

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS – UEA**  
**ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA – EST**  
**CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**MARCUS IRAN DE ALBUQUERQUE ANDRADE**

**Desenvolvimento de Metodologia Semi Industrial para a Extração do Óleo**  
**Essencial de Jambú (*Acmella oleracea*)**

MANAUS

2023

**MARCUS IRAN DE ALBUQUERQUE ANDRADE**

**Desenvolvimento de Metodologia Semi Industrial para a Extração do Óleo  
Essencial de Jambú (*Acmella oleracea*)**

**Monografia apresentada ao Curso de Graduação  
em Engenharia Química da Escola Superior de  
Tecnologia da Universidade do Estado do  
Amazonas, para obtenção do título de Bacharel  
em Engenharia Química.**

**Orientador: Professor Dr. Sergio Duvoisin Junior**

**MANAUS**

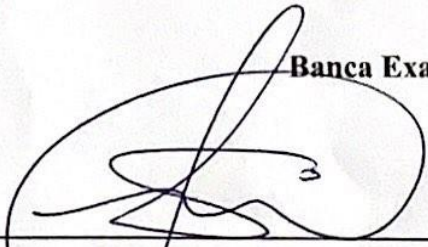
**2023**

**MARCUS IRAN DE ALBUQUERQUE ANDRADE**

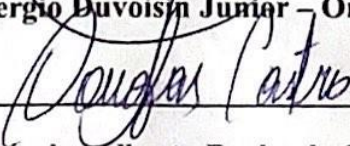
**Desenvolvimento de Metodologia Semi Industrial para a Extração do Óleo  
Essencial de Jambú (*Acmella oleracea*)**

**Monografia de Conclusão de Curso para obtenção do título de Engenheiro, Habilitação  
em Engenharia Química – Escola Superior de Tecnologia, Universidade do Estado do  
Amazonas**

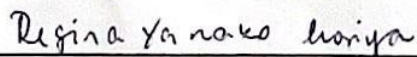
**Banca Examinadora:**



**Prof. Dr. Sergio Duvoisin Junior – Orientador**



**Prof. Dr. Douglas Alberto Rocha de Castro – CEULM/ULBRA**



**Profa. Dra. Regina Yanako Moriya – UEA**

**Conceito:**

**Manaus, 17 de fevereiro de 2023.**

### **Ficha Catalográfica**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
**Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade do Estado do Amazonas.**

A345dd Albuquerque Andrade, Marcus Iran de  
Desenvolvimento de metodologia semi industrial para a extração do óleo essencial de jambú (*Acmella oleracea*) / Marcus Iran de Albuquerque Andrade. Manaus : [s.n], 2023.  
49 f.: color.; 29 cm.

TCC - Graduação em Engenharia Química - Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2023.  
Inclui bibliografia  
Orientador: Junior, Sergio Duvoisin

1. óleos essenciais. 2. jambú. 3. hidrodestilação. 4. arraste a vapor. 5. espilantol. I. Junior, Sergio Duvoisin (Orient.). II. Universidade do Estado do Amazonas. III. Desenvolvimento de metodologia semi industrial para a extração do óleo essencial de jambú (*Acmella oleracea*)

**Elaborado por Jeane Macelino Galves - CRB-11/463**

**Dedico este trabalho primeiramente à Deus, pois se não fosse por ele, eu não estaria aqui. À minha família, namorada e amigos.**

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Acácia Lima e Marcos Fernando, que sempre me apoiaram em todas as decisões que tomei na vida e sempre me proporcionaram as melhores condições para que eu alcançasse meus objetivos.

Aos meus irmãos, João Arthur e Erick Lobo, que me deram força e incentivo durante toda a minha caminhada universitária.

Agradeço à minha namorada, Daphne Jéssica, que esteve comigo durante a reta final e me proporcionou muita calma, amor e companheirismo para a obtenção dessa conquista.

Aos meus amigos do curso de engenharia química, cujo companheirismo e parceria foi fundamental para essa conquista.

Ao grupo de pesquisa Química Aplicada à Tecnologia (QAT), por todo apoio para a elaboração desse estudo, além de proporcionar toda a infraestrutura necessária.

Ao meu orientador Sergio Duvoisin Junior, o qual esteve comigo desde a metade do curso, incentivando-me sempre a correr atrás dos meus objetivos, bem como, alcançar os melhores resultados acadêmicos.

## RESUMO

O jambú, *Acmella oleracea*, é uma planta típica da região norte do Brasil bastante utilizada para fins medicinais e culinários. Ela possui diversas propriedades farmacológicas como: anestésica, anti-inflamatória, antioxidante, dentre outros. Esses atributos e propriedades da planta são devidos aos inúmeros componentes químicos presentes em seu óleo essencial, com destaque ao espilantol. Estima-se que a planta de jambú tenha em torno de 0,7% de óleo essencial em sua composição mássica. O objetivo deste trabalho foi realizar a extração do óleo essencial de jambú, por meio da hidrodestilação e do arraste a vapor, a partir de um único extrator em escala piloto, avaliando o rendimento de cada extração, e, além disso, tem-se como um dos objetivos a análise dos óleos extraídos a partir de um cromatógrafo gasoso acoplado a um espectrômetro de massa (CG/MS). Verificou-se, a partir dos resultados das extrações, que as duas técnicas de extração conseguiram atingir o objetivo em realizar a extração do óleo essencial de jambú com o auxílio de um único equipamento, sendo o resultado do rendimento de 0,106% para a extração por hidrodestilação com cerca de 63 componentes identificados em seu óleo essencial e 0,146% para o arraste a vapor com 51 componentes identificados. Desse modo, conclui-se que ambas as técnicas, apesar dos valores de rendimento distanciarem do valor de 0,7%, mostraram-se boas opções para realizar a extração do óleo essencial de jambú em grande escala, mesmo se tratando de técnicas simples e baratas em relação a outras mais sofisticadas.

**Palavras-chaves:** óleos essenciais, jambú, hidrodestilação, arraste a vapor, espilantol, extração.

## ABSTRACT

Jambú, *Acemella oleracea*, is a typical plant from the northern region of Brazil that is widely used for medicinal and culinary purposes. It has several pharmacological properties such as: anesthetic, anti-inflammatory, antioxidant, among others. These attributes and properties of the plant are due to the numerous chemical components present in its essential oil, especially spilanthol. It is estimated that the jambú plant has around 0.7% essential oil in its mass composition. The objective of this work will be to carry out the extraction of the essential oil of jambú, through hydrodistillation and steam distillation, from a single extractor on a pilot scale, evaluating the yield of each extraction, and, in addition, it has as one of the objectives is the analysis of oils extracted from a gas chromatograph coupled to a mass spectrometer (GC/MS). It was verified, from the results of the extractions, that the two extraction techniques were able to reach the objective of extracting the essential oil of jambú with the aid of a single equipment, with the result of a yield of 0.106% for the extraction by hydrodistillation with about 63 components identified in its essential oil and 0.146% for steam distillation with 51 components identified. Thus, it is concluded that both techniques, despite the yield values being far from the value of 0.7%, proved to be good options to carry out the extraction of jambú essential oil on a large scale, even in the case of simple and cheaper techniques compared to more sophisticated techniques.

**Keywords:** essential oils, jambú, hydrodistillation, steam distillation, spilanthol, extraction.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Jambú com flores amareladas .....	17
Figura 2 – Estrutura química do espilantol.....	17
Figura 3 – Extração por Arraste a Vapor.....	21
Figura 4 – Extração por Hidrodestilação.....	22
Figura 5 – Extração por Solvente a partir do Soxhlet.....	23
Figura 6 – Definição de Estado Super Crítico para um Fluido Puro.....	24
Figura 7 – Vista interna do extrator: Arraste a Vapor (A) Hidrodestilação (B).....	25
Figura 8 – Vista frontal (A) e Vista interna (B) do extrator.....	26
Figura 9 – Vista lateral (A) e Vista interna (B) do condensador.....	27
Figura 10 – Estufa de secagem com circulação de ar.....	29
Figura 11 – Triturador forrageiro TRF80M (A) e Peneira Metálica de 3 mm (B).....	30
Figura 12 – Material vegetal seco e triturado.....	34
Figura 13 – OE extraído a partir do Arraste a Vapor (A) e da Hidrodestilação (B).....	36
Figura 14 – Perfil cromatográfico dos óleos obtidos a partir da Hidrodestilação.....	39
Figura 15 – Perfil cromatográfico dos óleos obtidos a partir do Arraste a Vapor.....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Umidade da planta de jambú.....	33
Tabela 2 – Rendimento dos óleos a partir da hidrodestilação.....	34
Tabela 3 – Rendimento dos óleos a partir do arraste a vapor.....	35
Tabela 4 – Rendimento médio das extrações.....	37
Tabela 5 – Balanço de massa: Arraste a vapor.....	38
Tabela 6 – Substâncias identificadas (Hidrodestilação).....	41
Tabela 7 – Substâncias identificadas (Arraste a Vapor).....	42

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

CG-MS	Cromatógrafo Gasoso acoplado a um Espectrômetro de Massa
EST	Escola Superior de Tecnologia
HPLC	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
Kg	Quilograma
Ma	Massa de água colocada no extrator
Mar	Massa de água recuperada (Condensada + restante no extrator)
Mo	Massa do óleo essencial
Mp	Massa da planta colocada no extrator
Mpu	Massa da planta úmida (bagaço)
Ms	Massa da planta seca e triturada colocada na dorna
Pf	Peso da planta in natura
Ps	Peso da planta seca
QAT	Química Aplicada à Tecnologia
RF	Rendimento Final
UEA	Universidade do Estado do Amazonas
x	Possível perda de vapor não condensado
μL	Microlitro

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
<b>2.1 JAMBÚ</b> .....	16
<b>2.2 ÓLEOS ESSENCIAIS</b> .....	18
<b>2.3 MERCADO DO ÓLEO ESSENCIAL NO BRASIL</b> .....	19
<b>2.4 TECNICAS DE EXTRAÇÃO</b> .....	20
2.4.1 Arraste a Vapor.....	21
2.4.2 Hidrodestilação.....	22
2.4.3 Extração por Solvente.....	22
2.4.4 Extração com Fluido Supercrítico.....	23
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	25
<b>3.1 EXTRATOR</b> .....	25
<b>3.2 CONDENSADOR</b> .....	26
<b>3.3 OBTENÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA</b> .....	27
<b>3.4 PREPARO DAS AMOSTRAS</b> .....	28
3.4.1 Secagem da Planta.....	28
3.4.2 Moagem da Planta.....	29
<b>3.5 PROCESSO DE EXTRAÇÃO</b> .....	30
<b>3.6 BALANÇO DE MASSA</b> .....	31
<b>3.7 ANÁLISE DO ÓLEO EXTRAÍDO</b> .....	32
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	33
<b>4.1 UMIDADE DA PLANTA DE JAMBÚ</b> .....	33
<b>4.2 TAMANHO MÉDIO DAS AMOSTRAS</b> .....	33
<b>4.3 RENDIMENTO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS</b> .....	34
<b>4.4 BALANÇO DE MASSA GLOBAL DO PROCESSO</b> .....	37
<b>4.5 ANÁLISE DOS COMPONENTES DO ÓLEO ESSENCIAL</b> .....	38
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	44
<b>6 PERSPECTIVAS</b> .....	45
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	46

## 1 INTRODUÇÃO

O estudo e a pesquisa sobre plantas aromáticas vêm crescendo gradativamente em todo o mundo. A constante busca por produtos naturais que auxiliem no bem estar humano é um dos maiores impulsionadores para a geração de pesquisa e investimento nessa área (MORDOR INTELLIGENCE, 2021). Nesse contexto, destacam-se os óleos essenciais, que nada mais são do que substâncias sintetizadas e armazenadas no interior das plantas, as quais possuem diferentes tipos de características e propriedades a depender do tipo de vegetal. As propriedades mais comuns dos óleos essenciais em geral são: anti-inflamatória, antioxidante, anestésica, diurética e muitas outras (LÁSZLÓ, 2008).

Apesar dos óleos essenciais serem produtos bastante procurados, sobretudo no mercado externo, o Brasil ainda enfrenta dificuldades no que diz respeito a implementação de um padrão de qualidade e investimento no setor de extração de óleos de plantas aromáticas (BIESKI, et al., 2022). Portanto, mesmo com o grande potencial produtor de óleo essencial devido à grande biodiversidade de plantas aromáticas, principalmente na Amazônia, (VIANA et al., 2011) o Brasil ainda está longe de explorar toda a sua potencialidade de produção de óleos essenciais (TRADE MAP, 2021). Sendo necessário maiores investimentos em pesquisas e programas educacionais a fim de dimensionar o verdadeiro potencial do país e fomentar o interesse de grandes empresas da região.

