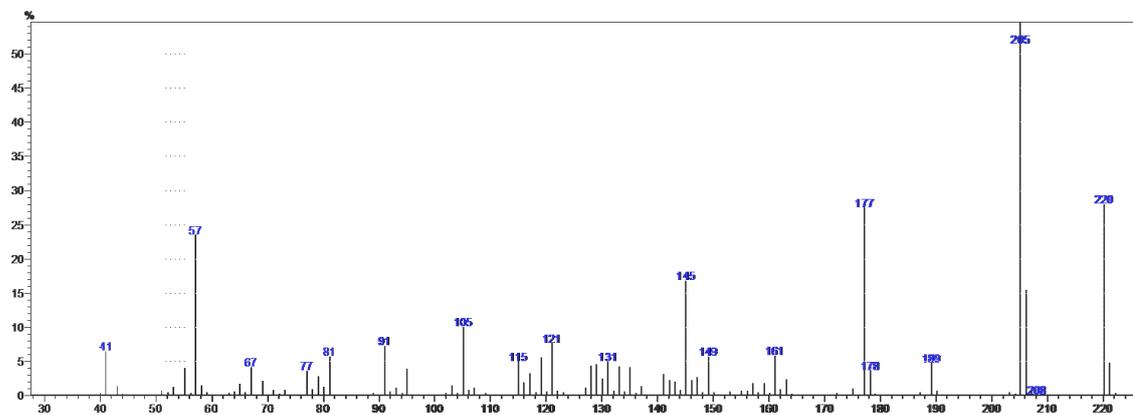
Fonte: Adams, 2007.

Figura 7 - Molécula de *epi*-Cubebol



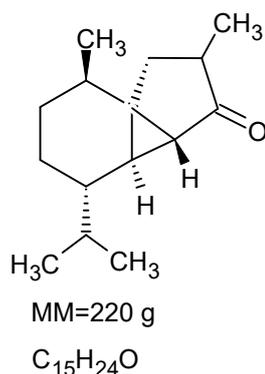
Fonte: Própria autoria, 2021.

Figura 8 - Espectro de massas obtido de amostra do óleo essencial de *S. byzantina*



Fonte: Própria autoria, 2021.

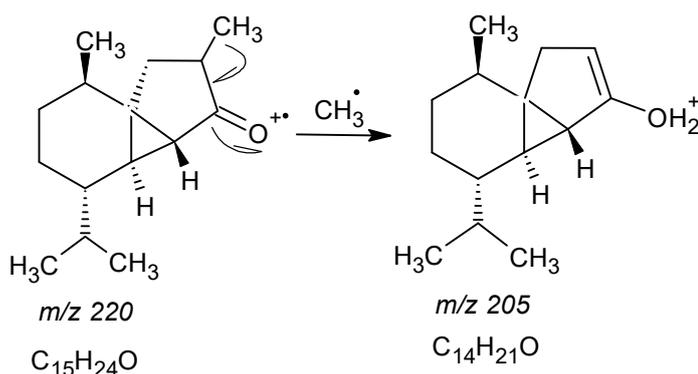
Figura 9 - Molécula do componente proposto – molécula de *epi*-Cubebol oxidado.



Fonte: Própria autoria, 2021.

Com base nos mecanismos de fragmentação da molécula de *epi*-Cubebol, relatado por Rabe e Dickschat (2016), está sendo proposto os mecanismos de fragmentação que justificam os picos mais importantes do espectro de massas do componente aqui denominado *epi*-Cubebol oxidado (Figura 9). A fragmentação do pico do íon molecular $m/z = 220$, ocorre por meio da homólise de um radical metila, justificando a formação do fragmento correspondente ao pico base, $m/z = 205$, que é o pico mais intenso (100%), portanto o mais estável (Figura 10).

