



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO E GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

ROBERTO DA SILVA CARDOSO

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE LARVICIDA DE ÓLEOS FIXOS DA AMAZÔNIA E
SEUS DERIVADOS**

**MACAPÁ-AP
2022**

ROBERTO DA SILVA CARDOSO

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE LARVICIDA DE ÓLEOS FIXOS DA AMAZÔNIA E SEUS DERIVADOS

Projeto de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Amapá, como requisito para obtenção de titulação de graduação.

Orientador: Prof. Dr. Irlon Maciel Ferreira
Co-Orientador: Msc. Victor Hugo S. Marinho

**MACAPÁ-AP
2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Cristina Fernandes – CRB-2 / 1569

C268a Cardoso, Roberto da Silva.
Avaliação da atividade larvicida de óleos fixos da Amazônia e seus derivados / Roberto da Silva Cardoso. - Macapá, 2023.
1 recurso eletrônico. 47 folhas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá, Licenciatura em Química. Macapá, 2023.
Orientador: Prof. Dr. Irlon Maciel Ferreira.
Coorientador: Msc. Victor Hugo Souza Marinho.

Modo de acesso: World Wide Web.
Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Óleo vegetal amazônico. 2. Bioproduto. 3. Atividade biológica. I. Prof. Dr. Irlon Maciel Ferreira, orientador. II. Marinho, Victor Hugo Souza, coorientador. III. UNIFAP. IV. Título.

CDD 23. ed. – 581.4

CARDOSO, Roberto da Silva. Avaliação da atividade larvicida de óleos fixos da Amazônia e seus derivados. Orientador: Prof. Dr. Irlon Maciel Ferreira. Coorientador: Msc. Victor Hugo Souza Marinho. 2023. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Licenciatura em Química. Universidade Federal do Amapá. Macapá, 2023.

ROBERTO DA SILVA CARDOSO

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE LARVICIDA DE ÓLEOS FIXOS DA AMAZÔNIA
E SEUS DERIVADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Licenciatura em
Química da Universidade Federal do
Amapá, requisito final para obtenção do
Título de Licenciatura em Química.

Orientador: Prof. Dr. Irlon Maciel
Ferreira.

Co-Orientador: Prof. Dr. Victor Hugo
S. Marinho

APROVADO EM 06/ 03/ 2023



Documento assinado digitalmente

ALEX BRUNO LOBATO RODRIGUES

Data: 21/08/2024 13:31:33-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Examinador: PROF. Dr. ALEX BRUNO LOBATO RODRIGUES
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ – UNIFAP



Documento assinado digitalmente

INANA FAURO DE ARAUJO

Data: 21/08/2024 11:33:00-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Examinador: PROF^a. Dr. INANA FAURO DE ARAUJO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ – UNIFAP

Orientador: PROF. Dr. IRLON MACIEL FERREIRA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ – UNIFAP



Documento assinado digitalmente

VICTOR HUGO DE SOUZA MARINHO

Data: 20/08/2024 13:00:02-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Co-Orientador: PROF. Dr. VICTOR HUGO SOUZA MARINHO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ - UNIFAP

CONCEITO FINAL: 8

**MACAPÁ-AP
2022**

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e que também me proporciona forças para seguir em frente e enfrentar as adversidades encontradas na minha trajetória acadêmica e pessoal.

Ao meu orientador, Professor Dr. Irlon Maciel Ferreira, pela honrosa oportunidade na realização deste trabalho, agradeço por todo conhecimento compartilhado, por todas as vezes que me cobrou e ensinou algo que não sabia e que nem imaginava que existia. Por ser além de professor, um amigo. A sua maneira respeitosa como lida com as pessoas tanto em grupo quanto individualmente. Agradecido por todo seu empenho que sem dúvidas me ajudou a superar vários obstáculos tanto pessoal quanto profissional.

Aos meus familiares por serem meu maior apoio em tudo, principalmente a minha mãe, Maria de Jesus, minha avó, Maria das Graças, que sempre me motivaram a estudar desde o fundamental quando saía de casa as 09:30 da manhã horário que o catraio passava para fazer deslocamento para outro rio onde era a escola e retornava apenas por volta das 18:00, foram momentos muitos desafiadores. Aos meus irmãos, Sidinei Roberto e Graciane, por sempre estarem ao meu lado para praticamente tudo, a minha cunhada, Amanda, ao meu padrasto, Manelito, por ter sido a figura paterna presente em minha infância, aos meus tios, Maria Joseni e Gleydson Almeida, por terem me acolhido como um filho em sua residência e pelo suporte durante o período do ensino médio e aos demais que não citei aqui, mas que sempre estão na torcida de minhas conquistas.