Estima-se que exista, pelo menos, cerca de 300 óleos essenciais de interesse comercial no mundo, e entre os principais óleos, o Brasil se destaca na produção de óleos cítricos como o de laranja (*Citrus sinensis*) e o de lima (*Citrus aurantifolia*) fatiando cerca de 5% das exportações dos óleos cítricos no mundo (REVISTA A LAVOURA, 2013). Contudo, existem ainda aqueles que são pouco explorados, mas apresentam um grande potencial econômico, principalmente no mercado externo, como é o caso do óleo essencial de jambú (CHAGAS, 2020).

O jambú, *Acmella oleracea*, é uma hortaliça típica da região norte do Brasil bastante cultivada durante todo o ano, principalmente nos Estados do Pará e do Amazonas. (GUSMÃO et al., 2009). Trata-se de uma planta bastante apreciada em pratos típicos da região, como o tacacá, pato no tucupi e em bebidas alcoólicas. Grande parte do interesse a essa planta, pelos povos regionais, deve-se às propriedades e características que ela carrega, principalmente no que se refere ao sabor, pois se caracteriza como um sabor forte e agradável que estimula a dormência na região bucal ao consumi-la. Além dessa propriedade, o jambú carrega características antioxidantes, diuréticas, digestivas, anestésicas e muitas outras. Por conta disso,

essa hortaliça tem despertado interesse de diversas empresas ligadas ao ramo farmacêutico e de cosméticos (COSTA, 2014).

Todas essas propriedades, mencionadas anteriormente, devem-se aos inúmeros constituintes presentes no óleo essencial de jambú, principalmente ao espilantol - 2E,6Z,8E-N-isobutil-2,6,8-decatrienamida – que é o componente de maior interesse no óleo. É devido à presença dessa substância que as propriedades como dormência e a salivação são atribuídas ao jambú e, portanto, é principalmente devido a ele que existe o interesse de diversas empresas nacionais e internacionais (FAVORETO e GILBERT, 2010).

Ainda existem poucos estudos na literatura que quantificam o teor de espilantol presente no óleo essencial da planta de jambú, o que torna essencial um maior investimento em estudos e técnicas para extrações eficientes. Segundo Lorenzi e Matos (2008), considerando toda a planta, o jambú possui em torno de 0,7% de óleo essencial em sua composição. Desse quantitativo, existem diversas substâncias presentes, incluindo o espilantol; sendo que essa composição e as concentrações de cada componente podem variar a depender de diversos fatores, como a técnica de extração escolhida, a forma e o tempo de cultivo, a forma como foi conduzida a planta nas etapas anteriores ao processo de extração e vários outros fatores (POVH et al., 2001).

Existem diversas técnicas para a extração de óleos essenciais das mais variadas plantas aromáticas, contudo, ao se pensar em extrações em larga escala, a melhor técnica deve ser escolhida visando parâmetros como um bom rendimento total alinhado a um baixo custo de operação. Com base nisso, destacam-se duas técnicas que apresentam essas características citadas anteriormente, as quais são: a hidrodestilação e o arraste a vapor. Ambas as técnicas apresentam baixo custo de operação quando comparadas com outras mais sofisticadas como a extração por solvente e a extração com fluido supercrítico (CASSEL e VARGAS, 2006). Além disso, elas se assemelham bastante quanto ao modo de execução, o que faz ser possível realizar um projeto de um único extrator que englobasse ambas as técnicas; visto que uma das únicas diferenças é que na hidrodestilação a matriz vegetal entra em contato direto com a água ao passo que no arraste a vapor, apenas o vapor de água entra em contato com a matriz vegetal (SILVA, 2018).

Portanto, devido ao baixo número de pesquisas científicas a respeito da extração de óleo essencial de jambú em escala semi-industrial, foi proposto o estudo e a análise, neste presente trabalho, sobre técnicas simples e eficientes que sejam capazes de extrair o óleo essencial de jambú em escala piloto, além de identificar e quantificar os principais constituintes presentes no óleo extraído.

Com base no que foi exposto, este trabalho tem como objetivo geral, desenvolver uma metodologia a partir de um extrator em escala semi-industrial para realizar a extração do óleo essencial de jambú.

Como objetivos específicos, tem-se:

- Realizar extrações do óleo essencial de jambú a partir da hidrodestilação e do arraste a vapor em um extrator de escala semi industrial;
- Calcular os rendimentos dos óleos obtidos e comparar com aqueles encontrados na literatura;
- Analisar e quantificar os componentes presentes no óleo essencial a partir de um Cromatógrafo Gasoso acoplado a um Espectrômetro de Massa (CG-MS).

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 JAMBU

O jambú, *Acmella oleracea*, é uma planta pertencente à família Asteraceae e é nativa da região Amazônica sendo cultivada em várias cidades, sobretudo em cidades pertencentes ao estado do Pará e Amazonas. Além disso, ela também pode ser encontrada em diversos países africanos e asiáticos onde é amplamente comercializada na região (MONTEIRO, 2019). Essa planta é conhecida também por outros nomes a depender da região do Brasil de onde ela é cultivada, tais como: agrião-do-pará, jambú-açú, agrião do norte, dentre outros (NASCIMENTO, 2019). Trata-se de uma hortaliça muito utilizada, principalmente, na culinária da região norte do Brasil, em pratos típicos como o tacacá e o pato no tucupi, pois possui sabores e propriedades específicas bastante apreciadas na culinária local (COSTA, 2014).

Essa planta também é bastante utilizada na medicina tradicional amazônica. Muitos povos nativos utilizam a folha e, principalmente, as inflorescências no tratamento de males bucais, além de ser amplamente utilizada como uma espécie de analgésico para o alívio da dor de dentes. Todas essas utilidades do jambú, seja na culinária, seja na medicina de povos nativos, devem-se às diversas propriedades que essa planta carrega, sobretudo no óleo essencial presente em sua composição química (NASCIMENTO, 2019).

Como característica botânica, o jambú identifica-se como uma planta herbácea perene de altura média entre 20 e 40 centímetros; seu caule é descrito como semi-ereto e, portanto, geralmente são plantas rasteiras além de serem cilíndricos e carnosos. Em sua composição física, apresentam-se folhas de comprimento entre 20 e 60 milímetros e pequenas inflorescências amareladas de altura que variam entre 3 a 7 milímetros e diâmetro entre 9 a 15 milímetros, as quais carregam sementes de tamanho pequeno e formato achatado (FAVORETO e GILBERT, 2010).

As condições climáticas ideais para o cultivo da planta são aquelas que se assemelham às condições climáticas da Amazônia, isto é, clima equatorial quente e úmido com temperaturas médias em torno dos 25°C. Seu cultivo pode ser feito tanto por sementeira como pelo replantio de ramos da planta, sendo que o tempo médio de cultivo para a sementeira varia entre 35 a 50 dias até a planta estar apta à colheita (FARIAS et al., 2010; NASCIMENTO, 2019).

Existem diversas variedades da planta de jambú, as quais apresentam algumas diferenças morfológicas como a cor e o tamanho das inflorescências e das folhas. Contudo, a mais utilizada na culinária e na medicina tradicional é a que apresenta inflorescência amarelada

conforme mostrado na Figura 1, essa variação tem como característica a predominância de clorofila em seus ramos (NASCIMENTO, 2019).

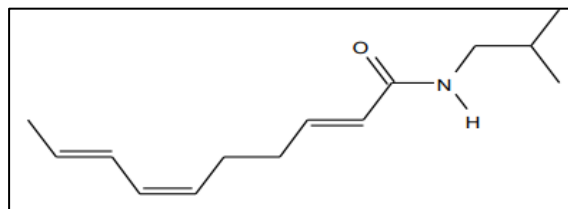
Figura 1: Jambú com flores amareladas



Fonte: NASCIMENTO (2019)

O jambú apresenta diversas propriedades específicas, tais como: propriedades anestésicas, diuréticas, antioxidantes, anti-inflamatórias e outras; essas características estão diretamente relacionadas aos inúmeros componentes presentes na composição química da planta, principalmente o espilantol (2E,6Z,8E-N-isobutil-2,6,8-decatrienamida) (Figura 2) (COSTA, 2014). Geralmente, é atribuído, ao óleo essencial da planta, características referentes à ação do seu componente majoritário ou do efeito singular de um determinado componente; sendo este o caso do espilantol no óleo de jambú (NASCIMENTO e PADRE, 2020). Logo, o espilantol se apresenta como o componente de maior interesse do óleo de jambú e como sendo o grande responsável pelas principais propriedades da planta. Por conta de todas essas propriedades, os óleos essenciais e extratos de jambú despertam grande interesse tanto no mercado nacional como no internacional, principalmente de empresas do ramo farmacêutico e de cosméticos (COSTA, 2014).

Figura 2: Estrutura química do espilantol



Fonte: SANTOS (2015)

O jambú possui cerca de 0,7% de óleo essencial em sua composição em proporção mássica segundo os estudos de Lorenzi e Matos (2008), podendo este rendimento variar a depender de diversos fatores, como o tipo de técnica de extração utilizada, a parte do vegetal

escolhida (folha, flor ou caule), a forma e tempo de cultivo da planta e, até mesmo, etapas de processos de manuseio da planta antes da extração (BORGES et al., 2015).

## **2.2 OLEOS ESSENCIAIS**

Os óleos essenciais podem ser definidos, basicamente, como substâncias voláteis as quais são produzidas a partir do metabolismo secundário das plantas. Eles podem ser caracterizados pelo forte e característico odor que possuem e, por conta disso, são reconhecidos como substâncias aromáticas voláteis. A característica de volatilidade deve-se à facilidade e rapidez com que um óleo essencial pode mudar de estado físico, isto é, passar do estado líquido para o gasoso de maneira rápida, mesmo submetidos à temperatura ambiente (NASCIMENTO E PADRE, 2020). Normalmente, eles fazem parte do sistema de defesa da planta, podendo atuar, dessa forma, como um agente antifúngico, antibacteriano e outros mecanismos a fim de proteger a planta de ataques de outros seres vivos (ANDRADE, 2013).

Esses compostos podem ser extraídos das diversas partes do vegetal, como folhas, caules, raízes e flores; podendo cada parte vegetal possuir concentrações variadas de óleos essenciais e dos constituintes que compõem o óleo (NASCIMENTO E PADRE, 2020). No caso do jambú, o estudo de Vulpi et al. (2007) mostrou que o óleo essencial dessa planta apresenta diferentes concentrações e composições químicas dos constituintes a depender da parte da planta escolhida para realizar a extração, pois, nesse estudo, foi possível observar a presença do espilantol apenas na inflorescência da planta.

Desde a antiguidade, estima-se que há mais de 60 mil anos atrás, os óleos essenciais têm sido utilizados para o benefício da saúde humana na cultura oriental. No mundo contemporâneo, seu uso já tem sido ampliado para áreas mais complexas da saúde e bem-estar como a aromaterapia, tratamento contra tumores cancerígenos e diversas outras utilidades. Além disso, na área gastronômica, eles também têm sido muito utilizados, sobretudo nos dias atuais, como aromatizantes e conservantes de diversos tipos de receitas (SILVA, 2021).

Cada óleo tem a sua estrutura molecular e atividades bioquímicas específicas, o que os fazem ter propriedades diferentes uns dos outros, como o sabor, odor e princípios ativos. Por esse motivo, o mundo contemporâneo tem se interessado cada vez mais nesses produtos visto que podem ser amplamente utilizados na intensificação sensorial dos sabores de diversos tipos de alimentos e pratos típicos, além de contribuírem na produção de inúmeros cosméticos e perfumes em virtude da grande variabilidade e versatilidade desses componentes (NASCIMENTO E PADRE, 2020).

Um óleo essencial pode apresentar uma grande quantidade de substâncias, podendo ser encontrados até 300 tipos de componentes diferentes em um mesmo óleo com concentrações variadas, por esse motivo, são considerados misturas complexas. Isso faz deles substâncias muito abrangentes e diversificadas em suas utilizações e são, portanto, bastante estudados e analisados a fim de ser usufruído o melhor do potencial de um óleo essencial (NASCIMENTO E PADRE, 2020). Porém, um ponto de atenção a ser observado é que devido à grande quantidade de componentes em suas estruturas químicas, é possível que os constituintes sofram reações entre si ou com o meio ao qual eles estão inseridos, o que interferiria em suas características físico-químicas (ANDRADE, 2013).