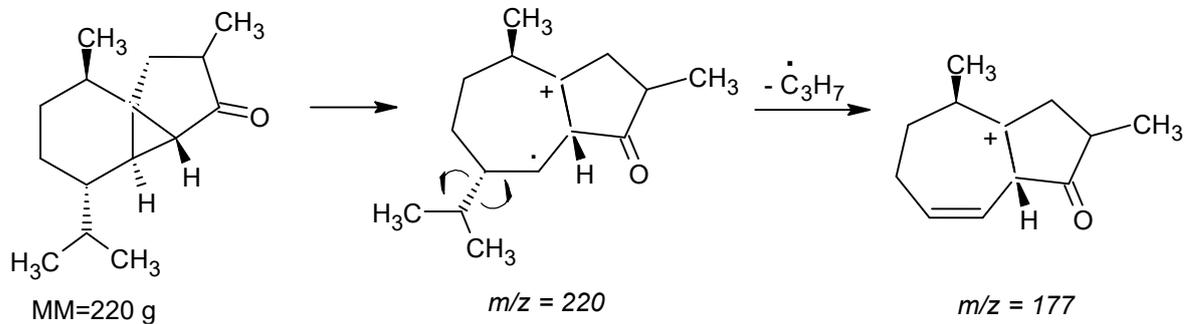
Figura 10 - Fragmentação de massas do componente majoritário – pico do íon molecular ($m/z = 220$) originando o pico base ($m/z = 205$).



Fonte: Própria autoria, 2021.

Na Figura 11, observa-se um rearranjo do anel de seis membros para outro de sete membros, seguido da eliminação do radical isopropil ($^{\bullet}\text{C}_3\text{H}_7$), originando o fragmento de $m/z = 177$.

Figura 11 - Mecanismo de origem para o fragmento de $m/z = 177$



Fonte: Própria autoria, 2021.

Portanto, com base nas propostas de mecanismos de fragmentação descritas nas Figuras 10 e 11, considera-se que o composto majoritário observado no óleo essencial de *S. byzanthina*, obtido por meio de hidrodestilação é um composto derivado da oxidação do *epi*-Cubebol.

5.5 Atividade antimicrobiana

A atividade antimicrobiana das amostras de hidrolato, óleo essencial, cloreto de benzalcônio 80% e polihexametileno biguanida 20% foram testadas pelo método de disco difusão frente as bactérias *L. monocytogenes*, *B. cereus*, *S. gallinarium*, *E. coli*. Porém, apenas o cloreto de benzalcônio 80% e o polihexametileno biguanida 20% que são agentes antimicrobianos utilizados em indústrias de domissanitários, apresentaram inibição para todas as bactérias testadas conforme descrito na Tabela 4.

Segundo MohammadpourKanzaq *et al.* (2015) a utilização de concentrações distintas do óleo essencial obtido da planta *S. lavandulifolia* para o combate de *L. monocytogenes* em leite para produção de queijo Ardabil, demonstrou-se eficaz, melhorando as propriedades microbiológicas e de segurança do queijo e, também mantendo as características organolépticas desejáveis.

As análises realizadas com o óleo essencial e o hidrolato obtidos por meio da hidrodestilação não apresentaram inibição de nenhum microrganismo, já óleo essencial e o hidrolato da obtenção feita pelo método de arraste a vapor,

apresentaram inibição para a *L. monocytogenes*, 0,9 e 1,0 cm, respectivamente, conforme resultados apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados expressos em cm para leitura do halo de inibição.