Aos meus queridos amigos que construir laços durante esses percursos. Principalmente as amizades que fiz na faculdade Andria Vanessa, Rosicleia Brito, Ketlen Chucre, Edmilson Sarmiento, Jaqueline Gemaque, Victor Marinho, Arlefe Noite e aos que não citei, mas que tem uma grande importância em minha vida pelo companheirismo e amizade. Em nenhum momento imaginava encontrar pessoas incríveis assim nesse processo é muito uma satisfação imensa tê-los como amigos.

A todo o colegiado do curso de Licenciatura em Química, em especial aos professores David Gemenez, Joquina Malheiros, Claudio Pinheiro, Alex Bruno, Alex de Nazaré, Joel Diniz, pelo conhecimento e experiências compartilhados sobre química e educação, gratidão pelo companheirismo e por seres profissionais exemplares.

Ao grupo BIORG e parceiros pela amizade construída e experiências vivenciadas que foram sindicantes para a construção deste projeto e a renomada Universidade Federal do Amapá e ao CPNq, pelo apoio financeiro através dos auxílios estudantis que são muitos importantes e a bolsa de Iniciação Científica que sem dúvidas foram de grande ajuda para conclusão do curso.

pela honra de fazer parte desta instituição de ensino, por todo apoio financeiro através dos auxílios estudantis que forma muito importante e de grande ajuda para minha formação.

Enfim, a todos que de alguma forma fizeram parte dessa etapa da minha vida e que contribuíram para o meu progresso, meu mais sincero obrigado.

“Diga-me e eu esquecerei; ensina-me e eu poderei lembrar; envolva-me e eu aprenderei.”

Benjamin Franklin

RESUMO

Óleos vegetais com propriedades medicinais são abundantemente encontrados em espécies da biodiversidade Amazônica. Sabe-se que muitas dessas plantas apresentam compostos bioativos que podem ser usados para o controle de vetores de doenças virais, como a dengue, que se arrasta como problema de saúde pública no Brasil e vários outros países da América Latina. Neste cenário, este trabalho teve como objetivo determinar a atividade larvicida, em *Aedes aegypti*, de óleos fixos obtidos dos frutos das espécies vegetais *Astrocaryum vulgare* (Tucumã) e *Acrocomia aculeata* (Mucajá) e bioproducto do Mucajá que foram testados contra o estágio larval de 3º estágio do mosquito *Aedes aegypti*. Os frutos foram coletados no Campus da Universidade Federal do Amapá. Após a extração com aparelho Soxhlet utilizando solvente (*n*-Hexano) foi realizada a análise de Cromatografia Gasosa Acoplada a Espectrômetro de Massas (CG-MS) e a Espectroscopia Infravermelha (IR) para determinação do perfil de ácidos graxos de cada óleo. A partir do teste preliminar com os óleos, foi possível determinar que o Mucajá apresentou uma maior atividade biológica comparado ao óleo de Tucumã. Sendo assim, foi feita uma nanoformulação com fibroína de seda, tendo como base o óleo de mucajá para potencializar a sua eficiência. A leitura de LC₅₀ e LC₉₀ para a formulação foram determinados em 24 com valores iguais a 23,96 µg.mL⁻¹ e 119,34 µg.mL⁻¹, respectivamente. Enquanto que, em 48 h a emulsão apresentou LC₅₀ de 7,90 µg.mL⁻¹ e LC₉₀ de 25,32 µg.mL⁻¹. A ação larvicida da nanoformulação foi dependente da composição dos ácidos graxos presentes no óleo de Mucajá e isso o torna uma possível alternativa aos consumo dos inseticidas sintéticos e eficiente ao controle populacional do vetor da dengue.

Palavras-Chave: Óleo vegetal Amazônico, Bioproducto, Toxicidade, Atividade biológica.

