



ANÁLISE DE DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE CRAVO-DA-ÍNDIA (*Syzygium aromaticum*)

Otávio Bernhardt Corrêa¹

Aline Resmini Melo²

Carolina Resmini Melo Marques³

Resumo: A busca de compostos de origem natural que possam vir a substituir ou promover o desenvolvimento da sociedade de forma mais sustentável, vem sendo cada vez mais estudada, com a justificativa de evitar o uso de produtos industrializados e sintetizados, os quais muitas vezes podem causar problemas aos seus consumidores. Para tanto, os óleos essenciais são estudados, e cada vez mais descobertas vêm sendo feitas e as suas aplicações são vastas. Porém, os óleos essenciais são compostos que normalmente produzem baixo rendimento extrativo, e há disponível inúmeras formas para efetuar sua extração. Contudo, o estudo promovido teve como objetivo analisar as metodologias extrativas para o óleo essencial de cravo-da-índia. Efetuou-se três metodologias extrativas em escala laboratorial: arraste a vapor, hidrodestilação e extração por solvente orgânico. A técnica empregada que resultou em melhor qualidade e rendimento extrativo fora a de hidrodestilação, uma vez que seu rendimento foi a mais elevada das técnicas empregadas, estando de acordo com a literatura, e sua composição fora a mais pura. A análise de sua composição foi feita utilizando a Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR), o qual foi possível determinar com precisão a presença do composto majoritário do óleo essencial, o Eugenol. Tal análise resultou na elevada correspondência com a literatura indicando assim a eficácia do método extrativo.

Palavras-chave: Óleos-essenciais; Cravo-da-índia; Extrações; Análises; FTIR.

1 INTRODUÇÃO

Os óleos essenciais são substâncias cada vez mais utilizadas, por decorrência de suas diversificadas aplicações. Os extratos dessas substâncias são utilizados em variados setores da sociedade, tais como as áreas farmacêutica, alimentícia, cosmética e terapêutica (TRANCOSO, 2013). Os óleos essenciais podem ser obtidos através de variados meios de extração, podendo-se citar: arraste a vapor,

¹ Graduando em Engenharia Química, 2023. E-mail: otaviocorrea04@gmail.com

² Prof. do Centro Universitário UniSATC. E-mail: aline.melo@satc.edu.br

³ Prof. do Centro Universitário UniSATC. E-mail: carolina.melo@satc.edu.br



que é a principal técnica empregada nas indústrias; hidrodestilação; extração por solvente orgânico; fluido supercrítico de CO₂ e enfloração (TEIXEIRA, 2021).

Este trabalho tem como objetivo avaliar os rendimentos dos principais meios de extração do óleo essencial do cravo-da-índia, cujo nome científico é *Syzygium aromaticum*, em escala laboratorial, sendo: arraste a vapor, hidrodestilação e extração por solvente orgânico. Não se restringindo somente a isso, visa-se também a análise dos óleos essenciais extraídos em FTIR, para averiguar a eficiência da extração quanto a obtenção do composto principal.

Assim, este estudo irá auxiliar no aprofundamento dos trabalhos científicos da área dos óleos essenciais, a qual é amplamente estudada, por conta das aplicações destes compostos os quais se revelam extremamente úteis à sociedade consumidora.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ÓLEOS ESSENCIAIS

Segundo Castro (2021), óleos essenciais são substâncias voláteis quando expostas a temperatura ambiente, possuem caráter lipofílico, ou seja, possuem afinidade com fontes de gorduras, não se dissociando em meio aquoso. São derivados de plantas aromáticas, produzidas por uma série de reações bioquímicas dentro de um ciclo denominado como metabolismo secundário do vegetal.

Conforme o estudo de Santos (2011), os óleos essenciais apresentam características particulares, bem como o fato de a maioria dos casos possuir sabor ácido picante, com coloração de amarelo-pálido a incolor com exceção do óleo de camomila que possui coloração azul. Estes compostos quando expostos a condições desfavoráveis bem como exposição a luz, calor, as substâncias tendem a oxidar, escurecer.

Os óleos essenciais são constituídos por cadeias orgânicas formadas majoritariamente pelos elementos: carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), e eventualmente por nitrogênio (N) e enxofre (S). Tais cadeias orgânicas são curtas, caracterizando a volatilidade dos óleos, tendo a presença de terpenos voláteis (CASTRO, 2021).



A presença dos terpenos nos óleos essenciais faz com que os princípios ativos sejam caracterizados, embora muitas moléculas estão em estudo. Os terpenos encontrados em maior quantidade em um óleo essencial são os monoterpenos e sesquiterpenos, os quais respectivamente possuem uma cadeia de 10 e 15 átomos de carbono, influenciando na volatilidade dos compostos, e seus princípios-ativos. Pode-se citar como exemplo o limoneno, canfeno e pineno como terpenos (CASTRO, 2021).

2.2 APLICAÇÕES DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Os óleos essenciais são substâncias na qual têm presença dos mais variados tipos de princípios ativos em suas composições, logo, suas aplicações são amplas. Segundo o estudo de Rodrigues e Oliveira (2021): “O gênero *Piper sp.* vem destacando-se na área da química e prospecção biotecnológica por apresentar-se capaz de produzir óleos essenciais com potencial biotecnológico para o ramo da saúde e agricultura.” Portanto, observa-se uma das aplicações dos óleos essenciais, o qual possui uma grande importância, uma vez que o tema do uso de agrotóxicos vem sendo tratado recorrentemente pela sociedade.

Não se limitando somente a essa área, observa-se também que os óleos essenciais (OEs) são estudados para a aplicação em indústrias alimentícias, pela questão dos princípios ativos existentes possuírem a atuação sanitizante, como o caso do cravo-da-índia e canela conforme se demonstra no estudo de Toshimi, et.al. (2013, p. 5):

É possível aplicar os OEs como princípios ativos de sanitizantes, em função de menores concentrações necessárias para a inibição microbiana. Todavia, faz-se necessária a continuidade de pesquisas sobre as interferências sensoriais dos OEs em alimentos.