MICRORGANISMOS	AGENTES DE TESTE								
	C+	C-	H.60	H.40	H.80	C.B.80	P.B.20	O.E.80	H.80.2
B.C. – ATCC 10876	1,3 cm	X	X	X	X	2,8 cm	2,2 cm	X	X
L.M. – ATCC 19111	2,7 cm	X	X	X	X	3,9 cm	3,0 cm	0,9 cm	1,0 cm
E.C – ATCC 25922	1,1 cm	X	X	X	X	2,5 cm	2,2 cm	**	**
S.G – ATCC 9184	3,1 cm	X	X	X	X	3,6 cm	2,6 cm	X	X

(**) microrganismo não cresceu na placa, (X) sem inibição, (C+) Controle positivo/Tetraciclina 1 mg.mL⁻¹, (C) Controle negativo / água peptonada 0,1%, (H.60) Hidrolato 60°C (P.60.1), (H.40) Hidrolato 40°C (P.40.1.1), (H.80) Hidrolato 80°C (P.80.1), (C.B.80) Cloreto de Benzalcônio 80%, (P.B.20) Polihexametileno Biguanida 20%, (O.E.80) Óleo Essencial, obtenção por arraste a vapor 80°C, (H.80.2) Hidrolato, obtenção por arraste a vapor 80°C.

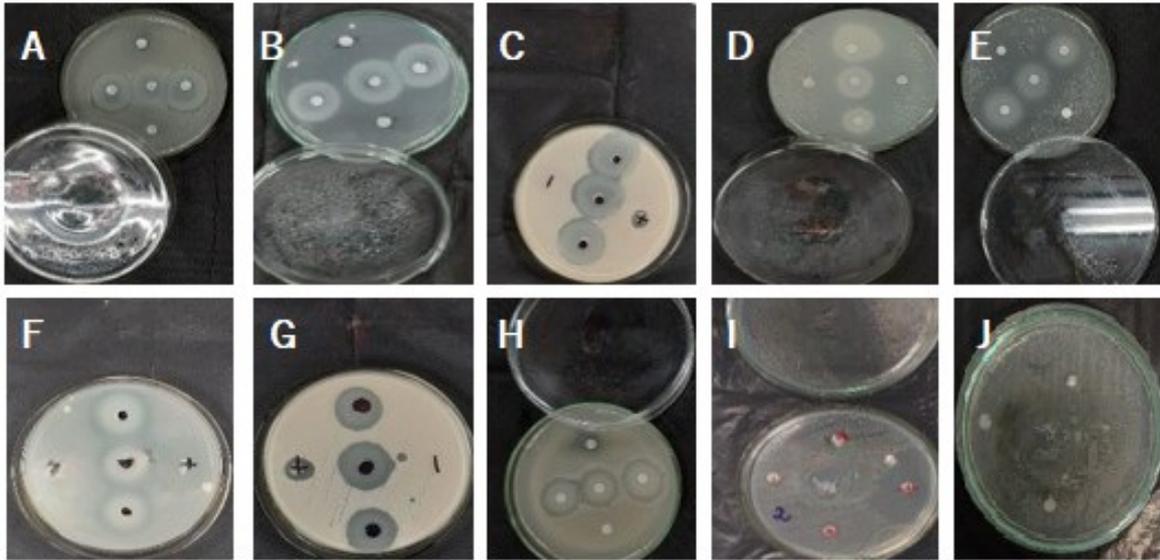
Fonte: Própria autoria, 2021.

Apesar de neste estudo as amostras não apresentarem inibição para os microrganismos *B. cereus* ATCC 10876, *E. coli* ATCC 25922 e *S. gallinarium* ATCC 9184, um estudo realizado, utilizando diferentes espécies do gênero *Stachys*, relata que seus extratos metanólicos, possuem potencial inibição para *S. aureus* PTCC 1112, *Streptococcus sanguis* PTCC 1449, *E. coli* PTCC 1330, *Pseudomonas aeruginosa* PTCC 1074, *Klebsiella pneumoniae* PTCC 1053 (MORTEZA-SEMNIANI *et al.*, 2008).

Outro estudo realizado por Yousefbeyk *et al.* (2021) em que utilizou o extrato aquoso de *S. byzantina* K. Koch, apresentou resultado de inibição para *E. coli* (ATCC 8739).