ABSTRACT

Vegetable oils are found in most plants and the Amazonian biodiversity is a forest that has several species with this oleaginous characteristic. It is known that many of these plants have bioactive compounds that can be used to control vectors of viral diseases, such as dengue. In this scenario, the objective of this work was to determine the larvicidal activity of fixed oils obtained from the fruits of the vegetable species *Astrocaryum vulgare* (Tucumã) and *Acrocomia aculeata* (Mucajá) and Mucajá bioproduct that were tested against the 3 stage larval state of the mosquito *Aedes aegypti*. The fruits were collected on the Campus of the Federal University of Amapá. After extraction with a Soxhlet apparatus using solvent (n-Hexane), analysis by Gas Chromatography Coupled to Mass Spectrometer (GC-MS) and Infrared Spectroscopy (IR) were performed to determine the fatty acid profile of each oil. From the preliminary test with the oils, it was possible to determine that Mucajá presented a greater biological activity compared to Tucumã oil. Therefore, a nanoformulation with silk fibroin was made, based on mucajá oil to enhance its efficiency. The LC50 and LC90 reading for the formulation were determined in 24 h with values equal to 23.96 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ and 119.34 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, respectively. While, in 48 h, the emulsion showed LC50 of 7.90 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ and LC90 of 25.32 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$. The larvicidal action of the nanoformulation is dependent on the composition of fatty acids present in Mucajá oil and this makes it a possible efficient alternative to synthetic insecticides.

Keywords: Vegetable oil, Bioproduct, Analysis, Biological activity.

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Espécies vegetais da pesquisa em estudo.	17
Figura 02: Ciclo reprodutivo e detalhes de hábitos e comportamentos do <i>Aedes aegypti</i>	21
Figura 03: Espécies vegetais da pesquisa.....	23
Figura 04: Processo de extração dos óleos vegetais em estudo.	24
Figura 05: Processo de separação das fases da reação de transesterificação.	26
Figura 06: Larvas selecionadas para o teste preliminar com os óleos vetais	28
Figura 07: Perfil cromatográfico do óleo de Mucajá	29
Figura 08: Perfil cromatográfico do óleo de Tucumã	30
Figura 09: Perfil obtido no infravermelho do óleo de Tucumã e Mucajá	33
Figura 10: Ensaio larvicida com a nanoformulação (amida do óleo de Mucajá e fibroína). ..	34
Figura 11: Porcentagem de mortalidade das larvas frente a nanoformulação.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Dados utilizados de acordo com o Instituto Adolfo Lutz.....	25
Tabela 02: Composição dos ácidos graxos do óleo de Tucumã e Mucajá	30
Tabela 03: Resultados dos testes feitos no laboratório com os óleos.....	31
Tabela 04 Atividade larvicida da emulsão sobre as larvas de 3º do mosquito.	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	JUSTIFICATIVA	13
3	PROBLEMA	14
4	OBJETIVOS	15
4.1	GERAL	15
4.2	ESPECÍFICOS	15
5	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
5.1	PALMEIRAS DA REGIÃO AMAZÔNICA	16
5.2	CARACTERÍSTICAS DAS PALMEIRAS EM ESTUDO	16
5.3	IMPORTÂNCIA DAS ESPÉCIES VEGETAIS EM ESTUDO	17
5.4	ÓLEOS FIXOS COMO BIOPRODUTOS	18
5.5	INSETICIDAS VANTAGENS E DESVANTAGENS	18
5.6	MOSQUITO	19
6	MATERIAL E MÉTODOS	23
6.1	REAGENTES E SOLVENTES	23
6.3	ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE ÓLEOS VEGETAIS	24
6.4	REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO	25
6.5	REAÇÃO DE AMIDAÇÃO	26
6.6	ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO DO MATERIAL EM ESTUDO	26
6.7	CROMATOGRAFIA GASOSA (GC-MS) DOS ÓLEOS	27
6.8	EMULSÃO DE FIBROINA DE SEDA COM O ÓLEO DE MUCAJÁ	27
6.9	DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE LARVICIDA DOS ÓLEOS	27
6.10	ANÁLISE ESTATÍSTICA	28
7	RESULTADOS E DISCUSÃO	29
7.1	ANALISE EM CG-MS DOS ÓLEOS TRANSESTERIFICADOS (LIPASE CAL-B)	29
7.2	PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS ÓLEOS MUCAJÁ E TUCUMÃ	31
7.3	ESPECTROS DE INFRAVERMELHO DOS ÓLEOS	32
7.4	BIOENSAIO LARVICIDA DOS ÓLEOS E DERIVADOS	33
8	CONCLUSÃO	36
9	REFERÊNCIAS	37
10	APÊNDICE	41

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é detentor da maior biodiversidade de plantas do planeta, distribuída em diversos biomas como a floresta Amazônica, a Mata Atlântica, o Pantanal e a Caatinga, apresentando características particulares pela influência do solo e o do clima (SCARIOT et al., 2010).

Nesse cenário, a região Norte do Brasil se destaca por abrigar grande parte da região Amazônica Legal sendo constituída por milhares de espécies vegetais com enorme valor econômico e social. O potencial dessas espécies se destaca por suas propriedades medicinais e funcionais agregando valor aos recursos naturais da região (NOGUEIRA et al., 2010).