Além disso, por se tratar de compostos voláteis, são substâncias que facilmente podem ter variações na porcentagem de seus componentes, mesmo se tratando de uma mesma espécie vegetal. Isso dependerá da forma que a planta será tratada nas etapas anteriores ao processo de extração, isto é, na colheita, na secagem, na etapa de trituração e, até mesmo, a partir da própria metodologia de processo ou do tipo de técnica de extração escolhida (POVH et al., 2001). Ademais, fatores externos e climáticos também fazem total diferença na composição e nas concentrações dos componentes, como o clima, solo, incidência solar, região geográfica e precipitação, o que resulta em um mesmo organismo que contém compostos orgânicos diferentes ou compostos orgânicos iguais com concentrações diferentes (KUZEY, 2021).

### **2.3 MERCADO DO ÓLEO ESSENCIAL NO BRASIL**

Em virtude dos vários benefícios que podem ser alcançados a partir dos óleos essenciais, o mercado desse produto tem crescido de ano após ano em todo o mundo. Muitos países, a exemplo dos Estados Unidos e aqueles englobados pela União Européia, estão sempre à procura de novos parceiros para a importação desse produto. Conforme mostrado pela Trade Map, a exportação dos óleos essenciais tem crescido de ano a ano desde 2017, apresentando um leve recuo nas exportações em 2020, porém retornou ao crescimento logo em 2021. Os principais países exportadores da categoria de produtos que englobam os óleos essenciais no ano de 2021 foram a França, Estados Unidos e Alemanha, ficando o Brasil apenas na 29<sup>o</sup> posição (TRADE MAP, 2021).

Apesar da produção geral de óleo essencial no Brasil ser pequena em relação a outros países, o mercado nacional tem investido cada vez mais nesse setor. Falando de óleos essenciais de natureza cítrica, o Brasil é líder de produção de óleos essenciais como o de laranja (*Citrus sinensis*) e o de lima (*Citrus aurantifolia*), levando-o a ficar com cerca de 5% das exportações

de óleos dessa natureza (REVISTA A LAVOURA, 2013). Com base no banco de dados do COMTRADE das Nações Unidas, o Brasil exportou o equivalente a US\$ 781,45 milhões em 2021 de produtos do segmento de óleos essenciais, marca esta que supera o faturamento em exportação dos dois anos anteriores.

Contudo, segundo os estudos de Bieski et al. (2022), o Brasil é mais importador do que exportador desse produto, ou seja, ele compra mais óleo essencial do que vende, mesmo possuindo um grande potencial produtivo devido a sua biodiversidade. Isso se deve aos empecilhos enfrentados pelo país relacionados ao baixo padrão de qualidade, falta de representatividade no mercado externo e baixo investimento no setor de extração, o que impacta na dificuldade da exportação de óleos essenciais do Brasil para o resto do mundo. Em contrapartida, o Brasil possui uma das maiores biodiversidades do mundo e recursos naturais, como a fauna e a flora, as quais são muito superiores à maioria dos outros países; o que faz do Brasil um importante potencial exportador de óleos essenciais desde que haja uma melhoria na qualidade de produção e exploração desses produtos (BRIESKI, et al., 2022).

## **2.4 TÉCNICAS DE EXTRAÇÃO**

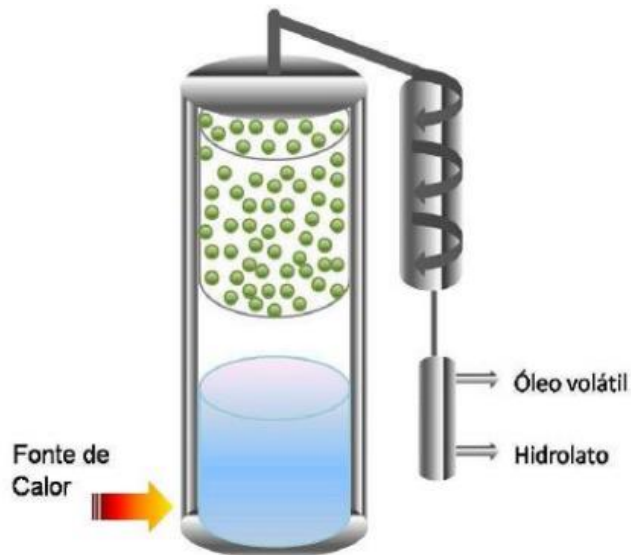
Os óleos essenciais podem ser obtidos por meio de diversas técnicas de extração existentes. Desde a antiguidade, já se tinha conhecimento sobre as técnicas simples de extração como a hidrodestilação e o arraste a vapor. Portanto, elas já eram bastante utilizadas para obtenção de perfumes, fármacos para uso medicinal e, até mesmo, no uso terapêutico de aromaterapia (NASCIMENTO, 2017). Com o avanço da tecnologia e do conhecimento na área, essas técnicas também foram sendo aprimoradas para extrações mais eficientes que necessitam de maiores custos para a sua execução, como é o caso, por exemplo, da extração sólido-líquido com o auxílio de um solvente ou extração com fluido supercrítico.

A depender da técnica de extração utilizada, pode-se obter um maior ou menor rendimento na extração de óleo essencial, em que o rendimento é calculado como a razão entre a massa do óleo obtido e a massa do vegetal utilizado. Existem diversos estudos na literatura, como a pesquisa de Costa et al. (2006), em que mostra a obtenção de diferentes rendimentos do óleo essencial de Vetiver a partir da mudança da técnica de extração utilizada. Isso se deve, pois, uma determinada técnica pode ter maior ou menor poder de extração, mesmo que seja utilizada uma mesma biomassa vegetal (RIBEIRO, 2018). As principais técnicas de extração são:

### 2.4.1 ARRASTE A VAPOR

A técnica por arraste a vapor é uma das mais utilizadas no mundo segundo Sartor (2009). Isso se deve, dentre outros motivos, à praticidade econômica e simplicidade de operação quando comparados a outros métodos mais tecnológicos. Essa técnica consiste, basicamente, em submeter uma biomassa vegetal à passagem constante de vapor d'água pois, por meio desse contato, o vapor quebra as interações intermoleculares e realiza o arraste dos componentes voláteis como é o caso do óleo essencial (SILVA, 2018). É importante destacar que a água não entra em contato com a matriz vegetal em nenhum momento do processo, conforme mostrado na Figura 3.

Figura 3: Extração por Arraste à Vapor



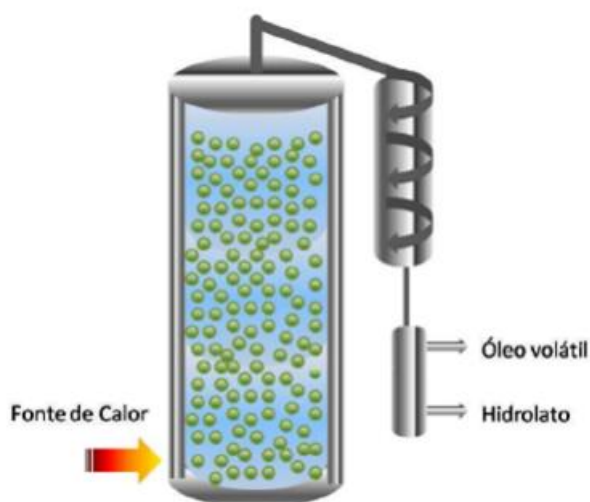
Fonte: LEAL (2008)

Essa extração se divide em duas etapas, sendo a primeira o arraste do óleo essencial presente na biomassa vegetal e a segunda como sendo a condensação desse vapor para a obtenção do hidrolato, que é a mistura do óleo com a água. A partir da diferença de densidade, é possível separar por meio da decantação o óleo essencial do hidrolato e obter o produto puro ao final do processo (SILVA, 2018). Percebe-se, portanto, que é uma técnica simples que não exige grandes gastos econômicos e, por esse motivo, é largamente utilizada nas indústrias apesar de haver técnicas mais eficientes quando se fala em maiores rendimentos.

## 2.4.2 HIDRODESTILAÇÃO

Diferentemente do arraste à vapor, a hidrodestilação acontece quando a matriz vegetal está em contato com a água que fica em aquecimento durante todo o processo (RIBEIRO, 2018) conforme mostrado na Figura 4. Com base nessa técnica, a água é levada ao estado de vapor por meio da ebulição, e leva consigo as pequenas partículas de óleo essencial presente na planta. Posteriormente, de forma análoga ao arraste à vapor, a mistura vapor e óleo é conduzida a um condensador para a liquefação desse vapor formando também o hidrolato (SILVA, 2018). Na Figura 4 está esquematizado o processo de Hidrodestilação:

Figura 4: Extração por Hidrodestilação



Fonte: LEAL (2008)

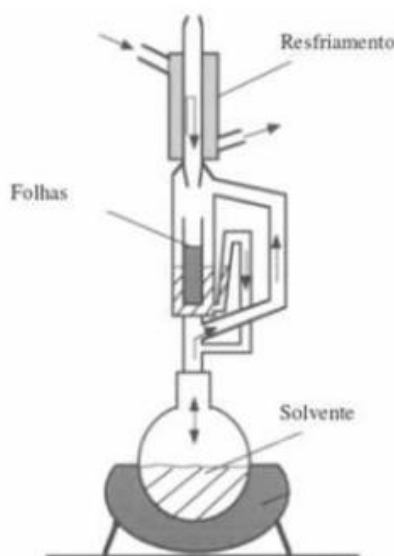
Apesar da simplicidade e do baixo custo, essa técnica pode ocasionar problemas relacionados à termodegradação devido às altas temperaturas necessárias para o processo ocorrer. Dessa forma, pode ocorrer a alteração do aroma, sabor e até mesmo a perda de alguns componentes presente no óleo. Por esse motivo, deve-se evitar trabalhar envolvendo o aumento de pressão do sistema a fim de manter a temperatura de ebulição da água próxima ao ideal (SARTOR, 2009).

## 2.4.3 EXTRAÇÃO POR SOLVENTE

É um tipo de técnica de extração em que se utiliza um solvente para realizar a extração dos componentes de interesse de uma planta. Nesse caso, será realizada uma extração do tipo sólido-líquido. Essa técnica consiste em deixar a matriz vegetal, preferencialmente moída, coberta por um solvente previamente escolhido, o qual, por sua vez, realizará a extração baseada

na polaridade dos componentes. Esse esquema está ilustrado na Figura 5. Nessa extração, geralmente, busca-se por solventes que tenham afinidade com as substâncias de interesse e que tenham uma baixa temperatura de ebulição, de modo que a temperatura necessária para a ebulição do solvente não seja suficiente para degradar os compostos desejados (BIASI E DESCHAMPS, 2009).

Figura 5: Extração por Solvente a partir do Soxhlet



Fonte: LEAL (2008)

Normalmente, para esse tipo de extração em escala laboratorial, utiliza-se o equipamento Soxhlet, mostrado na Figura 5, o qual é constituído basicamente por um balão de fundo redondo onde fica o solvente que será aquecido, uma manta aquecedora, a vidraria Soxhlet onde fica armazenado a biomassa vegetal e um condensador responsável por condensar o vapor de solvente para que o mesmo caia sobre a biomassa. Esse processo é continuamente repetido até que tenha se atingido o término da extração (SARTOR, 2009).

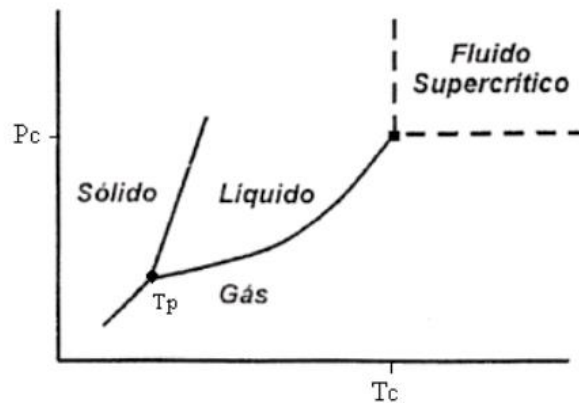
Uma das maiores vantagens da técnica é a possibilidade de controlá-la a partir da escolha de diferentes solventes orgânicos, como o hexano, etanol, metanol, acetona e outros. Em contra partida, o investimento envolvido na compra do solvente e, até mesmo, na energia necessária para remover o solvente do extrato ao final do processo, são fatores que contribuem para a desvantagem desse processo (SARTOR, 2009).