Ao avaliar os dados apresentados na Tabela 4 e demonstrados na Figura 12, a inibição obtida através do C.B.80 e do P.B.20 que são antimicrobianos industriais comparando-os com os resultados de O.E.80 e H.80.2 podem ser utilizados como base para estudos futuros de diferentes proporções entre: inibidores industriais, óleo essencial e hidrolato, a fim de potencializar seu uso e agregar valor ao óleo essencial e hidrolato obtidos de *S. byzantina* K. Koch.

Figura 12 - Imagens dos resultados da análise microbiológica.



A (cloreto de benzalcônio 80% / *E. coli*), B (cloreto de benzalcônio 80% / *S. gallinarum*), C (cloreto de benzalcônio 80% / *B. Cereus*), D (cloreto de benzalcônio 80% / *L. monocytogenes*), E (poliexametileno biguanida 20% / *L. monocytogenes*), F (poliexametileno biguanida 20% / *S. gallinarum*), G (poliexametileno biguanida 20% / *B. Cereus*), H (poliexametileno biguanida 20% / *E. coli*), I (hidrolato 80°C / *L. monocytogenes*), J (Óleo essencial 80°C / *L. monocytogenes*).

Fonte: Própria autoria, 2021.

6 CONCLUSÕES

Para o processo de secagem, verificou-se que na temperatura de 80 °C a umidade de equilíbrio foi atingida mais rapidamente com economia de tempo e energia, quando comparada com as demais condições estudadas, sendo esta então, a melhor condição de secagem, em termos de economia de tempo. As curvas generalizadas de secagem obtidas na faixa de temperatura de 40 a 80 °C mostraram que o modelo Logarítmico apresentou melhor ajuste aos dados experimentais com base nos valores de R^2 e do Qui-Quadrado (χ^2), melhor descrevendo os dados experimentais em todas as condições estudadas.

Este estudo apresentou que o óleo essencial e hidrolato com melhores resultados, tanto para cinética de secagem como atividade microbiológica, foram obtidos por meio da metodologia de arraste a vapor com as folhas previamente secas à temperatura de 80°C, indicando uma potencial utilização em escala industrial.

Pela análise de cromatografia gasosa com detector de massas foram identificados 15 componentes, sendo que, para o componente majoritário, está sendo proposto uma nova estrutura, cuja fórmula molecular é $C_{15}H_{24}O$, proveniente da oxidação do *epi*-Cubebol, fórmula molecular $C_{15}H_{26}O$.

Estudos futuros devem ser realizados a fim de dimensionar o rendimento do óleo essencial nas temperaturas diferentes de secagem, comparar temperaturas mais baixas com o mesmo método de obtenção de óleo essencial (arraste a vapor), a fim de ampliar a escala de inibição, visando sua utilização na indústria e também para elucidação desse composto identificado, além de realizar análise de CG-EM dessas amostras de óleos essenciais obtidos, para verificar possível oxidação dos componentes.

REFERÊNCIAS

ADAMS, R.P. **Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography /Mass Spectroscopy**. 4ª ed. Allured Pub Corp, 2007.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI), ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS (ABIHPEC) & SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE), **Guia de Microbiologia**: controle microbiológico na indústria de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos. 1ª ed. 2015. 107p. Disponível em: <http://superaparque.com.br/upload/20160516-100554-GuiaMicrobiologia.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2019.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO E COOPERATIVISMO. – Brasília: MAPA/ ACS, 2010. 92 p. **Manual de hortaliças não convencionais**. Disponível em: http://www.abcsem.com.br/docs/manual_hortalicas_web.pdf Acesso em: 11 de set. 2019.

ALVES, G.S. *et al.* Modelagem matemática para descrição da cinética de secagem da polpa da manga cv. Espada. **Revista Principia**, Campina Grande, n. 31, p. 9-14, 2016.

ALVES, J.J.L. *et al.* Cinética de secagem das folhas de *Hyptis suaveolens*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. São Paulo, v. 19, n. 2, p. 168-176, 2017.