A região Amazônica é rica em espécies vegetais oleaginosas, os óleos vegetais e as gorduras produzidas por essas espécies possuem composições químicas únicas, bem como propriedades físico-química e nutricionais (AZEVEDO et al., 2017).

O Brasil é apontado como o terceiro país mais rico em diversidade de palmeiras tropicais, possuindo aproximadamente 47 gêneros e 296 espécies. Somente na região Norte, os levantamentos atestam a presença de 34 gêneros e 157 espécies (STATISA, 2020; FLORA DO BRASIL, 2022).

As palmeiras são economicamente importantes para a região, pois elas já são largamente utilizadas nas áreas industriais, farmacêuticas e alimentícias e com grande importância terapêutica (SILVA et al., 2003). Os óleos dessas espécies podem ser extraídos por dois principais métodos: por prensagem mecânica ou extração por solvente de caráter apolar derivados do petróleo, como o hexano e éter de petróleo (PERRY; CHILTON, 1986).

Entre as diversas matrizes de oleaginosa encontradas na região temos *Astrocaryum vulgare* e a *Acrocomia aculeata*, conhecidas popularmente como Tucumã e Mucajá, essas espécies possuem gorduras e óleos ricos em ácidos palmítico e oleico (BORA et al., 2001). A caracterização das propriedades físico-química desses óleos e gorduras é importante para promover sua aplicação industrial (PEREIRA et al., 2019).

Na última década, pesquisas utilizando compostos de origem naturais botânicos como os bioinseticida para o controle de vetores tem aumentado, pois essas substancias são ricas em compostos bioativos e com maior capacidade biodegradáveis (RODRIGUES et al., 2018).

Os extratos e óleos oriundos de espécies vegetais temem sendo preferencialmente utilizado como fontes alternativas para os inseticidas sintéticos no controle de insetos, pois alguns são seletivos e tem poucos efeitos a organismos não-alvo e ao meio ambiente (SHARMA, MOHAN, & SRIVASTAVA, 2009).

A desordenada exploração dos recursos naturais para sustentar o crescimento econômico aliado ao crescimento populacional, tem acarretado uma situação de crise socioambiental, ultrapassando a capacidade de carga dos ecossistemas e não permite o desenvolvimento do potencial de cada região de modo sustentável (SILVA, 2006). Esses indicadores citados anteriormente incidem sobre a prevalência e a proliferação de várias doenças, como doenças infecciosas, que afetam a população (LEFF, 2001).

A degradação ambiental é capaz de gerar patologias ambientais denominadas de doenças da pobreza (cólera e dengue) ocasionadas por diversos fatores como a contaminação do ar, solo, água, bem como pelo o uso de substâncias tóxicas como os pesticidas e os agrotóxicos (SILVA, 2006).

A Organização Mundial da Saúde em 2019, afirmou que doenças transmitidas por vetores, como dengue, febre amarela, Zika, Chikungunya, entre outras. Representam mais de 17% das doenças infecciosas no mundo, causando mais de 700,000 óbitos por ano. Sendo o vetor transmissor dessas doenças o mosquito *Aedes aegypti* (OMS, 2019).

O uso frequente e indiscriminado de inseticidas e larvicidas organoclorados utilizados contra os mosquitos, como revisado em literatura, tem causado resistência, poluição, desequilíbrio no meio ambiente, bem como toxicidade a organismos não-alvo. Sendo assim, uma alternativa para substituir esses compostos é a produção e utilização de compostos larvicidas oriundos de plantas ou produtos naturais (CONSOLI & LOURENÇO, 1994).

Diante disso, o presente estudo utilizou óleos de diferentes espécies de palmeiras da região Amazônica com o objetivo de prospectar compostos com o intuito de investigar a atividade larvicida contra as larvas de 3º instar de *Ae. Aegypti*, como uma possível alternativa aos inseticidas sintéticos, visto que esses são ambientalmente seguros e também contribuindo para os estudos dessas espécies de palmeiras que possuem um grande valor para a região.

2 JUSTIFICATIVA

Nas últimas décadas tem-se verificado um grande avanço científico envolvendo estudos químicos e farmacológicos de plantas que apresentam propriedades medicinais visando à prospecção e obtenção de novos compostos com propriedades farmacêuticas.

Tal fato é comprovado pela evidência de que atualmente, cerca de 50% das drogas desenvolvidas entre 1981 e 2002 foram obtidas partindo-se de produtos naturais, ou análogos semi-sintéticos ou ainda compostos sintéticos baseados em produtos naturais (KOEHN & CARTER, 2005).