#### 2.4.4 EXTRAÇÃO COM FLUIDO SUPERCRÍTICO

A definição de um fluido supercrítico pode se dar como qualquer fluido que esteja tanto com a temperatura como com a pressão acima do ponto crítico. Essas condições de temperatura

e pressão, para caracterizar um fluido supercrítico, pode ser mostrada a partir da Figura 6 (NASCIMENTO, 2017):

Figura 6: Definição de estado supercrítico para um fluido puro



Fonte: NASCIMENTO (2017)

Podem ser utilizados diversos fluidos para leva-los à condição de supercrítico e utilizá-los nesse processo de extração. Contudo, devido a condições econômicas e questões envolvendo praticidade do fluido, como temperaturas e pressões críticas relativamente baixas, é comum optar pelo dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) para realizar esse tipo de extração, visto que apresenta baixa toxicidade e baixo custo em comparação a outros fluidos que poderiam ser usados nesse processo (NASCIMENTO, 2017). Além disso, o  $\text{CO}_2$  não deixa resquício ou qualquer outro contaminante no produto extraído final, o que é vantajoso para indústrias de cosmético e alimentícia de modo geral (SILVA, 2018).

Essa extração se baseia na afirmação de que no ponto supercrítico as propriedades físico-químicas dos fluidos ficam em um estado intermediário entre o líquido e o gasoso, assim como as suas características. Isso leva o fluido a ter um aumento no poder de solubilização como é característico de um líquido e, ao mesmo tempo, leva-o a ter difusividade e viscosidade a valores próximos de um gás. Como consequência disso, essa extração é caracterizada como um processo rápido e eficiente, sendo a única desvantagem, em comparação a outras técnicas, o fator econômico visto que é essencial a construção de equipamentos e unidades industriais específicas para isso (NASCIMENTO, 2017).

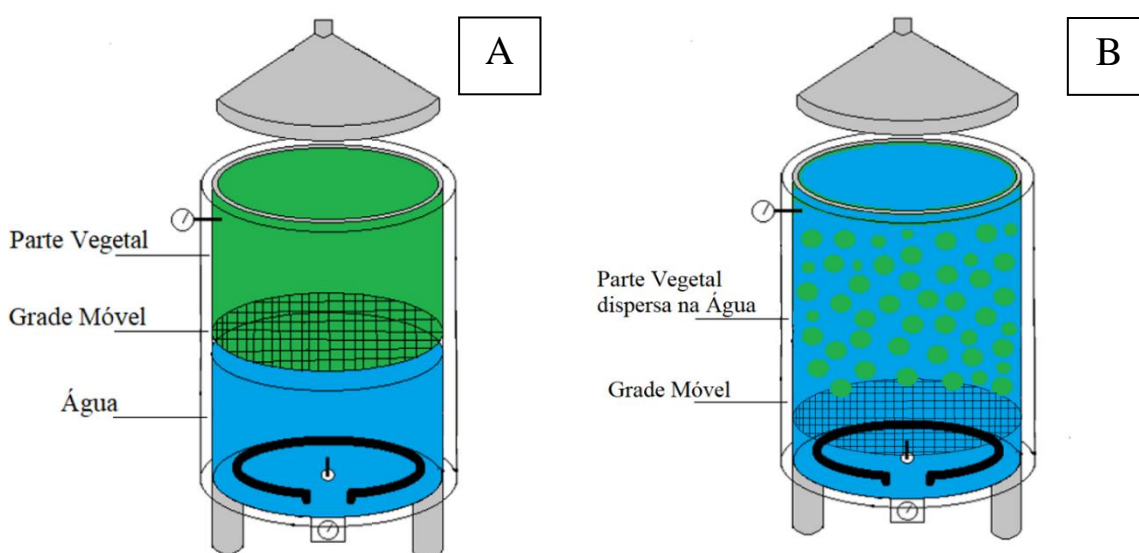
### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 EXTRATOR

Foi utilizado, para a realização do trabalho, um extrator de óleos essenciais em escala semi industrial, projetado e desenvolvido entre os anos de 2019 e 2020, durante o Projeto Universal do autor deste trabalho, o qual é pertencente ao grupo de pesquisa Química Aplicada à Tecnologia (QAT) da Universidade do Estado do Amazonas. Esse extrator se trata de uma dorna cilíndrica feita a partir do aço inox 304, o qual foi projetado para ser capaz de realizar tanto a extração por hidrodestilação como a extração por arraste a vapor. Ele comporta um volume de, no máximo, 10kg da planta de jambú seca e triturada, além do volume que água ocupará; tendo, portanto, um volume total de aproximadamente 140 litros.

Basicamente, o extrator consiste em um equipamento capaz de adequar as duas técnicas de extração, anteriormente citadas, em uma única aparelhagem. Isso foi feito a partir da implementação de uma grade móvel no interior do extrator, a qual poderá ser fixada em duas posições. A primeira na base da dorna (Figura 7 – B), onde o material vegetal ficará em contato direto com a água em aquecimento (hidrodestilação), e a segunda posição ficará acima do nível de água (Figura 7 – A), em que apenas o vapor de água entrará em contato com o material vegetal (arraste a vapor).

Figura 7: Vista interna do extrator: Arraste a Vapor (A) Hidrodestilação (B)



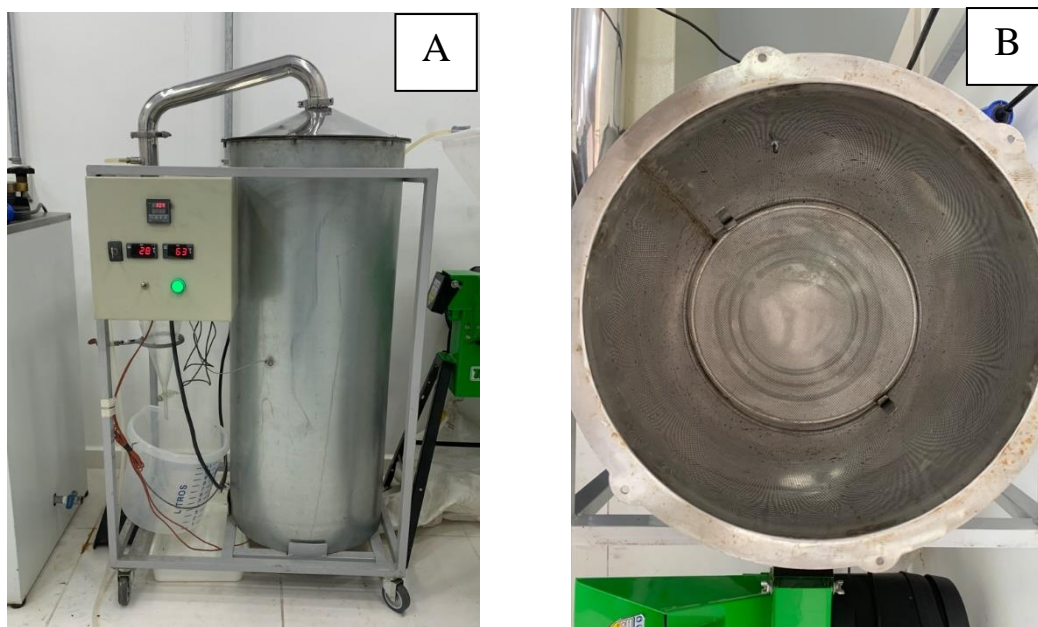
Fonte: Autor (2022)

Trata-se, portanto, de uma dorna cilíndrica com 110 centímetros de altura e 40 centímetros de diâmetro, o que totaliza um volume aproximado de 140 litros de capacidade. Ela

possui em seu contorno, uma camisa metálica a fim de que seja possível a utilização de lã de rocha envolta do extrator para que haja o máximo de isolamento térmico possível.

No interior da dorna cilíndrica, foram colocados alguns equipamentos, como: uma resistência elétrica para o aquecimento da água, uma grade móvel, dois medidores de temperatura (uma na base e outro no topo da dorna) e um termopar tipo J. Na parte externa do extrator, foi utilizada uma tubulação capaz de direcionar o vapor gerado a um condensador. Além disso, foi colocado um quadro elétrico capaz de controlar e indicar a temperatura da água usada para aquecimento, do vapor gerado e a temperatura do fluido refrigerante do condensador. É possível identificar alguns desses equipamentos na Figura 8:

Figura 8: Vista frontal (A) e Vista interna (B) do extrator

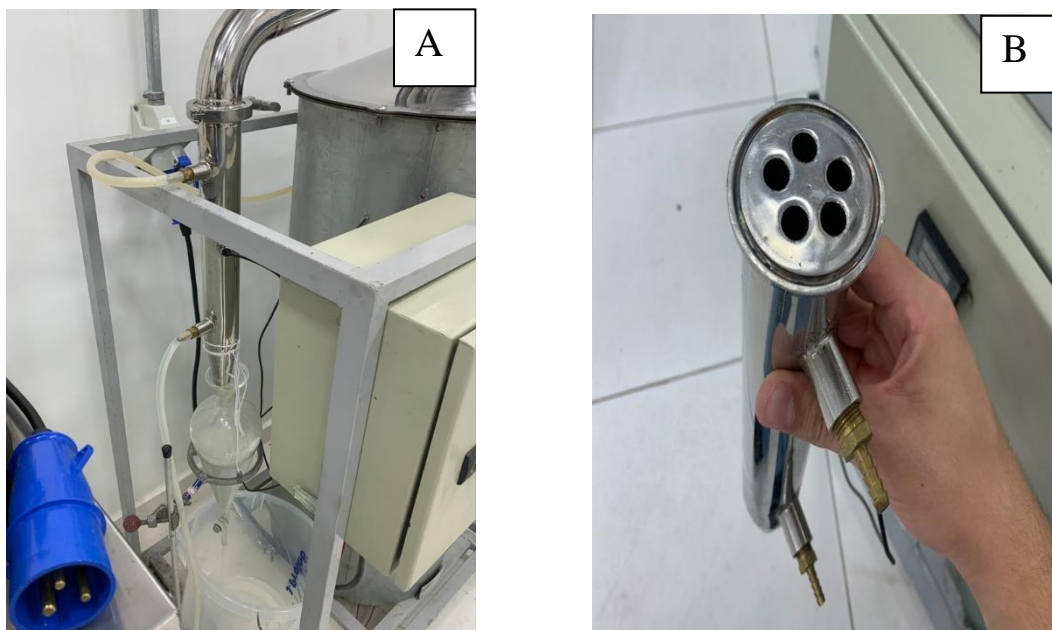


Fonte: Autor (2022)

### 3.2 CONDENSADOR

Foi utilizado, em conjunto ao extrator, um condensador feito em aço inox 304 (Figura 9), também projetado pelo autor do trabalho e pertencente ao grupo QAT, o qual foi capaz de condensar todo vapor gerado pelo extrator. Nesse vapor, está contido tanto o hidrolato como o óleo essencial, logo, fez-se necessário a utilização de um funil de decantação de 1 litro na saída do condensador para que fosse possível, por meio da decantação, separar o óleo do hidrolato ao final do processo. Esse sistema está mostrado na Figura 9 (A).

Figura 9: Vista lateral (A) e Vista interna (B) do condensador



Fonte: Autor (2022)

O dimensionamento do condensador é de 500 x 50 mm, e nele está contido um medidor de temperatura para aferição da temperatura do líquido refrigerante (que no caso deste trabalho foi água corrente a temperatura ambiente) e 5 tubos com diâmetro igual a 8 mm na parte interna como mostrado na Figura 9 (B). Esses tubos têm como finalidade aumentar a área de contato entre o vapor e o líquido refrigerante e, dessa forma, proporcionar uma maior eficiência na troca térmica.

### 3.3 OBTENÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

A planta de jambú foi adquirida de um mesmo produtor local do Estado do Amazonas, a qual foi colhida em um período entre 50 a 60 dias após a semeadura, a fim de que a planta estivesse em sua fase de floração (SAMPAIO et al., 2019).

O jambú foi obtido em grande escala, visto que se tem por objetivo realizar extrações a partir de uma grande quantidade mássica da planta. Por conta disso, foi estabelecido que, para cada extração, foi adquirido uma quantidade de aproximadamente 15-20kg de jambú in natura, pois, quando for realizado o processo de secagem da planta, ela perderá boa parte de sua massa.

Estima-se, a partir dos estudos de Pires (2016), que a planta de jambú possui cerca de 90% de umidade, ou seja, dos 20kg iniciais, caso o processo de secagem ocorra de forma semelhante ao estudo de Pires (2016), o valor mássico final de planta será de 2kg. Por conta

disso, a massa de aproximadamente 2kg da planta de jambú seca foi a massa padrão utilizada neste estudo para cada uma das extrações.