Ressalta-se também que os óleos essenciais possuem uma grande importância na área farmacêutica e terapêutica, uma vez que as propriedades dos princípios ativos extraídos de cada tipo de vegetal permitem que os mesmos sejam manipulados para serem utilizados no tratamento de certas enfermidades, assim conforme afirma Machado e Júnior (2011, p. 17):



Ao se utilizar um óleo essencial, uma substância complexa, pode se atingir ao mesmo tempo diferentes alvos, farmacológicos ou conceituais. Farmacológicos por obtermos respostas de alvos espalhados por todo o organismo, usufruindo de mudanças emocionais e fisiológicas. Ao pensarmos nos conceituais temos o uso da biodiversidade e de conhecimentos tradicionais, além do uso de um produto natural que é uma tendência de consumo ao se tentar diminuir a utilização de substâncias químicas cumulativas e de suas reações adversas.

Entende-se que os óleos essenciais possuem um grande valor para a indústria farmacêutica. Salientando-se que cada óleo vegetal possui princípios ativos distintos, uma vez que seus constituintes são variáveis para cada planta extraída.

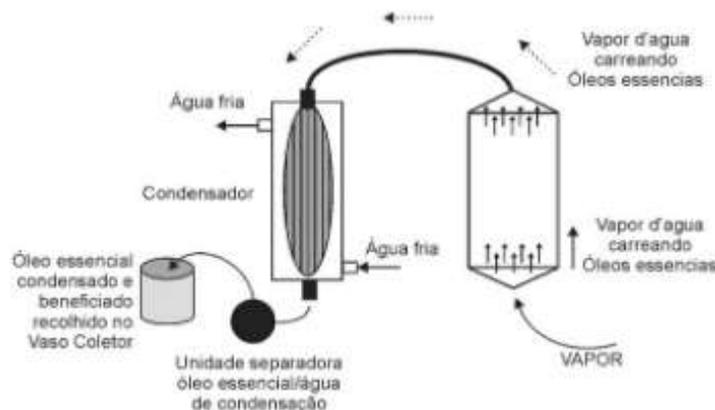
2.3 MEIOS DE EXTRAÇÃO

2.3.1 Princípio do método de arraste a vapor

Há variados métodos para se fazer a extração dos óleos essenciais onde pode-se encontrar o método de arraste a vapor. Esta metodologia se consiste pelo arraste do vapor de água, a qual é aquecida, fazendo com que o vapor seja conduzido até que entre em contato com o vegetal, conforme demonstra a Fig. 1. O vapor em contato com o vegetal faz com que o mesmo atravesse a membrana celular, expondo o óleo essencial no interior da glândula do vegetal, permitindo seu arraste juntamente do vapor. Em seguida os vapores são condensados, e após sua decantação ficam dispostos em duas fases, contendo o hidrolato, que nada mais é que a água com pequenas partes solúveis do óleo havendo os princípios ativos diluídos, e o óleo essencial em si (SANTOS, 2011).

Tal método é o mais utilizado pelas indústrias extrativas de óleos essenciais, uma vez que o método é simples e econômico, proporcionando resultados satisfatórios, ressaltando que o emprego desta técnica permite que uma grande quantidade de material seja processada de uma única vez (TEIXEIRA, 2021).

Figura 1: Extração de Óleo essencial por Arraste a Vapor.



Fonte: Castro (2021)

2.3.2 Princípio da hidrodestilação

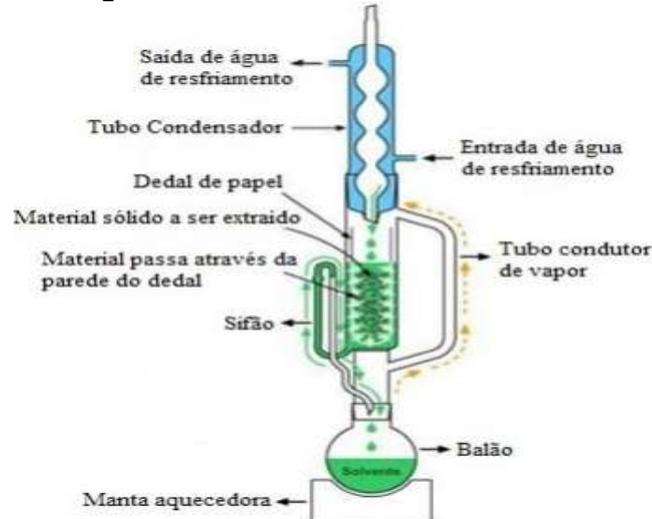
A hidrodestilação é uma das metodologias mais desenvolvidas em escala laboratorial, embora este método seja considerado “raro” em indústrias, uma vez que é julgado ser um procedimento artesanal (MARTINS, 2021).

Seus princípios são similares a extração por arraste a vapor, diferenciando-se que neste método o vegetal está submerso na água, fazendo com que a mesma entre em ebulição, promovendo a volatilização do óleo essencial da planta, sendo condensado em seguida, e formando uma solução com duas fases permitindo a sua separação. O fato do vegetal estar em contato direto com a água faz com que temperaturas acima do ponto de ebulição da água sejam utilizadas, o que promove a degradação dos compostos voláteis, influenciando na qualidade do produto final extraído (TEIXEIRA, 2021).

2.3.3 Princípio da extração por solvente orgânico

Segundo Steffani (2003), a extração de óleo essencial por solvente orgânico baseia-se em dispor a planta em contato direto com o solvente, o qual promoverá a dissolução do óleo essencial no meio orgânico. Posteriormente, necessita-se fazer a separação do solvente do óleo essencial, sendo realizado por meio da evaporação do mesmo. Para tal, permite-se a extração utilizando o modelo de Soxhlet conforme mostra a Fig. 2.

Figura 2: Extrator Soxhlet.