Dentre esses compostos se destacam os óleos fixos de espécies vegetais, pois esses óleos pertencem ao maior e mais diversificado grupo dentro dos produtos naturais, e apresentam grande importância terapêutica e econômica (SILVA et al., 2003).

Assim busca-se nesse trabalho estudar a atividade larvicida de dois óleos fixos oriundos de espécies vegetais da região Amazônica, *A. vulgare* (Tucumã) e *A. aculeata* (Mucajá), almejando obter novos bioprodutos importantes do ponto de vista científico, tecnológico e econômico.

Na literatura não se dispõe de muitos relatos das atividades biológicas desses bioprodutos, visto que eles são muito utilizados na indústria para a produção de biodiesel. Além disso, a pesquisa se põe como uma perspectiva científica para um melhor conhecimento de espécies vegetais da Amazônia e deste modo prospectar potenciais moléculas bioativas.

3 PROBLEMA

O crescente desmatamento a adaptação urbana de vários mosquitos vetores de doenças, dentre esses o *Ae. Aegypti*, mosquito transmissor do vírus da dengue, febre amarela entre outros. O vírus da dengue é o arbovírus mais importante para o homem (OMS, 2019).

O meio ideal para o controle do vetor é o tratamento sistemático dos locais de reprodução dos mosquitos através de agentes larvicidas. Contudo, a maioria desses agentes são inseticidas e larvicidas organoclorados que são em sua grande maioria muito tóxicos ao homem e ao meio ambiente, uma alternativa para substituir esses compostos é a produção e utilização de compostos larvicidas oriundos de plantas ou produtos naturais (CONSOLI & LOURENÇO, 1994).

Diante disso, o presente trabalho visa contribuir para o desenvolvimento de compostos naturais hipoteticamente larvicidas contra as larvas do mosquito causador da dengue, entre outras doenças negligenciadas, a partir de produtos naturais da região Amazônica, como óleos fixos contribuindo também com a melhoria do meio ambiente e da sociedade de um modo geral.

4 OBJETIVOS

4.1 GERAL

- Avaliar o potencial larvicida dos óleos vegetais de *Astrocaryum Vulgare* (Tucumã) e *Acrocomia aculeata* (Mucajá), visando a prospecção e obtenção de novas moléculas de interesse biológico.

4.2 ESPECÍFICOS

- Extrair através do aparelho Soxhlet os óleos brutos das espécies vegetais *A. Vulgare* (Tucumã) e *A. aculeata* (Mucajá);
- Caracterizar os óleos brutos através de análises espectrométricas de infravermelho e cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massas;
- Investigar a atividade larvicida dos óleos e derivados em larvas do 3º instar de *Ae. Aegypti*.

5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1 PALMEIRAS DA REGIÃO AMAZÔNICA

A floresta amazônica possui uma diversidade de plantas que na sua maioria são frutíferas, nessa classe se destaca a família *Arecaceae* que é a nomeação científica das palmeiras, também chamada de *Palmae* que representa a ordem *Arecales*, essa família é representada por cerca de 3.000 espécies distribuídas pelo mundo (FERREIRA,2011).

No Brasil, podemos encontrar uma quantidade corresponde a 390 espécies, destacando-se principalmente a região amazônica onde é possível identificar 41 gêneros e 290 espécies nativas da região, onde podem ser encontrados os gêneros *Bactris* (pupunha), *Euterpe* (açáí), *A. vulgare* (tucumã,) *M. flexuosa* (Buriti) e *A. aculeata* (Mucajá), *Oenocarpus* (bacaba, patauá) com potencial econômico e social oriundos dos frutos das palmeiras (OLIVEIRA; RIO, 2014).

Souza e Lima (2019) realizaram levantamento bibliográfico da importância das *Arecaceae* para as regiões do norte e destacaram o baixo índice de trabalhos científicos relacionados ao tema. Os autores ressaltam a carência de pesquisas sobre palmeiras que são abundantes nas regiões do norte do Brasil e reforçam a importância da publicação de trabalhos voltados para essa família de grande importância econômica e tecnológica para a região como as espécies *A. vulgare* (tucumã) *A. aculeata* (Mucajá) observados na figura 01.

A família *Arecaceae* é a terceira família mais importante da floresta amazônica, são encontradas em terras secas e zonas de inundação, apresentam diferentes formas como caules solitários ou tufados (moita), caules subterrâneos ou trepadores, espinhos que cobrem parcial ou totalmente a palma (COSTA, 2015; KAHN, 2008; RABELO, 2008).