### **3.4 PREPARO DAS AMOSTRAS**

As plantas (amostras) foram submetidas a duas etapas anteriores à extração, a fim de que as amostras estejam em suas melhores condições possíveis para um maior rendimento na extração do seu óleo essencial.

A primeira etapa foi a etapa de secagem, em que a planta foi submetida a uma fonte de calor, suficiente para retirar o máximo possível de água presente em sua composição. Segundo Hoscher (2019), a finalidade da secagem é proporcionar estabilidade durante o armazenamento das amostras, visto que serão eliminadas quantidades significativas de água, contribuindo, desse modo, na inibição de atividades enzimáticas e microbianas (HOSCHER, 2019).

A segunda etapa foi a etapa de moagem da planta seca, a qual tem como objetivo a redução do tamanho da amostra a nível de pequenas partículas. Essa etapa ajuda na homogeneidade da amostra vegetal, o que impede a concentração de óleo em um determinado ponto da planta. Além disso, essa etapa proporciona uma maior área de contato das amostras, contribuindo na eficiência da extração (TISCHER, 2014).

#### **3.4.1 SECAGEM DA PLANTA**

O processo de secagem foi adaptado da metodologia adotada pela tese de doutorado de Mafrá (2014). Primeiramente foi analisado o teor de umidade da planta sob as condições do estudo ao qual este trabalho esteve submetido, e, em seguida, foi realizada a padronização da etapa de secagem que foi utilizada durante todas as extrações realizadas.

Portanto, foi realizada uma análise do teor de umidade encontrado sob às condições laboratoriais e ambientais em que o trabalho esteve submetido. A partir do valor real de umidade encontrado, foram feitas análises do quanto de massa restaria quando feita a secagem dos 15-20kg de planta. Essa análise de umidade foi realizada em triplicata a partir da separação de pequenas amostras da planta de jambú (massa próxima de 130 gramas), para que fossem colocadas em uma estufa de circulação de ar modelo TE-394/2 marca TECNAL (Figura 10) a uma temperatura de 45°C. As amostras foram pesadas em uma balança semi-analítica modelo Shimadzu UX420H com intervalos de uma hora entre cada pesagem até que fosse atingido um total de 12 horas de secagem, ou até que se atingisse um peso constante. A fórmula que foi utilizada para o cálculo da umidade da planta foi a Equação 1.

$$\%umidade = \frac{P_f - P_s}{P_f} \times 100\% \quad (1)$$

Sendo:

P<sub>f</sub>: Peso da planta in natura (kg);

P<sub>s</sub>: Peso da planta seca (kg).

Figura 10: Estufa de secagem com circulação de ar



Fonte: Autor (2022)

Após a determinação do teor de umidade, o processo de secagem foi então padronizado sob as mesmas condições das análises feitas, ou seja, as plantas foram secas na estufa com circulação de ar (Figura 10) a uma temperatura de 45°C até que se atingisse o tempo necessário de secagem para se obter uma umidade próxima da análise feita anteriormente.

### 3.4.2 MOAGEM DA PLANTA

Como um dos objetivos do trabalho foi simular um processo em escala semi industrial, foi escolhido um triturador forrageiro TRF80M da marca TRAPP (Figura 11) como equipamento para a etapa de moagem da planta que ocorreu logo após a etapa de secagem. Esse equipamento foi escolhido devido a sua velocidade e eficiência de moagem da planta de jambú. Dessa forma, toda a biomassa vegetal seca na estufa foi triturada até um diâmetro médio de 3 milímetros, que é o menor diâmetro proporcionado pelo equipamento a partir de suas peneiras metálicas.

Figura 11: Triturador forrageiro TRF80M (A) e Peneira Metálica de 3 mm (B)



Fonte: Autor (2022)

### 3.5 PROCESSO DE EXTRAÇÃO

A metodologia de extração, tanto da hidrodestilação como do arraste a vapor, foi fundamentada com base na metodologia proposta pelo grupo de pesquisa QAT, realizando toda a adaptação necessária para um extrator em escala semi industrial.

Após realizada a etapa de preparo das amostras, colocou-se, no interior da dorna, toda a biomassa vegetal seca e triturada, a qual correspondeu a uma massa aproximada de 2kg, acrescido de aproximadamente 20 litros de água coletada do sistema hidráulico da Escola Superior de Tecnologia (EST-UEA). Essa razão de biomassa vegetal/água foi feita tanto na hidrodestilação como no arraste a vapor. Em seguida, fechou-se a dorna e foi acoplada, na saída da dorna, uma tubulação ligada ao condensador. Na saída do condensador, foi colocado um funil de decantação de 1 litro para que houvesse controle do líquido condensado e para que, ao final do processo, fosse possível realizar a separação da água do óleo por meio da decantação. A montagem do equipamento está mostrada na Figura 8 (A) e Figura 9 (A).

Ao todo, foram realizados seis processos de extração completo, sendo três extrações feitas por meio da hidrodestilação (Figura 7-B) e três extrações por arraste a vapor (Figura 7-A). O tempo médio para cada extração foi de aproximadamente 2 horas e 30 minutos; a contagem do tempo se deu a partir do aparecimento da primeira gota do líquido condensado, isto é, do hidrolato (mistura de vapor condensado e óleo essencial). A temperatura da resistência

elétrica (equipamento responsável pelo aquecimento da água) foi de 100°C, a qual foi mantida ininterruptamente durante toda a duração do processo.

Após encerrada as 2 horas e 30 minutos de processo, a fonte de energia da resistência foi então desligada e esperou-se um tempo de até 30 minutos a fim de que ocorresse o término completo do gotejamento de vapor condensado. Em seguida, o funil de decantação contendo hidrolato e óleo foi removido do processo para ser realizada a etapa de decantação para a separação completa do óleo essencial. O óleo retirado foi então pesado em uma balança semi-analítica e foi calculado o rendimento final (RF) da extração com base na Equação 2.

$$RF = \frac{M_o}{M_s} \times 100\% \quad (2)$$

Sendo:

$M_o$ : Massa do óleo essencial (g);

$M_s$ : Massa da planta seca e triturada colocada na dorna (g).

### 3.6 BALANÇO DE MASSA

Realizou-se, ao final de cada processo de extração, um balanço de massa geral. Essa análise foi realizada para que fosse possível identificar possíveis perdas mássicas, principalmente, de vapor não condensado.

Para a obtenção de uma equação que represente o balanço de massa geral, foi adaptado a metodologia utilizada no estudo de Silva (2021), em que a partir da Equação 3, a qual é baseada pela Lei de Conservação de Massa proposta por Lavoisier, foram feitas considerações específicas do estudo.

$$\text{entra} - \text{sai} + \text{gerado} - \text{consumido} = \text{acumulado} \quad (3)$$

Como o estudo em questão trata-se de um processo de extração, não existem os termos de “gerado”, “consumido” e “acumulado”, pode-se, portanto, reduzir a Equação 3 para a Equação 4 mostrada abaixo e, posteriormente, pode-se detalhar os termos da Equação 4 na Equação 5.

$$\text{entra} = \text{sai} \quad (4)$$

$$M_p + M_a = x + M_{ar} + M_o + M_{pu} \quad (5)$$

Em que:

Mp: Massa da planta colocada no extrator (g);

Ma: Massa de água colocada no extrator (g);

x: Possível perda de vapor não condensado (g);

Mar: Massa de água recuperada (Condensada + restante no extrator) (g);

Mo: Massa de óleo essencial extraído (g);

Mpu: Massa da planta úmida (bagaço) (g);

Sendo assim, foi considerado que caso  $x > 0$ , significa dizer que o lado esquerdo da Equação 5 (massa que entrou) apresentou um maior valor que o direito, isto é, houve perda de massa no processo, a qual foi representada pelo termo “x”.

### 3.7 ANÁLISE DO ÓLEO EXTRAÍDO

Conforme a metodologia de análise cromatográfica proposta pelo grupo de pesquisa Química Aplicada à Tecnologia (QAT), foi retirada, de cada óleo extraído, uma amostra de 100 $\mu$ L e adicionada a um vial de 1,5 ml juntamente com 1 ml de acetona (CHROMASOLV™ for HPLC,  $\geq 99.8\%$ ). Em seguida, o vial foi levado a um cromatógrafo gasoso acoplado a um espectrômetro de massa (7890B GC & 5977A Series GC/MSD), a fim de ser analisado todos os componentes identificados em cada uma das seis extrações.

As condições do CG-MS foram as seguintes: Temperatura inicial do forno de 100°C; temperatura máxima de 300°C a 10°C min<sup>-1</sup>; modo Split; temperatura do injetor de 280°C; pressão de 13,265 psi; total flow de 16,2 mL/min.

A análise realizada foi uma análise quantitativa por cromatografia, a qual se baseia em estabelecer o valor da área que cada componente identificado tem a partir de seus picos. Quando um componente é identificado, o cromatógrafo o registra a partir de picos com perfil gaussiano e a sua área pode, portanto, ser calculada. Com base nisso, pode-se determinar os componentes de maiores concentrações presentes no óleo essencial a partir do seu valor em área em relação a outros componentes (VALENTE et al., 2003).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 UMIDADE DA PLANTA DE JAMBÚ

A partir da Equação 1 mostrada no item 3.4.1, foram obtidos os seguintes valores para umidade da planta de jambú, mostrada na Tabela 1:

Tabela 1 – Umidade da planta de jambú

	Massa fresca (g)	Massa seca (g)	Umidade (%)
<b>Umidade 1</b>	136,452	18,652	86,33
<b>Umidade 2</b>	125,756	16,159	87,15
<b>Umidade 3</b>	128,544	17,223	86,60
<b>Média</b>	-	-	86,69 ± 0,42

Fonte: Autor (2022)

Com base na Tabela 1, observa-se que a umidade média da planta, para este estudo, foi de 86,69%, o que se aproxima do valor encontrado nos estudos de Pires (2016), o qual foi de 90%. Para a obtenção da Massa Seca final mostrada na Tabela 1, foi necessário um tempo médio de aproximadamente 8 horas de secagem sob as condições mostradas no item 3.4.1, o qual foi o tempo de secagem necessário até ser possível observar um peso constante das amostras. Portanto, é fácil observar que, para se utilizar uma massa de 2kg de jambú seco, faz-se necessário a obtenção de cerca de 15kg de jambú in natura, considerando a umidade média encontrada no estudo de 86,69%.

### 4.2 TAMANHO MÉDIO DAS AMOSTRAS

O material vegetal seco foi então levado ao triturador forrageiro para a realização da moagem até um tamanho médio de partículas de 3 milímetros. A Figura 12 mostra a aparência da amostra vegetal após a secagem e a moagem:

Figura 12: Planta de Jambú seca e triturada



Fonte: Autor (2022)

### 4.3 RENDIMENTO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

A partir da técnica de hidrodestilação, o resultado final da quantidade de óleo essencial extraído, utilizando aproximadamente 2kg de massa vegetal seca e triturada, encontra-se disponível na Tabela 2.

Tabela 2 – Rendimento dos óleos a partir da hidrodestilação

	<b>Massa do material vegetal (g)</b>	<b>Massa do óleo essencial (g)</b>	<b>Rendimento final (%)</b>
<b>Extração 1</b>	2088,0	1,757	0,084
<b>Extração 2</b>	2022,0	2,427	0,120
<b>Extração 3</b>	2154,0	2,428	0,113
<b>Média</b>	-	-	0,106 ± 0,019

Fonte: Autor (2022)

O mesmo procedimento foi feito adaptando o extrator para realizar extração por arraste a vapor. Os resultados dessas extrações encontram-se identificados na Tabela 3.

Tabela 3 – Rendimento dos óleos a partir do arraste a vapor

	<b>Massa do material vegetal (g)</b>	<b>Massa do óleo essencial (g)</b>	<b>Rendimento final (%)</b>
<b>Extração 1</b>	1505,0	1,883	0,125
<b>Extração 2</b>	1612,0	2,568	0,159
<b>Extração 3</b>	1866,0	2,864	0,153
<b>Média</b>	-	-	0,146 ± 0,018

Fonte: Autor (2022)

A partir dos resultados das Tabelas 2 e 3, é possível analisar que ambas as técnicas de extração conseguiram atingir o objetivo central do estudo, isto é, realizar a extração do óleo essencial de jambú em escala piloto. Além disso, é possível observar que os rendimentos médios tiveram valores relativamente próximos, sendo que o rendimento obtido pela extração por arraste a vapor foi levemente superior ao rendimento médio a partir da extração por hidrodestilação.