AMARAL, P.A. de. *et al.* **Fitoterapia racional: aspectos taxonômicos, agroecológicos, etnobotânicos e terapêuticos**. 1ª. ed. Florianópolis, SC: DIOESC, 2012.

AMORIM, V.A.; BORGES, L.P. Metabólitos secundários de plantas. **Revista Agrotecnologia**, Ipameri, v.11, n.1, p.54-67, 2020.

ANDRADE, A. de. *et al.* Plantas medicinais utilizadas no município de Palmeira das Missões, RS, Brasil. **Revista brasileira de Biociência**, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 338-348, 2013.

ANDRADE, E. T. *et al.* Cinética de secagem e qualidade de sementes de feijão. **Engevista**, v. 8, n. 2, p. 83-95, 2006.

ANDRADE, R. *et al.* Estudo sobre consumo de hortaliças não convencionais no município de São João del-Rei / MG: uma abordagem em busca de valores esquecidos. **Anais do VI Congresso Latino-americano de Agroecologia, X Congresso Brasileiro de Agroecologia e V Seminário de Agroecologia do Distrito Federal e Entorno**, Brasília, v.13, n.1, 2018.

ASSIS, M.L.V. *et al.* Composição fitoquímica e potencial antioxidante de hortaliças não convencionais. **Revista Horticultura Brasileira**. v.33, n.4, p. 504-509, 2015.

AZEVEDO, T.D. de.; **Propriedade nutricionais, antioxidantes, antimicrobianas e toxicidade preliminar do peixinho da horta (*Stachys byzantina* K. Koch)**. 2018. Dissertação (Mestrado em Alimentação e Nutrição) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

BABALIS, S.J.; BELESSIOTIS, V.G. Influence of the drying conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs. **Journal of Food Engineering**, Essex, v.65, n.3, p.449-458, 2004.

BAHADORI, M.B. *et al.* Essential oils of hedgenettles (*Stachys inflata*, *S. lavandulifolia*, and *S. byzantina*) have antioxidant, anti-Alzheimer, antidiabetic, and antiobesity potential: A comparative study. **Industrial Crops & Products**, v. 145 n.112089, p.1-8, 2020a.

BAHADORI, M.B. *et al.* The health benefits of three Hedgenettle herbal teas (*Stachys byzantina*, *Stachys inflata*, and *Stachys lavandulifolia*) profiling phenolic and antioxidant activities. **European Journal of Integrative Medicine**, v.36, p.1-7, 101134, 2020b.

BARBOSA, F.F. *et al.* Influência da Temperatura do Ar de Secagem Sobre o Teor e a Composição Química do Óleo Essencial de *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown. **Revista Química Nova [online]**, v.29, n.6, p.1221-1225, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000600014>. Acesso em: 3 dez. 2021.

BARREIRA, T.F. *et al.* Diversidade e equitabilidade de Plantas Alimentícias Não Convencionais na zona rural de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais [online]**, v. 17, n. 4 suppl 2, p. 964-974, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1983-084X/14_100. Acesso em: 3 dez. 2021.

BARREIRO, E.J; BOLZANI, V.S da.; VIEGAS, C.Jr. Os produtos naturais e a química medicinal moderna. **Revista Química Nova [online]**, v.29, n.2, p. 326-337, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000200025>. Acesso em: 3 dez. 2021.

BIZZO, H.R., HOVELL, A. M. C., REZENDE, C.M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova [online]**, v.32, n.3, p.588-594, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000300005>. Acesso em: 9 dez. 2021

BORGES, C. K. G. D; SILVA, C. C. Plantas alimentícias não convencionais (PANC): a divulgação científica das espécies na cidade de Manaus, AM. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**. Mossoró, v. 4, n. 11, p. 466-477, 2018.

BORGES, F.F. *et al.* Efeito da secagem sobre o rendimento de óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf). **Global Science and Technology**. Rio Verde, v.12, n. 03, p. 01-19, 2019.