5.2 CARACTERÍSTICAS DAS PALMEIRAS EM ESTUDO

A região amazônica possui várias espécies de oleaginosas, com destaque para as palmeiras nativas, algumas das quais são responsáveis por alguns dos mais belos cenários da floresta amazônica (HIDALGO, 2016).

A flora Amazônica possui uma rica biodiversidade que é refletida na diversidade de constituintes químicos isolados de suas espécies vegetais. As espécies oleaginosas amazônicas possuem poucos estudos de caracterização da composição química e

normalmente restrita a caracterização da cadeia graxa dos seus óleos e gorduras (HIDALGO, 2016).

Entre as espécies de palmeiras que existem na Amazônia como fonte de óleos fixos temos o *A. Vulgare*, comumente conhecido como tucumã, é uma espécie com pecíolos eretos e solitários, de 10 a 25 m de altura, possui espinhos de até 15 cm de comprimento que formam um anel em torno do tronco dessa palmeira, os frutos dessa palmeira possui uma gordura de coloração esbranquiçada (PESCE, 2009).

A espécie *A. aculeata* é uma palmeira da região Amazônica que possui folhas de comprimento médio, o tronco e o pedúnculo do cacho de frutos recobertos de espinhos finos e agudos, essa espécie é conhecida na região como Mucajá. Seu fruto é redondo e de cor verde-amarelada contendo uma polpa amarela oleaginosa, compacta e de sabor doce (PESCE, 2009).

Figura 01: Espécies vegetais da pesquisa em estudo.



Mucajá



Tucumã

Fonte: Amazon Oil

5.3 IMPORTÂNCIA DAS ESPÉCIES VEGETAIS EM ESTUDO

É de grande importância o estudo dos recursos naturais da biodiversidade amazônica, pois inúmeras espécies vegetais que dela provém destacam-se pelas inúmeras matérias-primas que delas podem ser extraídas como frutos, sementes, palmitos, óleos fixos, entre outros, que são economicamente viáveis ao mercado local, nacional e até o internacional (SANTOS et al., 2017).

Nesse contexto, a busca por informações sobre o potencial biotecnológico dessas espécies de palmeiras auxilia na determinação de estratégias de pesquisas e identificação de novas propriedades químicas e a aplicação biológica (MIRANDA, 2014).

Do ponto de vista do mercado local, nacional e mundial, os produtos provenientes de diversas palmeiras amazônicas possuem autorização legal para venda em estabelecimentos comerciais em setores alimentícios, de materiais de construção, artesanato, cosméticos e biocombustíveis.

Na Amazônia Legal as palmeiras representam um recurso vegetal de valor imensurável para a manutenção da qualidade de vida e dos diversos costumes dos povos e comunidades tradicionais (SANTOS et al., 2017; BRANDÃO; CASTRO; FUTEMMA, 2019).

5.4 ÓLEOS FIXOS COMO BIOPRODUTOS

Os óleos oriundos de espécies oleaginosas possuem propriedades de alto valor para as indústrias de alimentos e cosméticos (CLEMENT et al., 2005). Esses óleos são considerados fontes potenciais de ácidos graxos saturados e insaturados e de outros compostos bioativos aumentando o seu valor no mercado.

Estudos relatam que esses compostos apresentam importantes constituintes químicos em sua composição, como o ácido graxo insaturado (ácido oleico), além de β -caroteno e tocoferóis (RODRIGUES et al. 2010; VÁSQUEZ-OCMÍN et al., 2010).

Os ácidos graxos que compõem esses óleos também estão incluídos no grupo de compostos funcionais, principalmente os ômega 6 (C18:2) e 3 (C18:3), possuem também atividades biológicas sobre doenças coronárias, câncer, artrite, depressão, mal de Alzheimer entre outras (MORAES, 2007).

5.5 INSETICIDAS VANTAGENS E DESVANTAGENS

O Brasil é um dos maiores consumidores de inseticidas, por várias décadas esses compostos vêm sendo utilizados em Campanhas de Saúde Pública para o controle de vetores, somente no ano de 1955, foi utilizada mundialmente uma enorme quantidade de DDT, para o combate do mosquito *Anopheles*. Além deste, o organofosforado teméfos foi muito utilizado para o controle do vetor da dengue, configurando num pesticida utilizado mundialmente contra vetores biológicos de diversas doenças, foi inicialmente utilizado contra mosquitos do gênero *Simulium* e outros insetos na fase larval (GAINES, 1969).

No Brasil o teméfos foi muito utilizado entre os anos de 1967-1998 para o controle do vetor da dengue e febre amarela (NOBRE, 1998). Entre outros pesticidas sintéticos, ele apresenta algumas vantagens, como pouco persistência ambiental em comparação aos hidrocarbonetos clorados (NOBRE, 1998).