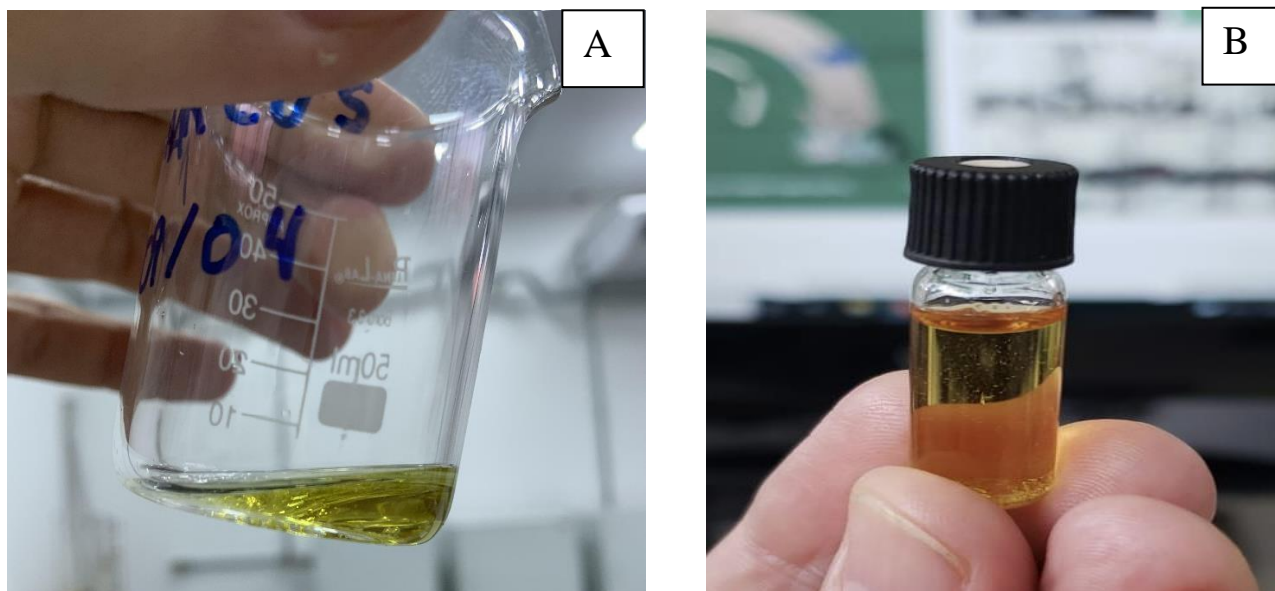
Os resultados obtidos neste trabalho se assemelham dos resultados encontrados nos estudos de Bezerra et al. (2010) e de Corrêa (2017), os quais também encontraram rendimentos relativamente semelhantes para ambas as técnicas. Porém, nesses estudos comparativos, a técnica por hidrodestilação obteve um rendimento levemente superior; contudo, vale ressaltar que nessas pesquisas as extrações foram realizadas em pequenas vidrarias como o Clevenger e com pequenas amostras de plantas. Na escala semi-industrial, como é o caso deste trabalho, é necessário estar atento a outros fatores que podem interferir no rendimento do óleo essencial extraído.

Neste estudo em questão, como o aparelho utilizado foi o mesmo para ambas as extrações, a pequena diferença no rendimento dos óleos essenciais pode estar baseada na diferença da temperatura trabalhada na extração, em que na hidrodestilação como o material vegetal fica em contato direto com a água que está em aquecimento, o óleo essencial é mais suscetível à degradação em virtude da alta temperatura necessária para a ebulição da grande quantidade de água colocada no interior do extrator, como dito nos estudos de Lopes (2014).

O rendimento médio da técnica que apresentou maior eficiência (arraste a vapor) foi de 0,146%, o que é quase 5 vezes menor que a quantidade de óleo essencial presente na planta como mostrado no estudo de Lorenzi e Matos (2008), o qual afirma ter aproximadamente 0,7% de óleo essencial presente na planta de jambú.

A aparência média dos Óleos Essenciais (OE) extraídos encontra-se nas Figuras 13-A (Arraste a Vapor) e Figura 13-B (Hidrodestilação).

Figura 13: OE extraído a partir o Arraste a Vapor (A) e a partir da Hidrodestilação (B)



Fonte: Autor (2022)

Um dos desafios para a realizar a extração de óleo essencial em escala piloto está no fato de existir algumas condições que podem interferir no rendimento dessa extração. Esses desafios geralmente estão diretamente ligados ao fato de se trabalhar com uma grande quantidade de material vegetal, necessitando-se de uma maior atenção em padronizar o preparo uniforme de toda essa matriz vegetal, bem como garantir condições uniformes em toda essa matriz dentro do extrator. A primeira dificuldade do processo de extração, tanto na hidrodestilação como no arraste a vapor, foi padronizar a etapa de secagem da planta. Como mencionado anteriormente, para se trabalhar com 1 a 2kg de material vegetal seco, é necessário a obtenção de 15kg de planta de jambú in natura considerando a umidade da planta de 86,69%. Dessa forma, trata-se de uma quantidade relativamente grande da planta, o que impossibilita a secagem de todo esse material de forma eficiente em uma única estufa de circulação de ar, por não haver espaço suficiente. Por conta disso, foram realizadas sucessivas etapas de secagens fracionadas até a secagem total da amostra. Isso impactou na padronização do material seco, pois as plantas fracionadas que ficaram nas últimas etapas de secagens, já não apresentavam as mesmas condições iniciais das primeiras, além de ter se tornado um processo relativamente demorado.

Além disso, a etapa de moagem também apresentou desafios específicos pelo fato de se trabalhar com grandes quantidades de planta. Conforme mencionado no tópico 3.4.2, o material vegetal, após ter sido seco, foi levado ao triturador forrageiro para a moagem da planta até um diâmetro médio de 3 milímetros, que é o menor tamanho proporcionado pelo equipamento. Com base na literatura e confirmado pelos estudos de Watanabe et al. (2006), o tamanho médio das partículas de planta interferem diretamente no poder de extração do seu óleo essencial, visto que quanto menor o diâmetro médio das partículas, maior será o rendimento obtido em virtude do aumento da área de contato do solvente com o material vegetal. Como neste estudo foi trabalhado com grandes quantidades de plantas, os métodos de moagem para a obtenção de partículas com diâmetro abaixo dos 3 milímetros se tornaram inviáveis devido ao grande trabalho e o tempo que seria gasto.

Apesar dos rendimentos encontrados neste trabalho terem sido abaixo do rendimento achado na literatura (0,7%), deve-se levar em consideração que as técnicas de extração utilizadas são relativamente simples quando comparadas a outras mais sofisticadas como a extração por solvente orgânico ou com fluido supercrítico. Um exemplo disso é mostrado na Tabela 4, a qual mostra resultados de uma pesquisa sobre a determinação dos rendimentos médios da extração do óleo essencial de Vetiver a partir de três técnicas distintas:

Tabela 4 - Rendimento médio das extrações

<b>Tipo de extração</b>	<b>Tempo [h]</b>	<b>Rendimento [%]</b>
Hidrodestilação	4,0	1,4
Solvente orgânico (etanol)	3,0	12,0
Fluido supercrítico	3,0	2,5

Fonte: COSTA et al. (2006)

Dessa forma, observa-se, a partir do estudo de Costa et al. (2006), que o método de extração tem uma grande influência no rendimento do óleo essencial extraído, e que técnicas mais sofisticadas possuem um poder de extração maior em relação a técnicas mais simples.

#### **4.4 BALANÇO DE MASSA GLOBAL DO PROCESSO**

Com base na Equação 5, foi realizado o balanço de massa do processo a fim de calcular a possível perda de vapor não condensado, o que poderia impactar no rendimento do óleo extraído.

Esse cálculo foi realizado apenas para a extração por arraste a vapor, visto que, como a grade móvel fica na base da dorna na hidrodestilação, ficou inviável a remoção dessa grade para

que fosse feito a pesagem da Massa da Planta Úmida (Mpu). Os resultados obtidos a partir da Equação 5 para a extração por arraste a vapor estão identificados na Tabela 5.

Tabela 5 - Balanço de massa: Arraste a vapor

	<b>Mp (g)</b>	<b>Ma (g)</b>	<b>Mar (g)</b>	<b>Mo (g)</b>	<b>Mpu (g)</b>	<b>x (g)</b>
<b>Extração 1</b>	1505,0	23000,0	21500,0	1,8828	2.824,0	179,12
<b>Extração 2</b>	1612,0	23000,0	21310,0	2,5679	2.966,0	333,43
<b>Extração 3</b>	1866,0	23000,0	21400,0	2,8643	3.142,0	321,14

Fonte: Autor (2022)

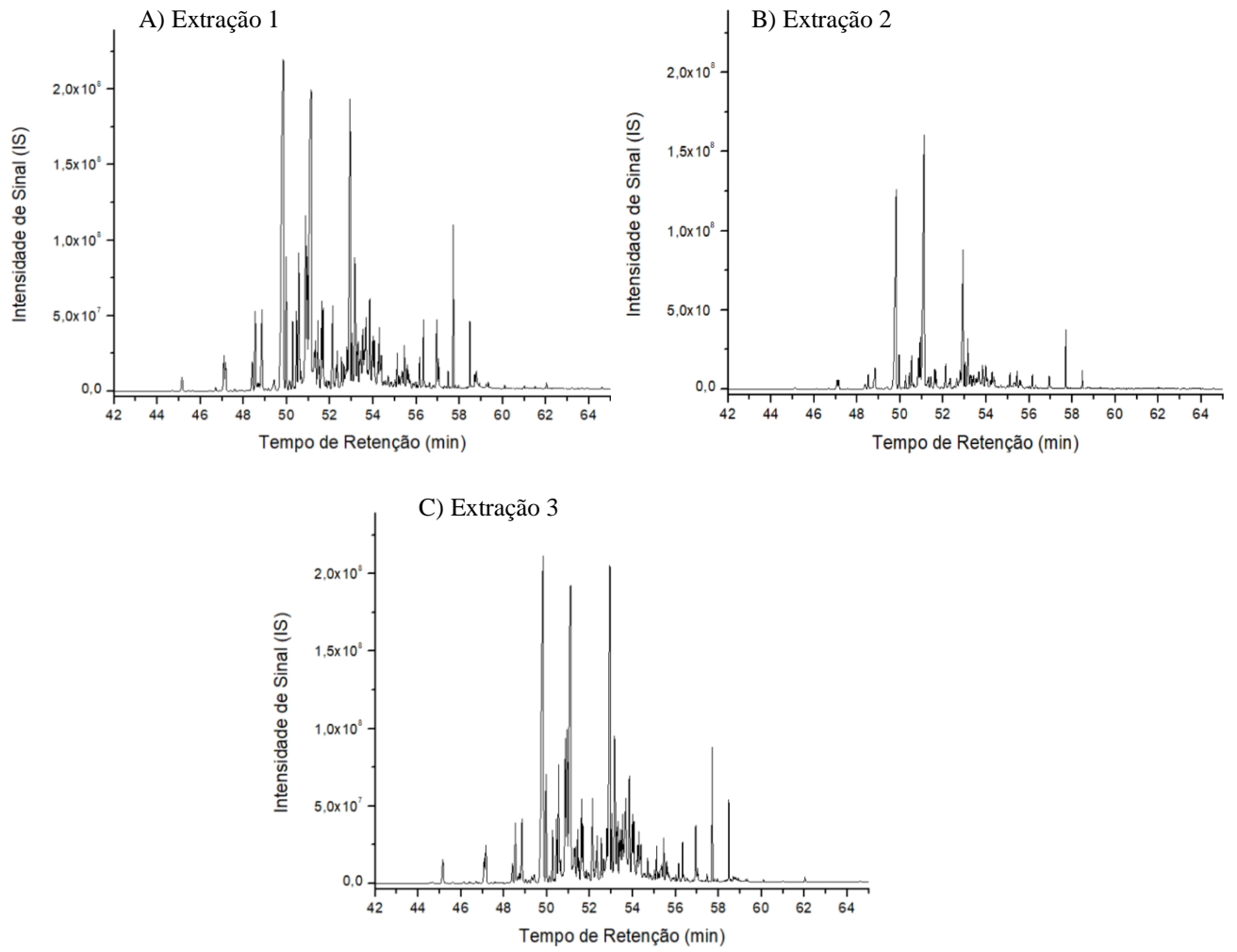
A partir dos valores de “x(g)”, pode-se observar que, durante os 3 processos, houve perda de massa, a qual possivelmente pode estar relacionada a uma pequena quantidade de vapor não condensado. A quantidade de vapor (água) perdida, quando feita a relação entre “x(g)” por “Ma(g)”, foi uma média de 1,21% de água. Dessa forma, entende-se que houve o escape de uma pequena quantidade de vapor não condensado do processo.