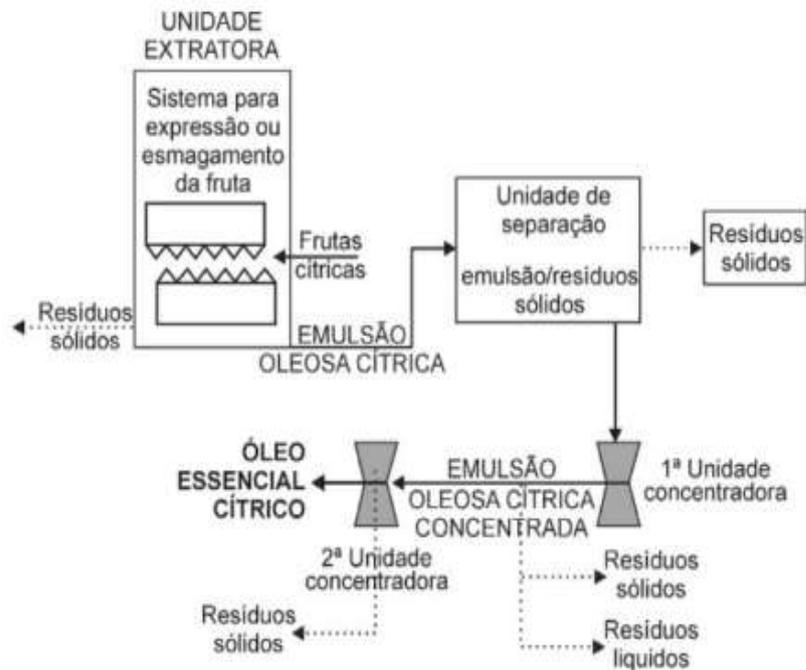
Fonte: Costa (2016)

2.3.4 Princípio da Prensagem a Frio

O processo de extração de óleos essenciais pela metodologia de prensagem a frio, também conhecido como “expressão”, é recomendado para os vegetais cítricos, como por exemplo a laranja e o limão, isso pois a destilação destas plantas promove a obtenção de mau odor e sabor, o qual restringe suas aplicabilidades (SANTOS, 2021).

A metodologia consiste em pressionar a planta, de tal maneira que o suco e os óleos essenciais sejam expelidos, para fazer a separação do óleo essencial do fluido, usam-se jatos de água, os quais propiciam uma emulsão onde há cerca de 1% a 3% de óleo e fragmentos sólidos, separando-se posteriormente através de um ciclone. Em seguida, o óleo é conduzido a uma centrífuga, o qual gera uma solução com três fases, a leve contendo a porcentagem majoritária de óleo, a intermediária, contendo principalmente água e por final, a fase sólida, onde os fragmentos são depositados. O processo pode ser observado na Fig. 3.

Figura 3: Extração por Prensagem a Frio.



Fonte: Santos (2021)

2.3.5 Princípio da Enfloração (Enfleurage)

Segundo Martis (2021), a metodologia é utilizada desde o século XVII com o objetivo de fazer a extração dos óleos essenciais de plantas delicadas, podendo-se citar flores, essas submetidas a outros processos de extração podem acabar degradando de forma muito expressiva o óleo essencial. Por este motivo, esta técnica é empregada até a atualidade, embora quase obsoleta nas indústrias de extração, esta metodologia ainda é utilizada.

O processo consiste em dispor as pétalas de flores sobre uma camada de gordura, podendo ser de origem vegetal ou animal, conforme mostra a Fig. 4. As flores normalmente são trocadas a cada 24 horas, até que a gordura esteja saturada de óleo essencial, uma vez que os compostos voláteis interagem com a gordura, fazendo assim sua captação. O processo por levar muito tempo, ser complexo, e ainda a temperatura ambiente, faz com que o produto seja de alto valor, uma vez que tal método promove a obtenção de um óleo essencial de qualidade (TEIXEIRA, 2021).

Figura 4: Extração por Enfloração.



Fonte: Neves (2011)

2.3.6 Princípio da Extração por Fluido Supercrítico de CO₂

A extração pela metodologia de fluido supercrítico de CO₂ baseia-se no fato de dispor o CO₂ (dióxido de carbono), em uma condição de temperatura e pressão que o torna um composto supercrítico, ou seja, não se permite a diferenciação das fases do mesmo (sólido, líquido e gasoso) (SILVEIRA, 2012). Além do fato de o gás na condição supercrítica, por conta das propriedades dos fluidos neste estado, permitir a solubilização de solutos, onde assim permite-se a extração de óleos essenciais (SARTOR, 2009).

O fato do gás atuar como um solvente, faz com que em contato com o vegetal, o óleo essencial presente na planta seja solubilizado pelo gás supercrítico, o qual posteriormente é reajustado para condições ambientes de temperatura e pressão, proporcionando a transformação do fluido supercrítico em gás novamente, restando apenas o óleo essencial. Por trabalhar em baixas temperaturas, o processo permite a extração de compostos termossensíveis e a sua conservação sem alteração dos princípios ativos. O óleo essencial é obtido em sua melhor qualidade, potencializando a valorização nas aplicabilidades do mesmo (SILVEIRA, 2012).

2.4 CRAVO-DA-ÍNDIA

O vegetal Cravo-da-Índia, cujo nome científico é *Syzygium aromaticum*, é nativo da Indonésia, sendo uma famosa especiaria comercializada no mundo inteiro, com bastante procura e alto valor de mercado agregado por conta de suas propriedades medicinais e culinários. Foi um vegetal que estimulou o seu comércio



em larga escala, e com elevados lucros, em cidades portuárias no século XIV, sendo até mesmo incentivo de expedições marítimas na época. Suas propriedades fizeram com que seu uso seja feito até os dias atuais (BULBECK, et al., 1998).

Há mais de 2000 anos o óleo de cravo-da-índia vem sendo utilizado na medicina como agente antiespasmódico, antibacteriano, antifúngico, enquanto os botões florais eram utilizados para tratamento de gastrites e outros problemas intestinais. O principal constituinte do óleo de cravo da Índia é chamado de “*Eugenol*”, o qual vem ganhando mais interesse por parte de pesquisadores por conta de suas aplicações anti-inflamatórias e quimiopreventivas, além do fato de possuir grande papel antibacteriano e antifúngico conforme demonstrou as conclusões do estudo de Kamatou, et al. (2012, p. 20):

O mecanismo de ação do eugenol sobre microrganismos o posiciona como uma ferramenta valiosa no combate a infecções. Em bactérias, o dano da membrana pelo eugenol causou aumento da penetração de antibióticos administrados concomitantemente ou outros componentes do óleo essencial. Em fungos, o eugenol tem um efeito na morfologia do envelope e interfere na adesividade e na transição para a forma de hifa, impedindo a colonização e também causa a parada do ciclo celular.