Entre as desvantagens em relação ao uso desse tipo de inseticida está o uso excessivo, que com o tempo acaba por desenvolver resistência em vetores-alvos (HEMINGWAY et al., 2004; LIU et al., 2015; RANSON and LISSENDEN, 2016), com sérios efeitos a organismos não-alvo e ao meio ambiente (BARATA et al., 2004; BENELLI, 2018).

As plantas são fontes potenciais de bioprodutos que podem ser utilizados no controle de mosquitos, por possuírem uma diversidade de metabólitos secundários, óleos essenciais e óleos fixos (BENELLI, 2018; WERDIN GONZÁLEZ et al., 2014).

Esses bioprodutos apresentam várias vantagens quando comparados aos inseticidas sintéticos, por serem biodegradáveis e possuírem um menor impacto ambiental e baixo risco para o ecossistema humano e animal (ISMAN, 2006; PAVELA, 2015; ZANUNCIO et al., 2016).

Entre as desvantagens de compostos inseticidas a partir de produtos naturais está a necessidade de aplicação constante, dificuldade de registro no Ministério da Agricultura, encarecimento do produto, entre outros (SOUZA et al., 2018).

5.6 MOSQUITO

O gênero *Aedes* ou família *Aedes*, pertence a mais de 900 espécies, distribuídas em 44 subgêneros, dos quais 9 subgêneros estão distribuídos na América. O *Ae. aegypti* é uma espécie de mosquito descrita cientificamente pela primeira vez em 1762 como *Culex aegypti*, *Culex* significa "mosquito" e *aegypti* significa "egípcio" na época: *mosquito Aegypti*.

Originou-se no Egito, país localizado na região do Oriente Médio do continente africano. Porém, em 1818, após a descrição do gênero *Aedes*, observou-se que o mosquito apresentava características morfológicas e biológicas semelhantes às da espécie a que pertencia, estabelecendo-se assim seu nome final *Ae. aegypti*, derivado do grego *Aedes*, que significa "Abominável"., "desagradável" do latim *aegypti*, que significa "do Egito".

A chegada até as Américas foi passiva à medida que o sistema de transporte humano se desenvolveu (FORATTINI 2002). O *Ae. aegypti* está constantemente migrando com os humanos ao redor do mundo e permanece em áreas propícias à sua disseminação devido às mudanças antrópicas e rápida adaptação (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994).

O *Ae. aegypti* é um mosquito urbano diurno, de cor preta com listras brancas nas patas e no corpo (TAVEIRA et al., 2001). Seu comprimento é entre 0,5 e 1 cm. Acredita-se que o

Ae. aegypti tenha sido introduzido nas colônias brasileiras através dos porões do comércio de escravos.

Por ser considerado um vetor da febre amarela, o mosquito foi duramente atingido em solo brasileiro com várias campanhas antimosquito e só foi considerado erradicado em 1955. No entanto, medidas semelhantes não foram tomadas em países vizinhos da América do Sul, confirmando a reinfestação do *Aedes* no Brasil (CONSOLI; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, 1994; GUBLER; CLARK, 1995).

Em sua trajetória evolutiva, o *Ae. aegypti* é considerado a espécie da família dos mosquitos mais bem adaptada à presença humana devido ao seu comportamento antropomórfico e antropomórfico (NATAL, 2002).

O *Ae. aegypti* é considerado um mosquito urbano principalmente por ter encontrado condições favoráveis ao seu desenvolvimento como criadouros abundantes, predadores escassos e repastos sanguíneos (Consoli & Lourenço-de-Oliveira 1994).

O desenvolvimento da indústria moderna, como a produção de embalagens de uso único, como plástico, alumínio, vidro ou isopor, e o surgimento da indústria automobilística contribuíram para a reprodução e proliferação desse meio, principalmente quando não são devidamente descartados no meio ambiente ao manusear. Os pneus principalmente passam a ser um dos destinatários preferenciais da desova desse vetor, favorecendo o desenvolvimento e disseminação de seu ciclo biológico (TANA, 2012; VASCONCELOS, 2016).