BOTREL, N. *et al.* Valor nutricional de hortaliças folhosas não convencionais cultivadas no Bioma Cerrado. **Brazilian Journal of Food Technology [online]**.

v.23, p.1-7, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.17418>. Acesso em: 3 dez. 2021.

BRAZ FILHO, R. Contribuição da fitoquímica para o desenvolvimento de um País emergente. **Revista Química Nova [online]**. v.33, n.1, p.229-239, 2010. Disponível em: http://static.sites.sbq.org.br/quimicanova.sbq.org.br/pdf/Vol33No1_229_39-AG09398.pdf. Acesso em: 03 dez. 2021.

BULUGAHAPITIYA, V. **Plant Based Natural Products Extraction and Phytochemical analysis**, 1ª ed. self, 2013. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/324136585>> Acesso em: 27 de jun de 2021.

BUSATO, N.V. *et al.* Estratégias de modelagem da extração de óleos essenciais por hidrodestilação e destilação a vapor. **Revista Ciência Rural**. Santa Maria, v.44, n.9, p.1574-1582, 2014.

CORRÊA, J. L. G. *et al.* Desidratação osmótica de tomate seguida de secagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 35-42, 2008.

CORRÊA, P.C. *et al.* Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 5, p. 595-601, 2010.

DUARTE, M.C.T. *et al.* Activity of essential oils from Brazilian medicinal plants on *Escherichia coli*. **Journal of Ethnopharmacology**. v.111, n.2, p. 197–201, 2007.

DUARTE, M.C.T. *et al.* Atividade antimicrobiana de extratos hidroalcolícos de espécies da coleção de plantas medicinais CPQBA/UNICAMP. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. Campinas, v.14, supl.I, p. 06-08, 2004.

ERDEMOGLU. N. *et al.* Antioxidant Activities of Some Lamiaceae Plant Extracts. **Phytotherapy Research**. v.20, n. 1, p. 9-13, 2006.

FIEHN, O. Metabolomics – the link between genotypes and phenotypes. **Plant Molecular Biology**. v 48, p.155-171, 2002.

FOGAÇA, M.B. *et al.* Estudo da cinética de secagem de folhas de *Phormium tenax* para uso em compósitos poliméricos. **Revista de Engenharia e Tecnologia**. v.13, n. 1, p. 105-114, 2021.

GUIMARÃES, M.F.M. *et al.* Uso popular de plantas medicinais e perfil socioeconômico dos usuários: um estudo em área urbana em Ouro Preto, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. Campinas, v.17, n.1, p.76-104, 2015.

GOREN, A.C. Use of *Stachys* species (Mountain Tea) as herbal tea and food. **Records of Natural Products**, v.8, n.2, p.71-82, 2014.

HAZRATI, S. *et al.* Estudo comparativo: Influência de vários métodos de secagem em componentes de óleo essencial e propriedades biológicas de *Stachys lavandulifolia*. **Food Science & Nutrition**. v.9, n.5, p. 2612-2619, 2021.

ISNTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**, 4ª. ed. 1ª. ed. Digital, São Paulo, 2008. p. 98-99. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/ediorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf. Acesso em: 02 nov. 2019.

JAMZAD, M. *et al.* Volatile Constituents of Two Labiateae Species from Iran and Antibacterial Activity of the Acetone Extract of Them, **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v.15, n.3, p.380-386, 2012.

JUNIOR, P.S.S. *et al.* Alterações físico-químicas e biológicas dos óleos essenciais das folhas *Alpinia zerumbet* a partir de diferentes temperaturas de secagem. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v.6, n.4, p.22392-22403, 2020.

KARIZAKI, V. M. Kinetic modeling and determination of mass transfer parameters during cooking of rice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. v.38, p.131- 138, 2016.

KHANA VI, M. *et al.* Comparison of the Volatile Composition of *Stachys persica* Gmel. and *Stachys byzantina* C. Koch. Oils Obtained by Hydrodistillation and Steam Distillation. **Zeitschrift Für Naturforschung C**. v.59, p.463-467, 2004.