Essa perda pode estar relacionada ao fenômeno de superaquecimento da água no início do processo. Segundo Barreiros e Machado (2010), por não haver a presença de materiais sólidos porosos auxiliando no aquecimento regular da água, a temperatura do sistema aumenta gradativamente até que o líquido entre em ebulição de forma rápida e violenta, o que pode ocasionar, dessa forma, uma perda de vapor não condensado. Esse fenômeno foi visivelmente identificado no início das extrações, pois foi possível identificar a violenta agitação da água em aquecimento no interior do extrator.

Portanto, a pequena perda de vapor, comprovada tanto visivelmente como pelo balanço de massa do processo, pode ter influenciado, mesmo que em pequena proporção, no rendimento final do óleo essencial, necessitando-se de uma metodologia que auxilie no aquecimento regular e gradativo de água sem haver o chamado superaquecimento.

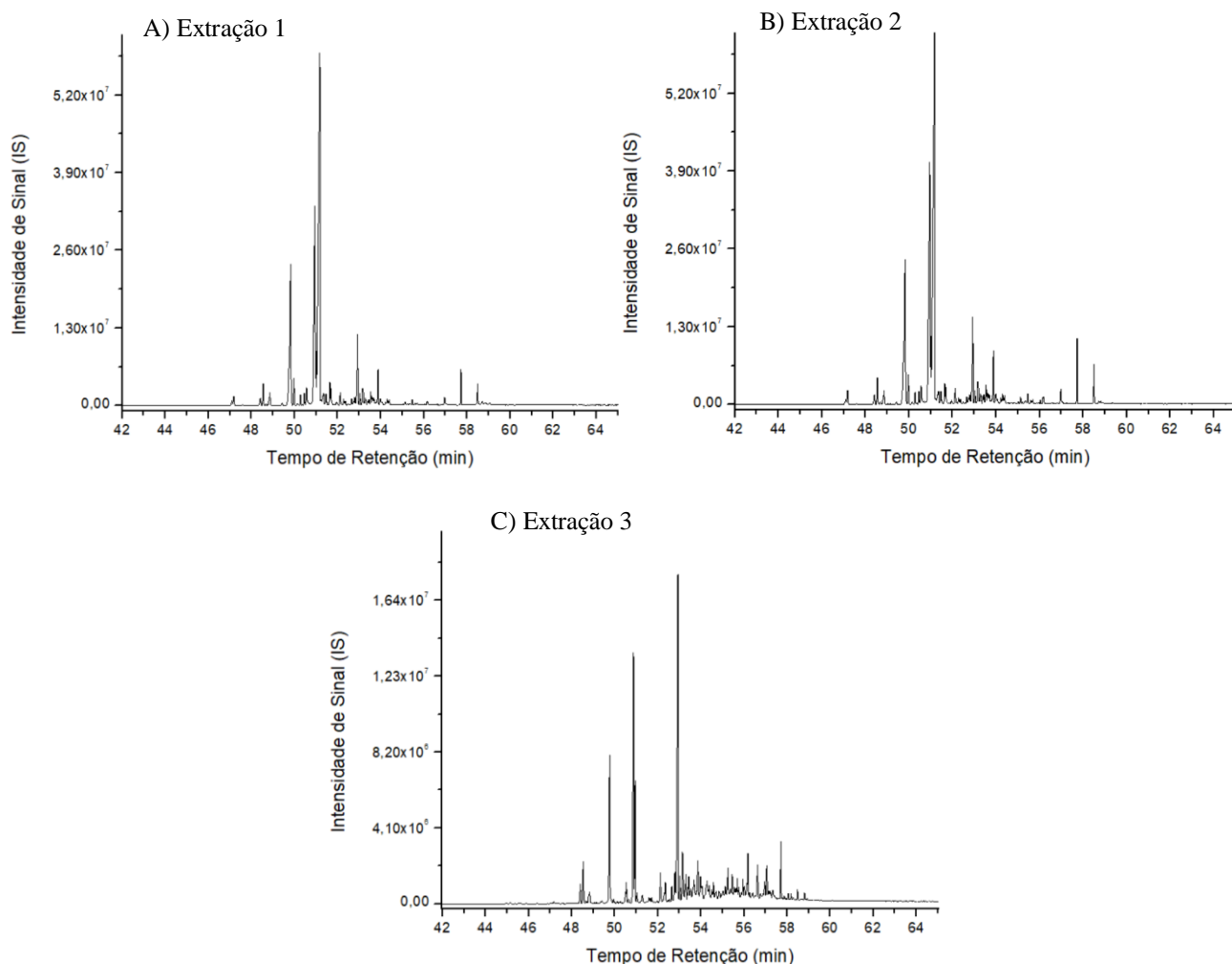
#### 4.5 ANÁLISE DOS COMPONENTES DO ÓLEO ESSENCIAL

Com o auxílio do Cromatógrafo Gasoso acoplado ao Espectrômetro de Massa (CG-MS), foi possível identificar cerca de 63 componentes distintos presentes no óleo essencial de jambú a partir da extração por hidrodestilação, e cerca de 51 componentes a partir do arraste a vapor. O resultado da análise pode ser verificado de forma qualitativa a partir dos perfis cromatográficos mostrados nas Figuras 14 e 15. Essa análise mostra os picos de intensidade de cada componente identificado; logo, mostra a quantidade de componentes presentes nos óleos.

Figura 14: Perfil cromatográfico dos óleos obtidos a partir da **Hidrodestilação**

Fonte: Autor (2023)

Figura 15: Perfil cromatográfico dos óleos obtidos a partir do Arraste a Vapor



Fonte: Autor (2023)

Dessa forma, percebe-se que, apesar da técnica por hidrodestilação ter tido um menor rendimento neste estudo, ela proporcionou um óleo com uma maior quantidade de componentes. Isso reforça a informação falada anteriormente, de que a composição química de um óleo essencial pode mudar a depender da técnica de extração escolhida, mesmo que se trate de uma mesma matriz vegetal (POVH, 2001). As Tabelas 6 e 7 mostram os componentes de maior representatividade nos óleos essenciais obtidos a partir da proporção em área de cada componente mostrado nos cromatogramas dos óleos extraídos pela hidrodestilação e arraste a vapor. É possível observar, nas Tabelas 6 e 7, cerca de 70% dos componentes identificados nos óleos essenciais de jambú.

Tabela 6 – Substâncias majoritárias identificadas (Hidrodestilação)

Substância	1º Extração (Área %)	2º Extração (Área %)	3º Extração (Área %)
$\beta$ -mirceno	0,69	0,69	0,87
trans- $\beta$ -ocimeno	2,44	2,38	3,11
Elemene isomer	0,7	0,56	0,54
$\alpha$ -Copaene	1,4	0,75	1,09
cis- $\beta$ -Elemene	1,64	1,48	1,26
<b><math>\beta</math>-cariofileno</b>	<b>13,35</b>	<b>16,36</b>	<b>11,91</b>
$\beta$ -Elemene	2,17	1,5	1,83
Isogermacreno D	0,99	0,66	0,79
Naftaleno	1,22	0,77	1,06
<i>1,4,7-Cycloundecatriene, 1,5,9,9-tetramethyl</i>	2,47	ni	2,08
<b>1-Pentadeceno</b>	<b>3,38</b>	<b>1,98</b>	<b>2,92</b>
2-Tridecanona	2	2,37	2,68
<b>Germacreno D</b>	<b>11,68</b>	<b>21,47</b>	<b>10,31</b>
Cadinene	1,3	ni	1,27
<i>1-methyl-4-(6-methylhept-5-en-2-yl)cyclohex-1-ene</i>	1,18	0,74	0,94
Nerolidol	1,5	1,26	1,71
<b>Óxido de Cariofileno</b>	<b>6,31</b>	<b>8,4</b>	<b>7,93</b>
<i>Isoshyobunone</i>	2,83	2,88	3,39
<i>Diepicedrene-1-oxide</i>	1,05	ni	1,27
t-Cadinol	1,61	1,27	2,6
$\alpha$ -Cadinol	1,77	1,28	2,2
<i>(15),5,10(14)-Germacratrien-1-ol</i>	1,05	0,9	0,86
<b>Espilantol</b>	<b>1,03</b>	<b>0,49</b>	<b>0,59</b>
Ácido hexadecanoico	1,1	0,69	0,92
Fitol	0,9	0,72	0,98
<i>Geranyl linallol</i>	2,03	2	1,61
delta-Eiemene	ni	ni	ni
<i>Cyclosativene</i>	ni	ni	ni
Humuleno	ni	1,66	ni
<i>Salvial-4(14)-em-1-one</i>	ni	ni	ni
<i>1,8,11-Heptadecatriene</i>	ni	ni	ni
1-Heptadeceno	ni	ni	ni
Ácido oleico	ni	ni	ni
<b>ni = não identificado</b>			

Fonte: Autor (2022)

Tabela 7 – Substâncias majoritárias identificadas (Arraste a Vapor)

Substância	1º Extração (Área %)	2º Extração (Área %)	3º Extração (Área %)
$\beta$ -mirceno	ni	ni	ni
trans- $\beta$ -ocimeno	ni	ni	ni
Elemene isomer	0,27	0,25	ni
$\alpha$ -Copaene	1,03	1,01	0,80
cis- $\beta$ -Elemene	0,87	0,68	0,24
<b><math>\beta</math>-cariofileno</b>	<b>10,17</b>	<b>8,49</b>	<b>7,87</b>
$\beta$ -Elemene	1,17	0,99	0,13
Isogermacreno D	0,55	0,40	0,48
Naftaleno	0,54	0,47	0,44
<i>1,4,7-Cycloundecatriene, 1,5,9,9-tetramethyl</i>	ni	ni	ni
<b>1-Pentadeceno</b>	<b>13,97</b>	<b>11,96</b>	<b>5,11</b>
2-Tridecanona	2,01	1,82	1,77
<b>Germacreno D</b>	<b>29,90</b>	<b>25,48</b>	<b>25,81</b>
Cadinene	0,99	0,68	ni
<i>1-methyl-4-(6-methylhept-5-en-2-yl)cyclohex-1-ene</i>	0,69	0,53	ni
Nerolidol	0,62	0,57	0,70
<b>Óxido de Cariofileno</b>	<b>3,24</b>	<b>3,14</b>	<b>7,21</b>
<i>Isoshyobunone</i>	1,14	1,11	1,36
<i>Diepicedrene-1-oxide</i>	ni	ni	ni
t-Cadinol	ni	ni	ni
$\alpha$ -Cadinol	ni	ni	ni
<i>(15),5,10(14)-Germacratrien-1-ol</i>	0,50	0,58	0,69
<b>Espilantol</b>	ni	ni	ni
Ácido hexadecanoico	ni	ni	ni
Fitol	0,98	1,06	0,36
<i>Geranyl linallol</i>	1,26	1,65	0,93
delta-Eiemene	0,52	0,56	ni
<i>Cyclosativene</i>	0,46	0,45	0,46
Humuleno	1,21	0,89	0,36
<i>Salvial-4(14)-em-1-one</i>	0,53	0,44	0,49
<i>1,8,11-Heptadecatriene</i>	0,59	0,61	ni
1-Heptadeceno	1,39	1,78	1,27
Ácido oleico	0,51	0,79	0,98
<b>ni = não identificado</b>			

Fonte: Autor (2022)

Observa-se, portanto, que as maiorias dos componentes identificados foram comuns às duas técnicas de extração, com exceção de poucas substâncias como o espilantol que foi identificado apenas na extração por hidrodestilação. Os resultados das Tabelas 6 e 7 estão em conformidade com resultados de estudos como o de Borges et al. (2014) e Vulpi et al. (2007), os quais identificaram, em seus respectivos óleos essenciais de jambú, muitas substâncias em comum às substâncias deste trabalho.

Os componentes de maior representatividade a partir das duas extrações foram aqueles que apresentaram os maiores picos de intensidade no cromatograma (Figuras 14 e 15) e estão identificados em negrito nas Tabelas 6 e 7, pois foram aqueles que apresentaram maior área em porcentagem. Esses componentes foram o  $\beta$ -cariofileno, Germacreno D, Óxido de Cariofileno e 1-pentadeceno, os quais são substâncias que possuem certas aplicações comerciais com destaque ao Germacreno D e o  $\beta$ -cariofileno, que são muito utilizados em culinária e na indústria farmacêutica por exemplo.