A partir disso, entende-se que o cravo-da-índia é um vegetal que está inserido no mercado há séculos, onde esse possui propriedades que podem ser aplicadas aos âmbitos culinários e farmacêuticos. Embora a área terapêutica é mais examinada, o principal constituinte do óleo de cravo-da-índia é o eugenol, o qual suas aplicações demonstram-se promissoras na área da saúde.

3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Nesta seção serão apresentados os procedimentos experimentais para extração dos óleos essenciais de cravo-da-índia, assim como o cálculo de seu rendimento.



3.1 EXTRAÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS DO CRAVO-DA-ÍNDIA

3.1.1 Extração por solvente orgânico

Para a extração por solvente orgânico foi utilizado como referência o trabalho de Correia et al., (2021), com adaptações. Para a extração por meio de solventes orgânicos, utilizou-se a vidraria denominada Soxhlet, juntamente de um balão volumétrico de 500 mL, e um condensador, dispendo o conjunto montado sobre a manta de aquecimento. No balão volumétrico colocou-se o solvente estando presente em uma quantidade de 335 mL, o solvente utilizado foi o hexano (C₆H₁₄).

Usou-se aproximadamente 20 g do cravo-da-índia seco, macerou-se em almofariz e transferiu-se ao papel filtro formando um cartucho, este por sua vez sendo colocado no interior do extrator de Soxhlet. Com a estrutura devidamente montada com o solvente e cartucho com o cravo macerado, iniciou-se a extração, ligando a manta térmica na temperatura de 70 °C, e deixando a extração até um total de 4 ciclos. Posteriormente, fez-se a evaporação do solvente utilizando um rotaevaporador, o qual foi configurado para 90 °C até a volatilização do solvente. Em seguida, levou-se a estufa a 40 °C para efetuar a evaporação do solvente residual.

3.1.2 Extração por hidrodestilação

Para a extração por hidrodestilação utilizou-se como base o estudo de Ascenção e Elias (2013). Utilizando o aparelho Clevenger, dispõe-se 200 mL de água deionizada, em contato direto com 20 g do cravo-da-índia seco no balão volumétrico da própria vidraria, essa permanecendo em contato com a manta de aquecimento configurada para a temperatura de 100 °C. O tempo de extração foi de 1 hora a partir do momento que a água atingiu seu ponto de ebulição. Após a decantação, fez-se a separação do óleo com a água condensada no processo.

3.1.3 Extração por arraste a vapor

O método de extração por arraste à vapor foi baseado nos estudos de Silva et al. (2014). Montou-se a estrutura com um balão volumétrico de 500 mL dentro de



uma manta térmica configurada com a temperatura de 100 °C, com 300 mL de água e pérolas de vidro em seu interior. Tal vidraria estava com sua saída conectada a outro balão com saída lateral, este com 20 g do cravo-da-índia seco macerado em almofariz e com 5 mL de água em seu interior. Este, por sua vez, foi conectado a um condensador e com a disposição de um béquer de 20 mL em sua saída para a coleta do óleo. O processo foi finalizado após o momento que se observou que todo material orgânico foi arrastado, restando apenas a condensação da água no processo.

3.2 CÁLCULO DO RENDIMENTO DE CADA EXTRAÇÃO

Para desenvolver o cálculo do rendimento de cada método de extração de óleo essencial, baseou-se no trabalho de Rabêlo (2010), onde foi desenvolvido pela relação de volume por massa, representado pela Eq. (1) e também foi utilizada a metodologia de massa por massa, representado pela Eq. (2). Para calcular utilizando a segunda metodologia, necessita-se fazer o uso da fórmula da densidade, para que se obtenha a massa do óleo essencial. Segundo Rabêlo (2010), a densidade do óleo essencial do cravo-da-índia é 0,973 (g.mL⁻¹), dessa forma, permite-se assim fazer o cálculo da massa do óleo conforme demonstra a Eq. (3). Para se calcular o teor de óleo e a umidade da amostra baseou-se no estudo de Rocha (2004) e Cardozo (2010), onde as fórmulas para se efetuar os cálculos estão demonstradas nas Eq. (4) e Eq. (5).

$$\eta = \frac{v}{m} \times 100 \quad (1)$$

$$\eta = \frac{m1}{m} \times 100 \quad (2)$$

$$m1 = 0,973 \times v \quad (3)$$

$$T_o = \frac{V_o}{Bm - \left(\frac{Bm \times U}{100}\right)} \times 100 \quad (4)$$

$$U = \frac{MH2O}{M_t} \times 100 \quad (5)$$

Onde:



H = rendimento da extração do óleo essencial (%);
v = volume de óleo essencial obtido (mL);
m = massa do vegetal utilizada para cada extração (g);
 m_1 = massa do óleo essencial (g);
U = umidade (%);
MH₂O = massa de água evaporada da amostra (g);
Mt = massa total da amostra (g);
To = teor de óleo (%);
Bm = biomassa vegetal (g).

3.3 ANÁLISE DA PRESENÇA DE ÓLEO NAS FRAÇÕES EXTRAÍDAS

Para a certificação de que havia a presença de eugenol nas frações extraídas nos diferentes métodos utilizados neste estudo, foi realizada análise de Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), marca Perkin Elmer modelo Spectrum 3 Tri-Range, com espectros na região de 4000 a 650 cm^{-1} , realizadas no Centro Tecnológico da UNISATC, localizado em Criciúma-SC.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE DOS PROCESSOS EXTRATIVOS E RELAÇÃO COM A LITERATURA

Efetuiu-se as extrações dos compostos através dos três métodos citados anteriormente, sendo respectivamente: Destilação por Arraste a Vapor, Hidrodestilação e Extração por Solvente Orgânico. Analisando a extração feita pela metodologia de arraste a vapor, não se observou a formação de nenhuma gotícula de óleo, diferenciando-se das outras metodologias de extrações que apresentaram elevado potencial extrativo.

A amostra obtida pelo método de arraste a vapor se mostrou que não é viável por não se obter nenhum tipo de óleo, somente o hidrolato condensado, descartando-se o emprego desta técnica extrativa, por não gerar o produto que se busca desta extração, o qual é o óleo essencial (eugenol). Segundo o estudo de Silva et al. (2014), foi desenvolvido a metodologia de arraste a vapor para a extração dos



óleos essenciais de cravo-da-índia, utilizando 226 g da matriz vegetal e obtiveram como rendimento final de extração 15,93 $\mu\text{L/g}$. Este, sendo um rendimento extremamente baixo, quando levado em consideração a quantidade de cravo empregada e o resultado final, já quando comparada as outras metodologias extrativas, as quais com menor quantidade de cravo, obteve-se rendimentos consideravelmente superiores a esta técnica. Concluindo-se assim que tal método não fornece bons resultados, uma vez que utiliza uma alta quantidade de cravo para se extrair uma quantidade ínfima de óleo.