KHANA VI, M. *et al.* Phytochemical investigation and anti-inflammatory activity of aerial parts of *Stachys byzantina* C. Koch. **Journal of Ethnopharmacology**. v.97, n.3, p.463-468, 2005.

KELEN, M. E. B. *et al.* **Plantas alimentícias não convencionais (PANC): hortaliças espontâneas e nativas**. 1ª ed. Porto Alegre, UFRGS, 2015.

KOCH, D.; LEITZKE, M.; MONZANI, R.M. Extração de óleos essenciais por meio de hidrodestilação para controle de fitopatógenos. **VII MICTI – Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar**. Araquari, 2014. Disponível em: <<http://eventos.ifc.edu.br/wp-content/uploads/sites/5/2014/09/CAA-13.pdf>> Acesso em: 05 de Fev. de 2020.

LEITE, A. L. M. P. *et al.* Contração volumétrica e cinética de secagem de fatias de banana variedade Terra. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v.45, n.2, p.155-162, 2015.

LIMA, R.K.; CARDOSO, M.G. Família Lamiaceae: Importantes Óleos Essenciais com Ação Biológica e Antioxidante. **Revista Fitos**. Lavras, v.3, n.3, p.14-24, 2007.

LIMA, F.C.C. *et al.* A utilização de óleos essenciais de *Lavandula angustifolia*, *Pelargonium graveolens* e *Citrus bergamia* no combate à ansiedade. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.4, p. 41031-41046, 2021.

MACIEL, M.A.M.; PINTO, A.C.; VEIGA, V.F. Junior. Plantas medicinais: Cura segura? **Revista Química Nova**, v.28, n.3, p.519-528, 2005.

MANAFI, H. *et al.* Antimicrobial Activity and Volatile Constituents of Essential Oils from Leaf and Stem of *Stachys byzantina* C.Koch. **Revista Jeopb** v.13, n.3, p.371-376. 2010.

MONTANARI, C.A.; BOLZANI, V.S. Planejamento racional de fármacos baseado em produtos naturais. **Revista Química Nova**, v.24, n.1, p.105-111, 2001.

MARTINAZZO, A.P. *et al.* Análise e descrição matemática da cinética de secagem de folhas de capim-limão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.11, n. 3, p. 301-306, 2007.

MOHAMMADPOURKANZAQ. H. *et al.* Antimicrobial Effect of *Stachys Lavandulifolia* Vahl Essential Oil on *Listeria Monocytogenes*. **Mljgoums**. v.9, n.2, p.47-53, 2015.

MORTEZA-SEMNANI, K. *et al.* Essential oils composition of *Stachys byzantina*, *S. inflata*, *S.lavandulifolia* and *S.laxa* from Iran. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 70, Issue. 3, p. 403-406, 2008.

MORTEZA-SEMNANI, K. *et al.* Antimicrobial Studies on Extracts of Four Species of *Stachys*. **Indian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 21, n.2, p. 300-303, 2006.

OGUNDIPE, P.T; WUJEK, D. Foliar anatomy on twelve genera of Bignoniaceae (Lamiales). **Acta Botanica Hungarica**. v.46, n.3, p.337-361, 2004.

PEDROSA, M.C; **Otimização da Extração de Compostos Bioativos de Plantas (*Melissa officinalis* L., *Origanum vulgare* L., e *Rosmarinus officinalis* L.) para Utilização como Conservantes Naturais em “Muffins de Chocolate”**. 2020. Dissertação (Mestrado em engenharia química) - Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2020.

RABE, P. DICKSCHAT, J.S. The EIMS fragmentation mechanisms of the sesquiterpenes corvol ethers A and B, epi-cubebol and isodauc-8-en-11-ol. **Beilstein Journal of Organic Chemistry**. v.12, n.1, p.1380-1394, 2016.