## 5. CONCLUSÃO

Fica fácil observar, portanto, que para um maior rendimento na extração do óleo essencial de jambú, é necessário uma maior atenção e planejamento nas etapas anteriores à extração, de modo a deixá-las melhor padronizadas, além de analisar técnicas de extração mais sofisticadas que tenham um poder de extração mais eficiente do que as utilizadas neste trabalho para a extração do óleo essencial de jambú.

Apesar dessas dificuldades operacionais (moagem e secagem) ocasionadas pela grande quantidade de material vegetal trabalhado, foi possível realizar a extração do óleo essencial de jambú em escala piloto a partir da técnica de extração por Hidrodestilação e por Arraste a Vapor; obtendo-se um rendimento médio de 0,106% para a primeira e 0,146% para a segunda.

Além disso, foi identificado a presença de diferentes componentes químicos nos óleos essenciais, sendo aproximadamente 63 componentes identificados a partir da hidrodestilação e 51 pelo arraste a vapor. Dessa forma, pode-se concluir que o óleo essencial de jambú pode ser obtido a partir de diferentes técnicas de extração à nível semi – industrial, apresentando uma composição química relativamente atraente aos olhos do mercado e semelhante com o que diz a literatura.

## **6. PERSPECTIVAS**

Como perspectivas para pesquisas futuras sobre o tema proposto, recomenda-se realizar uma análise prévia sobre o passo a passo que deverá ser realizado para a obtenção de toda a matéria prima vegetal, visto que, como se trata de grandes quantidades de planta por ser um estudo em escala semi-industrial, essa grande quantidade poderá ser um empecilho na padronização das amostras e, conseqüentemente, poderá afetar resultados futuros. Logo, recomenda-se analisar com calma a quantidade de equipamentos de secagens (estufas) disponíveis, a fim de não deixar nenhuma matéria prima ociosa, além de verificar equipamentos que proporcionem uma etapa de moagem mais eficiente, com base na quantidade de matéria prima trabalhada.

No mais, recomenda-se também a análise do tipo de técnica mais eficiente para a extração do óleo essencial de interesse, visando também aspectos econômicos, pois os rendimentos podem variar a depender do tipo de técnica escolhida.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. **Óleos Essenciais de Cinnamodendron dinisii Schwacke e Siparuna guianensis Aublet: Composição Química, Caracterização**. Tese (Doutorado em Agroquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- BARREIROS, A. L. B. S.; MACHADO, S. M. F. **Química Orgânica Experimental**, CESAD – Centro de Educação Superior a Distância, São Cristóvão/SE, Aula 5, 2010.
- BEZERRA, A. N. S. et al. **Avaliação do rendimento do óleo essencial de *Myrcia sylvatica* (g. meyer) em função do método de extração e do processamento da biomassa**. Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o progresso da ciência. Resumos. p. 3227 Natal: UFRN, 2010.
- BIASI, L.A.; DESCHAMPS, C., **Plantas aromáticas: do cultivo à produção de óleo essencial**. Curitiba: Layer Studio Gráfico e Editora Ltda, 2009.
- BIESKI, I.G.C.; SANTOS J.L.U.; FERREIRA M.L.; GARCIA P.C. et al. **Potencial econômico e terapêutico dos óleos essenciais mais utilizados no Brasil**. Rev Fitos. Rio de Janeiro. 2022.
- BORGES, L. S. et al. **Perfil cromatográfico do óleo essencial de jambu identificados por cromatógrafo a gás acoplado a espectrômetro de massas**. Cultivando o Saber, v.07, n. 3, p. 254-266. 2014.
- BORGES, L. S. et al. **Antioxidant compounds of organically and conventionally fertilized jambu (*Acmella oleracea*)**. Biological Agriculture and Horticulture, v. 32, n. 3, p. 149–158, 2015.
- CASSEL, E.; VARGAS, R. M. F. **Experiments and modeling of the *Cymbopogon winterianus* essential oil extraction by steam distillation**. J. Mex. Chem. Soc. v. 55, p. 57-60, 2006.
- CHAGAS, M. M., **Atividade antibacteriana do extrato vegetal de jambu (*Spilanthes acmella*) em isolados de *Staphylococcus spp.* de amostras de leite de bovinos**. Universidade Federal do Amazonas, Faculdade de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Ciência animal. Dissertação de Mestrado na área de concentração Biotecnologia e Microbiologia, 2020.
- CORRÊA, I. C. ; CARRAFA, A. C. M. ; PIVA, C. A. G. . **Comparação dos diferentes métodos de extração: hidrodestilação e arraste a vapor, do óleo essencial do *Eucalyptus dunnii* Maiden**. In: 9º Simpósio Brasileiro de Óleos Essenciais, 2017, Caxias do Sul. 9º Simpósio Brasileiro de Óleos Essenciais, 2017.
- COSTA, T. S.; PELAIS, A. C.A.; CORRÊA, N. C. F.; FRANÇA, L. F.; MARQUES, M. O. M. **Avaliação da extração de óleos essenciais de vetiver (*Vetiveria zizanioides*) com CO<sub>2</sub> supercrítico**. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais. Botucatu, v.08, n. 4, p. 100-103. 2006.
- COSTA, S. S. **Extração de espilantol assistida por micro-ondas a partir de flores, folhas e caules de jambu (*Acmella oleracea* (L.) R. K. Jansen)**. Tese (Doutorado em Engenharia

Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP. 2014.

FARIAS, V.D.S; ALVES, E.C.; CASTRO, L. N.; GOMES, R.F.; SILVA, J.P.; GUSMÃO, SAL . **Densidade de Plantio: Efeitos no Cultivo do Jambu (*Acmella Oleracea*)** -Variedade Nazaré. In: 50 CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 2010.

FAVORETO, R.; GILBERT, B. *Acmella oleracea* (L.) **R. K. Jansen (Asteraceae) – Jambu.** Estudo da Arte / State of the Art. Revista Fitos Vol.5 N°01 Março 2010.

GUSMÃO S. A. L.; GUSMÃO M. T. A.; SILVESTRE W. V. D.; LOPES P. R. A. **Caracterização do cultivo de Jambu nas áreas produtoras que abastecem a grande Belém.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 49, 2009.

HOSCHER R. H. **Cinética de Secagem e Composição Química do Óleo Essencial de Folhas de *Pereskia aculeata* Miller.** Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Dourados - Mato Grosso do Sul. 2019.

KUZEY, C. A. **Óleos essenciais: aspectos gerais e potencialidades.** Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha – Campus Santo Ângelo, 2021.

LÁSZLÓ, F. **Curso Aromatologia.** Módulo 1. Minas Gerais. 2008.

LEAL, P. F. **Estudo comparativo entre os custos de manufatura e as propriedades funcionais de óleos voláteis obtidos por extração supercrítica e destilação por arraste a vapor.** Tese Doutorado – Universidade Estadual de Campinas, 2008;

LOPES, Andrey. **Estudo da qualidade e da foto-degradação dos óleos essenciais comerciais de Capim Limão (*Cymbopogon citratus*).** Trabalho de Conclusão de Curso. Curso superior de Tecnologia em Processos Químicos – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2014.

LORENZI, H., MATOS, F. J. A. **Plantas Medicinais no Brasil: Nativas e Exóticas.** Nova Odessa: Instituto Plantarum, p.113, 2008.

MAFRA, E.S. **Análise experimental do processo de extração do óleo essencial de puxuri *Licaria puchury-major* (Mart.) Kosterm. Laurácea por arraste com vapor.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Pará, Belém, 264 p. 2014.

MONTEIRO, S. M. F. **Desempenho de Variedades de Jambu Cultivadas Sob Diferentes Níveis de Sombreamento.** Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade Federal Rural da Amazônia. Campenama, 2019.

MORDOR INTELLIGENCE, **MERCADO DE ÓLEO ESSENCIAL - CRESCIMENTO, TENDÊNCIAS, IMPACTO DO COVID-19 E PREVISÕES (2022 - 2027),** 2021. Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/essential-oils-market>; Acesso em setembro de 2022.

NASCIMENTO, A; PADRE, A.C.K. **Aromaterapia: o poder das plantas e dos óleos essenciais. Aromaterapia: o poder das plantas e dos óleos essenciais**, 2020.

NASCIMENTO, C. M. **Estudo de modelos matemáticos aplicados a cinética de extração de óleos em condições supercríticas**. Curso de Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal de Uberlândia – UFU. Uberlândia, p. 39, 2017.

NASCIMENTO, L. E. S. **Jambu (*Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen) Hidropônico e Convencional: Uma Comparação Baseada nas Propriedades Físico-Químicas e Composição Fitoquímica**. Pós-Graduação do Centro de Ciência Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, 2019.

PIRES, I. V. **Caracterização físico-química, composição centesimal, de compostos bioativos e capacidade antioxidante do jambu (*Spilanthes oleracea*) in natura procedente do cultivo convencional e de hidroponia**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos), Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, Universidade do Estado do Pará, Belém, 2016.

POLTRONIERI, M.C.; MULLER, N.R.M.; POLTRONIERI, L.S. **Recomendações para a produção de jambú: cultivar Nazaré**. Circular Técnica Embrapa Amazônia Oriental, n. 11, 13 p., 2000.

POVH, N. P.; GARCIA, C. A.; MARQUES, M. O. M.; MEIRELES, M. A. A. **Extraction of essential oil and oilresin from chamomile (*Chamomilla recutita* [L.] Rauschert) by steam distillation and extraction with organic solvents: a process design approach**. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, Botucatu, v. 4, n. 1, p. 1-8, 2001.

REVISTA A LAVOURA – Edição nº 699/2013, disponível em: [https://issuu.com/sociedadenedacionaldeagricultura/docs/a\\_lavoura\\_699](https://issuu.com/sociedadenedacionaldeagricultura/docs/a_lavoura_699); Acesso em setembro de 2022.

RIBEIRO, L.G. **Extração assistida por micro-ondas de óleo essencial de folhas de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Globulus*)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química). Porto Alegre. 2018.

SAMPAIO, I. M. G. ; GUSMAO, S. A. L. ; SILVA JUNIOR, M. L. ; BITTENCOURT, R. F. P. M. ; WENZELER, R. R. F. . **Jambu: hortaliças PANC da Amazônia**. REVISTA CAMPO & NEGÓCIOS, v. 2, p. 48-50, 2019.

SANTOS, S. M. **Obtenção de Espilantol a partir das Folhas de Jambú (*Spilanthes acmella* (L.) Murr.)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Química). Fortaleza. 2015.

SARTOR, R. B. **Modelagem, simulação e otimização de uma unidade industrial de extração de óleos essenciais por arraste a vapor**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

SILVA. M. C. **Óleos essenciais: caracterização e métodos de extração**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Química). Centro Universitário de Formiga – UNIFOR-MG. Curso de Engenharia Química. Formiga – Minas Gerais, 2018.

SILVA, Geovana Teixeira Alves da. **Estudo de processos convencionais de extração de óleos essenciais via revisão bibliográfica: uma base para um projeto industrial**. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2021.

TISCHER B. **Avaliação do Efeito de Diferentes Métodos de Secagem, Moagem e Extração no Óleo Essencial de *Baccharis articulata* (Lam.) Pers.** Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS). Santa Maria – RS. 2014.

TRADE MAP. (2021). List of exporters for the selected product. Product: 33 Essential oils and resinoids; perfumery, cosmetic or toilet preparations. Disponível em: [https://www.trademap.org/Country\\_SelProduct\\_TS.aspx?nvpm=1%7c%7c%7c%7c%7c33%7c%7c%7c2%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c2%7c1%7c1%7c1](https://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=1%7c%7c%7c%7c%7c33%7c%7c%7c2%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c2%7c1%7c1%7c1); Acesso em setembro de 2022.

VALENTE, A. L. P.; AUGUSTO, F.; RIEDO, C. R. F. **Análise Quantitativa por Cromatografia**. Revista Chemkeys. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo, 2003.

VIANA, C. A. S. et al. **Plantas da Amazônia: 450 espécies de uso geral**. Brasília: Universidade de Brasília, Biblioteca Central, 2011.

VULPI, T. S.; MORAIS, C. P. M.; TRINDADE, A. P. F.; LIMA, M. C. H. P.; VELOZO, L. S. M. KAPLAN, M. A. **Análise do óleo essencial dos diferentes órgãos de *Acmella ciliata* Kunth (Asteraceae)**. Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 5, p. 1128-1130, Suplemento 2. 2007.

WATANABE, C. H.; NOSSE, T.M.; GARCIA, C. A.; PINHEIRO, P. N. **Extração do óleo essencial de menta (*Mentha arvensis* L.) por destilação por arraste a vapor e extração com etanol**. Botucatu, v.08, n. 4, p. 76-86. 2006.