Através da metodologia da extração por solvente orgânico, das cinco extrações efetuadas, três foram perdidas, na tentativa de se retirar completamente o solvente orgânico residual, o qual se demonstrou presente e em grande quantidade em todas as amostras, não se conseguindo remover completamente utilizando o rotaevaporador. Segundo Silveira et al. (2012), a remoção do solvente residual se torna um ponto negativo para tal metodologia de extração, uma vez que este exige uma alta demanda energética, além do fato do solvente permitir interações químicas com a matriz vegetal, alterando-se os compostos do produto final, podendo muitas vezes ser tóxico ao uso humano.

As amostras coletadas através do processo de hidrodestilação foram as que mais apresentaram resultados positivos, uma vez que as amostras coletadas, quando relacionadas a literatura se demonstraram condizentes com as características apresentadas. Segundo Gomes et al. (2017), o óleo essencial de cravo-da-índia apresenta odor característico, aspecto límpido, coloração transparente, rendimento de 3,54%, e com uma densidade de 0,973 g/mL. Os extratos obtidos através dessas extrações puderam ser relacionados com estes dados, os quais demonstraram uma proximidade elevada, com rendimentos (v/m) de respectivamente 5,48%; 4,49% e 4,99%.

4.2 RENDIMENTO DAS EXTRAÇÕES E UMIDADE DOS ÓLEOS

Os rendimentos de cada processo extrativo na obtenção do óleo essencial, bem como os teores de óleo, estão dispostos na Tab. 1.



Tabela 1- Rendimento dos experimentos de extração de óleo do cravo-da-índia.

Experimento	Tipo de extração	Massa de Cravo (g)	Rendimento m/m (%)	Rendimento v/m (%)	Umidade (%)	Teor (%)
1	Hidrodestilação	20,07	2,64	2,74	39,12	4,51%
2	Hidrodestilação	20,06	4,04	4,49	37,39	7,16
3	Hidrodestilação	20,03	5,94	4,99	40	8,32
4	Hidrodestilação	19,72	3,94	4,05	42,6	7,07
5	Hidrodestilação	20,03	>1,5	>1,5	51,08	>10
6	Hidrodestilação	20,05	5,28	3,99	34,67	6,10
7	Por solvente orgânico	20,02	4,7	5	17,34	6,04
8	Por solvente orgânico	20,00	18,7	23,5	17,05	28,33

Fonte: Do autor (2023)

Com base na análise dos dados das extrações, observa-se que os rendimentos obtidos através do método de hidrodestilação se torna demasiadamente superior, condizente com a literatura, podendo-se citar o estudo de Gomes et al. (2017), ao qual se obteve como rendimento 3,54%. No experimento 5, extração por hidrodestilação, se obteve um rendimento ínfimo, podendo ser justificado com o teste de maceração do cravo-da-índia em liquidificador e não em almofariz e pistilo conforme feito nos experimentos de 1 a 4. Assim, conclui-se que a maceração com almofariz e pistilo resulta em rendimentos mais elevados quando comparado à maceração em liquidificador.

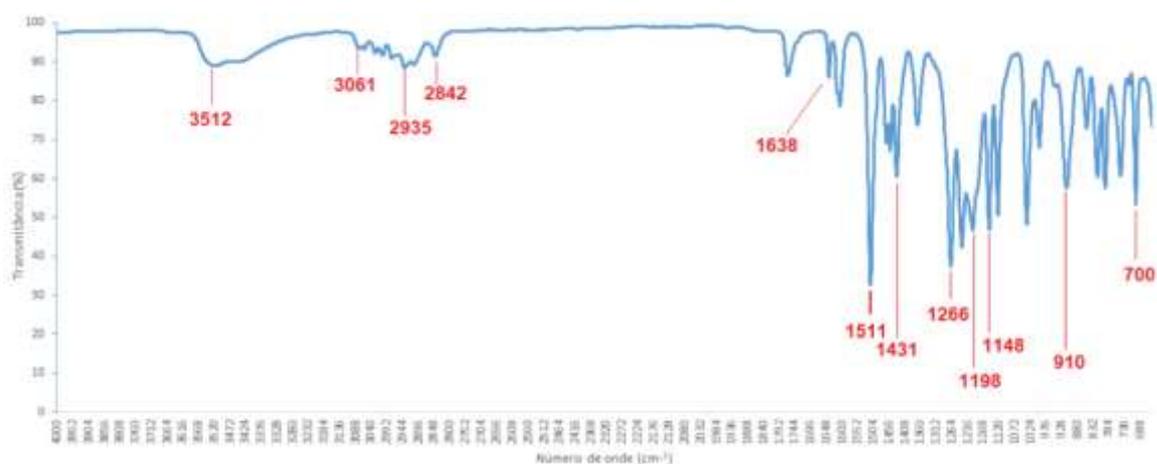
Com base no livro organizado por Francisco (2020), afirma-se que os fatores como interferência luminosa, temperatura, disponibilidade de nutrientes, sazonalidade, parasitismo, impacta diretamente na concentração das substâncias presentes nos metabólitos secundários da planta, ao qual se é extraído o óleo essencial. Não só isso, mas as condições de coletas, armazenamento, estabilização, secagem, também são fatores que influenciam nos extratos das plantas. Ainda segundo o autor: “Estes fatores podem causar uma alteração significativa na qualidade e quantidade das substâncias químicas componentes de óleos essenciais”. Dessa maneira se torna justificada as pequenas variações do rendimento das extrações do óleo essencial, onde o mesmo sofre influência da matriz vegetal, desde o local onde se é plantado, manejada, colhida e armazenada.