RASUL, M.G. Extraction, Isolation and Characterization of Natural Products from Medicinal Plants. **International Journal of Basic Sciences and Applied Computing (IJBSAC)**, v.2, n.6, p.1-6, 2018.

RIBEIRO, C.J. de. *et al.* Ação antimicrobiana de sabonetes líquidos à base do extrato e do óleo volátil de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.). **Revista Científica da FHO UNIARARAS**. Araras, v. 5, n.1, p.63-70, 2017.

RIFFEL, A.; COSTA, J.G da. Os voláteis de plantas e o seu potencial para a agricultura. 1ª ed. Aracaju, **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, 2015. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142135/1/Doc-201.pdf>> Acesso em: 22 jan. 2020.

SALIMI, F. *et al.* Analysis and Comparison of Chemical Composition of Essential Oils from *Stachys byzantina* C.Koch. Wet and Dried. **Scholars research library**. v.3, n.5, p.381-383, 2011.

SANTOS FILHO, F. C. **Análise dos constituintes fixos e voláteis de fungos endofíticos dos gêneros *Penicillium* e *Xylaria* e de suas plantas hospedeiras.** 2010. Dissertação (Mestrado em ciências, área de concentração química orgânica) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

SAVI, A. **Caracterização química, potencial antimicrobiano e antioxidante de polissacarídeo extraído de cará-moela.** 2018. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Tecnológico Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.

SHAFAGHAT, A. *et al.* Antimicrobial Activity and Volatile Constituents of Essential Oils from Leaf and Stem of *Stachys byzantina* C.Koch. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**. v.13, n.3, p.371-376, 2010.

SILVA, L.M.Q.de. *et al.* Avaliação da cinética de secagem do mandacaru (*Cereus jamacaru* P.DC.) em estufa. **I Congresso Internacional de Meio Ambiente e Sociedade e III Congresso Internacional de Diversidade de Seminário**, Campina Grande, 2019.

SILVA, B.; SONEHARA, I. Metodologias de determinação de sensibilidade antimicrobiana aplicadas a extrato vegetal bruto (hidroalcoólico): comparação entre duas técnicas de difusão em ágar. Jornada de Iniciação Científica e Mostra de Iniciação Tecnológica - ISSN 2526-4699, Brasil, 2018. Disponível em: <<http://eventoscopq.mackenzie.br/index.php/jornada/xivjornada/paper/view/923/812>> Acesso em: 22 fev. 2021.

SILVA, L.F.L. *et al.* Nutritional characterisation and grouping of unconventional vegetables in Brazil. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**. v.96, p.508-513, 2021.

SIMÕES, O. *et al.* **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 6. ed. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2010.

SMILJANIC, K.B.A. Caracterização morfoanatômica da lâmina foliar de *stachys byzantina c. Koch*. **XI Semana Universitária e VIII Encontro de Iniciação Científica**. Mineiros, 2014.

Disponível em: IX Semana Universitária e VIII Encontro de Iniciação Científica – Centro Universitário de Mineiros (unifimes.edu.br). Acesso em: 29 jan. 2020.

SOUSA, K. A. *et al.* Cinética de secagem do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.). **Revista Ciência Agrônômica**, v.42, n.4, p.883-892, 2011.

SOUZA, T.T.C. de. *et al.* Modelagem e propriedades termodinâmicas da secagem do epicarpo, mesocarpo e endocarpo do tucumã (*Astrocaryum aculeatum*). **Brazilian Journal of Food Technology [online]**. v. 24, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.03220>. Acesso em: 26 out. 2021.

VAN D.D. H.; KRATZ P.D. A generalization of Retention Index System including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. **Journal of Chromatography**, v.11, p. 463-471, 1963.

YOUSEFBEYK. F. *et al.* Síntese verde de nanopartículas de prata de *Stachys byzantina* K. Koch: caracterização, atividade antioxidante, antibacteriana e citotóxica. **Particulate Science and Technology**, v.39, p.1-14, 2021.