Partindo-se aos teores dos óleos, comparou-se os dados obtidos com o estudo feito por Sampaio (2017), o qual obteve como resultado de duas extrações teores de óleo nos valores de 9,10% e 10,43%. Tais valores quando comparados aos resultados obtidos neste estudo, observa-se que são consideravelmente próximos a literatura, tal diferença pode ser justificada novamente pelas condições em que o vegetal foi submetido influenciando assim nos resultados extrativos. Analisando-se os teores de óleo obtidos através da extração utilizando solvente orgânico por Soxhlet, consta-se que foram as extrações que mais se obteve variações de resultados. Tal fato pode ser justificado pela imprecisão de cálculo, uma vez que houve presença de solvente residual nas amostras das extrações por estas metodologias, ocasionando assim uma imprecisão matemática.

4.3 ANÁLISE POR FTIR

Coletou-se cerca de 3 mL das amostras extraídas pelos métodos de extração por hidrodestilação e extração por solvente orgânico, e as mesmas foram analisadas por Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR). Os resultados obtidos estão apresentados nas Fig. 5 e 6, sendo, respectivamente, as substâncias extraídas por hidrodestilação e solvente orgânico.

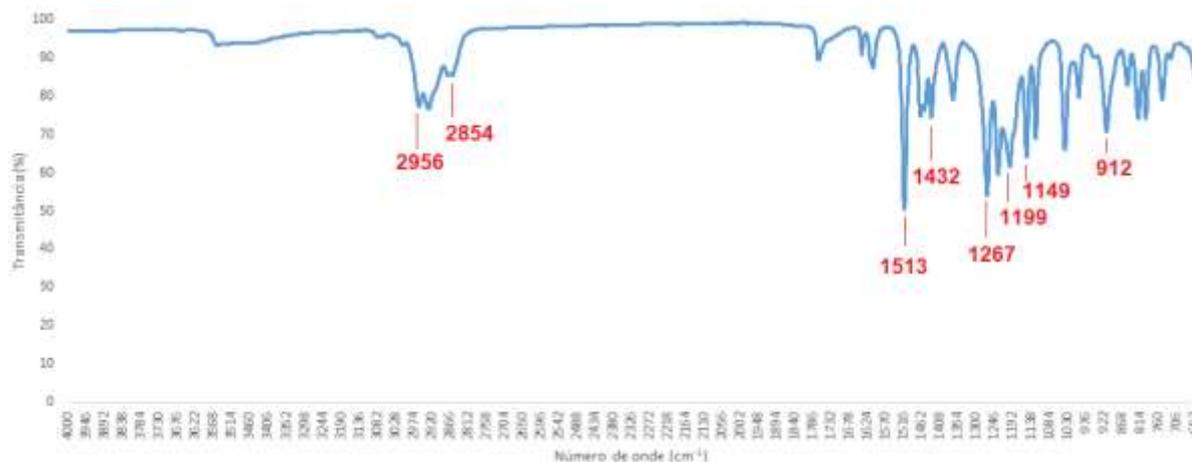
Figura 5: Análise de FTIR da amostra obtida por hidrodestilação.



Fonte: Do autor (2023)



Figura 6: Análise de FTIR da amostra obtida por extração com solvente orgânico.



Fonte: Do autor (2023)

Observa-se que os gráficos das Fig. 5 e 6 possuem dados próximos, que se assemelham aos picos característicos de eugenol (Coblentz Society Inc., 2018). Seguindo o espectro da Fig. 5, a banda em 3512 cm^{-1} é atribuída ao estiramento da ligação -OH , a banda nas proximidades de 2935 cm^{-1} é referente ao estiramento C-H do grupo CH_3 . Os picos entre 1638 cm^{-1} e 1431 cm^{-1} , correspondem a vibrações de um anel fenil. O pico de 1148 cm^{-1} é característico de dobramentos nas ligações C-H nos grupos fenil e metil ($\text{C}=\text{C}$). Os picos pontiagudos em cerca de 1266 cm^{-1} e 1198 cm^{-1} representam alongamentos de C-O nos grupos aromáticos e, na última região, no intervalo entre 910 cm^{-1} e 700 cm^{-1} , pode-se identificar uma curvatura de C-H em metileno. Os picos existentes na faixa de 1511 cm^{-1} e 1513 cm^{-1} são obtidos por conta da vibração existente da ligação aromática C=C do composto do eugenol, acetyeugenol e salicilato de metila, estes, são compostos que também são obtidos durante a extração do óleo essencial de cravo-da-índia. Todas os picos citados e suas características são fortes indícios de o óleo ser composto por eugenol (YADAV; BALASUBRAMANIAN, 2012; apud MENDES, 2021; RODRÍGUEZ; et al., 2018).

A Fig. 6 apresenta uma variação na largura de banda na faixa de 3000 a 2800 cm^{-1} , sendo evidenciado um composto não esperado como resultado. Analisando-se na literatura, chegou-se à conclusão de que tal variação é justificada pela presença do solvente orgânico utilizado na extração, ou seja, presença de hexano (C_6H_{14}), uma vez que o espectro infravermelho desta substância varia na mesma largura de banda de maneira semelhante as bandas do espectro do hexano (Coblentz Society Inc., 2018).



Ambos os gráficos com os resultados do FTIR possuem suas semelhanças, os quais quando comparados a literatura, do espectro de infravermelho do composto do eugenol, observa-se uma grande similaridade.

Portanto, observando-se os pontos em comum em ambos os gráficos se conclui que o eugenol, substância majoritária do óleo essencial do cravo-da-índia, foi extraído com sucesso, uma vez que foi evidenciado sua presença com a análise dos pontos dos espectros. Embora não se tenha conseguido eliminar completamente o solvente residual através do rotaevaporador, onde o mesmo acabou sendo identificado na análise por FTIR. Portanto, conclui-se que o método de extração por solvente orgânico tem seus benefícios, embora não forneça um produto final “confiável” ao uso humano, demonstrando-se assim, que a técnica de hidrodestilação fornece resultados mais satisfatórios, uma vez que o rendimento é condizente a literatura, e seu produto final possui maior quantidade do óleo essencial do cravo-da-índia quando comparado a outra metodologia extrativa.

5 CONCLUSÕES

Após a realização dos procedimentos expostos, juntamente da análise dos resultados obtidos, chegou-se a conclusão que os objetivos propostos foram concluídos com resultados de acordo com as revisões literárias efetuadas. As análises em FTIR efetuadas comprovaram a existência do eugenol no óleo essencial do cravo. Conforme previsto, a extração pelo método de hidrodestilação fora o que melhor forneceu rendimento de óleo essencial do cravo da índia, bem como produziu o extrato mais puro, sem nenhum tipo de contaminantes. Tal fato não se pode alcançar utilizando o método de extração por solvente orgânico, onde este, mesmo após a rotaevaporação, demonstrava a considerável presença de hexano no produto final, o qual analisando comercialmente, seria elevada as chances deste óleo causar danos aos consumidores, devido à presença deste contaminante.

Sugere-se que este estudo seja continuado, uma vez que muito é citado das propriedades antimicrobianas do óleo essencial de cravo-da-índia, devido ao eugenol, porém pouco é analisado em práticas com variados tipos de microrganismos. Também se deve levar em consideração os estudos de reaproveitamento dos resíduos gerados no decorrer da extração, podendo-se citar a matriz vegetal do cravo,



e o hidrolato. Tais questões têm elevada importância de serem estudadas, uma vez que diversas descobertas podem acontecer, pelo motivo de que tais tópicos são pouco explorados e encontrados em literaturas. Estes achados podem vir a auxiliar o desenvolvimento da sociedade, com a aplicação destes compostos, nos mais diversos setores.

REFERÊNCIAS

ASCENÇÃO, Vanessa L.; ELIAS, Victor Mouchrek Filho. Extração, caracterização química e atividade antifúngica de óleo essencial *Syzygium aromaticum* (cravo da Índia) *. **Cad. Pesq.**, São Luís, v. 20, n. especial, p. 137- 144, jul. 2013. Disponível em: <<http://177.107.89.34:8080/jspui/handle/123456789/302>> Acesso em: 20 abr. 2022.

BULBECK, David; REID, Anthony; CHENG, Tan Lay; YIGI, Wu. **Southeast Asian Exports Since the 14th Century: Cloves, Pepper, Coffee, and Sugar**. n. 4. Cingapura: Institute of Southeast Asian Studies, 1998. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=0q_r9aYSF_MC&oi=fnd&pg=PR1&ots=e_DWC5Jc0p&sig=eXGD1ff3fQktLSiamjzpEeeNS0Q&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 19 mai. 2022.

BRITO, Carolina de Assis Barros. **Avaliação da eficácia de substâncias naturais antimicrobianas e seu efeito em determinadas propriedades do gesso tipo IV**. 2013. 79 f. Dissertação (Mestrado em Reabilitação Oral) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/97327>>. Acesso em: 20 mai. 2022.

CASTRO, Mayra Corrêa. **Aromaterapia**. 1ª ed. Curitiba: Contentus, 2021.

CARDOZO, Bruno Möhler. **Avaliação das características de secagem dos grãos de soja**. 2010. 43 f. TCC (Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/35186/000792961.pdf?sequence=>>>. Acesso em: 31 mai. 2022.

COBLENTZ SOCIETY, Inc., "Evaluated Infrared Reference Spectra" in NIST Chemistry WebBook, **NIST Standard Reference Database Number 69**, Eds. P.J. Linstrom and W.G. Mallard, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg MD, 20899, <https://doi.org/10.18434/T4D303>, (recuperadas 15 julho 2022). Disponível em: <<https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C110543&Units=CAL&Type=IR-SPEC&Index=2#IR-SPEC>>. Acesso em: 14 jul. 2022.

CORREIA, Ana Beatriz Costa; FRANCISCO, Daniel Cordeiro; SOUZA, Erika Tainá Santos; SANTOS, Gabriel Quintanilha; RIBEIRO, Geovanna Santos; SANTANA Milena Pereira. **O uso do eugenol na formulação de uma máscara capilar**. 2021.



10 f. TCC (Técnico em Química) – Centro Paulo Souza, São Paulo, 2021. Disponível em: <<http://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/7280/1/USO%20DE%20EUGENOL%20NA%20FORMULA%C3%87%C3%83O%20DE%20M%C3%81SCARA%20CAPILAR.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2022.

COSTA, Kíssyla Ávila; GUIMARÃES, Antônio Carlos Rodrigues; REIS, Marcelo de Miranda; SANTANA, Claudeny Simone Alves. Estudo do processo de lixiviação controlada da escória de aciaria em extrator Soxhlet visando emprego em pavimentos. **Revista Matéria**, v.22, n.02, p.01-19, nov. 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rmat/a/J7Bb6s4t3dTfCTjZtw9TxPF/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 30 mai. 2022.

FRANCISCO, André Luiz Oliveira. **Avanços Científicos, Tecnológicos e de Inovação na Botânica**. 1ª ed. Ponta Grossa: Atena Editora, 2020. Disponível em: <file://satc.edu.br/dados/Usuarios/otavio.correa/Desktop/cap7_68b8c813fc553e165cb28fe4b865134aba12f638.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2022.

GOMES, Paulo Roberto Barros; RABÊLO, Waléria Ferreira; MOUCHREK FILHO, Victor Elias; NASCIMENTO, Alexandre Albuquerque; LOUZEIRO, Hilton Costa; LYRA, Wellington da Silva; FONTENELE, Maria Alves. Caracterização química e citotoxicidade do óleo essencial do cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*). **Revista Colombiana de Ciências Químico-Farmacéuticas**, v. 47, n. 1, p. 37-52, dez. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74182018000100037&lng=es&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 14 jul. 2022.

KAMATOU, Guy P.; VERMAAK, Ilze; VILJOEN, Álvaro M. Eugenol - From the Remote Maluku Islands to the International Market Place: A Review of a Remarkable and Versatile Molecule. **Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)**, v. 1, n. 1, p. 6953- 6981, jun. 2012. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1420-3049/17/6/6953/htm#B3-molecules-17-06953>>. Acesso em: 19 mai. 2022.

MACHADO, B. F. M. T.; JÚNIOR, A. F. Óleos essenciais: aspectos gerais e usos em terapias naturais. **Caderno acadêmico**, v. 3, n. 2, p. 105-127, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/137219/ISSN2175-2532-2011-03-02-105-127.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 24 de maio de 2023.

MARTIS, Giovanni. **Naturopatia medicina da alma: Os óleos essenciais e o bem-estar físico, mental e espiritual**. 1ª ed. São Paulo: Ícone Editora LTDA., 2021.

MENDES, Vitória César; BARROS, Melissa Gabriel de; AGUIAR, Valeska Soares. Botões florais do cravo-da-índia: extração e aplicação de seu óleo essencial como agente larvicida no combate à dengue. **Journal of Innovation and Science: research and application**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 12 p., 2021. DOI: 10.56509/joins.2021.v1.18. Disponível em: <https://joins.emnuvens.com.br/joins/article/view/18>. Acesso em: 18 de jul. de 2022.

NEVES, Juliete Silva. **Aromaterapia: um tema para o Ensino da Química**. 2011. 28 f. TCC (Licenciatura em Química) – Universidade de Brasília Instituto de Química, Brasília, 2011. Disponível em:



<https://bdm.unb.br/bitstream/10483/1728/1/2011_JulieteSilvaNeves.pdf>. Acesso em: 30 de mai. 2022.

RABÊLO, Waléria Ferreira. **Caracterização química, toxicidade e avaliação da atividade antibacteriana do óleo essencial do cravo da Índia (syzygium aromaticum)**. 2010. 79 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2010. Disponível em: <https://tede2.ufma.br/jspui/bitstream/tede/911/1/WALERIA_%20FERREIRA_%20RABELO.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2022.

ROCHA, Olinto Gomes Neto; SANTOS, Alberdan Silva; ALVES, Sérgio de Mello; FIGUEIRÊDO, Francisco José Câmara. Descrição de Sistema e de Métodos de Extração de óleos essenciais e Determinação de Umidade de Biomassa em laboratório. **Comunicado Técnico**, v. 1, n. 99, p. 1-6, nov. 2004. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/402448/1/com.tec.99.pdf>>. Acesso em: 31 de mai. 2022.

RODRIGUES, Deivisson Wolf; OLIVEIRA, João Arthur dos Santos. Óleos essenciais de piper I. (piperaceae) e sua aplicação biotecnológica na agricultura: uma revisão da literatura. **Arquivos do Mudi**, v. 25, n. 2, p. 100-110, 13 ago. 2021. Disponível em: <<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/60107/751375152539>>. Acesso em: 30 mai. 2022.

RODRÍGUEZ, José Daniel Wicochea; PEYRON, Stéphane; RIGOU, Peggy; CHALIER, Pascale. Rapid quantification of clove (*Syzygium aromaticum*) and spearmint (*Mentha spicata*) essential oils encapsulated in a complex organic matrix using an ATR-FTIR spectroscopic method. **PloS one**, v. 13, n. 11, p. 1-17, 2018.

SANTOS, Adailson da Silva. **Óleos Essenciais: uma abordagem econômica e industrial**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2011.

SAMPAIO, Bruno. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE SYZYGIUM AROMATICUM (CRAVO-DA-ÍNDIA) COMERCIAL... In: Anais da Mostra de Pesquisa em Ciência e Tecnologia 2017. **Anais...Fortaleza (CE) DeVry Brasil - Damásio - Ibmec**, 2019. Disponível em: <[https://www.even3.com.br/anais/mpct2017/48053-AVALIACAO-DO-POTENCIAL-DE-EXTRACAO-DO-OLEO-ESSENCIAL-DE-SYZYGIUM-AROMATICUM-\(CRAVO-DA-INDIA\)-COMERCIAL](https://www.even3.com.br/anais/mpct2017/48053-AVALIACAO-DO-POTENCIAL-DE-EXTRACAO-DO-OLEO-ESSENCIAL-DE-SYZYGIUM-AROMATICUM-(CRAVO-DA-INDIA)-COMERCIAL)>. Acesso em: 02 de ago. 2022.

SARTOR, Rafael Busato. **Modelagem, Simulação e Otimização de uma Unidade Industrial de Extração de Óleos Essenciais por Arraste a Vapor**. 2009. 99 f. Dissertação (Mestrado em Pesquisa e Desenvolvimento de Processos). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/21924/000737903.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2022.

SILVA, Angela Aparecida; BERGAMO, Lucimara; CAMARGO Líria Paula; FERNANDES, Camila; MUSSATO, Dienifer; CANAZART, Daniele; ALVES, Benício de Abreu Filho. Atividade microbiológica de óleos essenciais obtidos por arraste a



vapor. **Revista UNINGÁ Review**, v.20, n.3, p.33-39, out. /dez. 2014. Disponível em: <<http://revista.uninga.br/index.php/uningareviews/article/view/1604/1214>>. Acesso em: 22 abr. 2022.

SILVEIRA, Jeniffer Cristina; BUSATO, Nathália Viégas; COSTA, Andréa Oliveira; JUNIOR, Esly Ferreira. **Levantamento e análise de métodos de extração de óleos essenciais**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 2012.

STEFFANI, Evandro. **Modelagem Matemática do Processo de Extração Supercrítica de Óleo Essencial de Ho-Sho (Cinnamomum camphora Nees & Eberm var. linaloolifera Fujita) utilizando CO₂**. 2003. 107 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/84684/203285.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 30 de mai. 2022.

TEIXEIRA, Geovana Alves da Silva. **Estudo de processos convencionais de extração de óleos essenciais via revisão bibliográfica: uma base para um projeto industrial**. 2021. 57 f. TCC (Bacharel em Engenharia Química) - Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2021. Disponível em: <<https://bdm.ufmt.br/bitstream/1/1858/1/TCC%202021%20Geovana%20Teixeira%20Alves%20da%20Silva.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

TOSHIMI, Júlio Doyama; BERALDO, Carolina; SILVA, Natália Daneluzzi; SCANAVACCA, Juliana; FERNANDES JÚNIOR, Ary; MORITZ, Cristiane Mengue Feniman. Eficiência de óleos essenciais de canela e cravo-da-índia como sanitizantes na indústria de alimentos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 4, p. 436-440, out. /dez. 2013. Disponível em: <scielo.br/j/pat/a/qpd85XYJwWrnFmSt3DKpCXh/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 30 de mai. 2022.

TRANCOSO, Marcelo Delena. Projeto Óleos Essenciais: extração, importância e aplicações no cotidiano. **Revista Praxis**, v.5, n.9, p.90-96, jun. 2013. Disponível em: <<https://revistas.unifoa.edu.br/praxis/article/view/609/560>>. Acesso em: 23 abr. 2022.