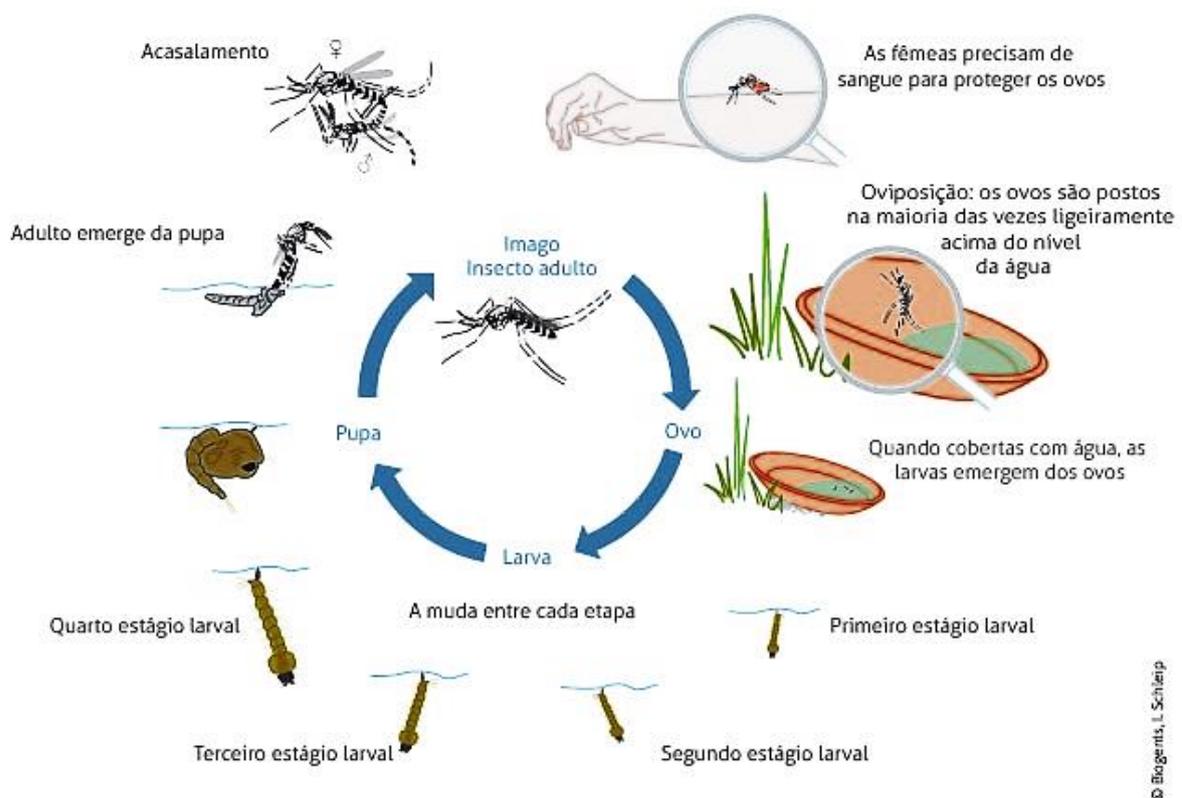
O desmatamento, o aquecimento global e a urbanização desorganizada também estão contribuindo para o aumento das populações de mosquitos (TAUIL, 2002; BORGES, 2018; SOARES, 2018; FIGUEIREDO, 2007). O ciclo de vida do *Ae. aegypti* possui dois estágios distintos, um estágio aquático, incluindo ovo, larva e pupa, e um estágio terrestre, incluindo o estágio adulto.

As fêmeas precisam consumir sangue várias vezes durante a oviposição, para desenvolver ovos. Elas a fazem a oviposição individualmente nas paredes internas de possíveis recipientes que podem conter água como os que foram descritos anteriormente.

A quiescência (característica que favorece a dispersão do mosquito e reinfestação de áreas tratadas, dificultando as medidas de controle) dos ovos permite a manutenção do ciclo na natureza durante as variações climáticas sazonais, uma vez que a viabilidade dos ovos de

Ae. aegypti chega em média a 450 dias na seca, eclodindo após contato com a água. O mosquito no criadouro avança da fase imatura de ovos à forma adulta alada que é responsável pela propagação das doenças vetorialmente transmitidas (FORATTINI, 2002). As larvas passam por quatro fases (Figura 02), podendo durar de quatro a oito dias até alcançar o estágio de pupas, também móveis, com atividade respiratória e tempo de desenvolvimento de aproximadamente dois dias. Da pupa, emerge a forma adulta.

Figura 02: Ciclo reprodutivo e detalhes de hábitos e comportamentos do *Aedes aegypti*



Fonte: O mosquito da dengue (*A. aegypti*) – Biogents AG

O macho se distingue essencialmente da fêmea por possuir antenas plumosas e palpos mais longos (CONSOLI E OLIVEIRA, 1994; FORATTINI, 2002). Os mosquitos são vetores de agentes causadores de doenças e o bloqueio do ciclo de vida do inseto vetor é a forma mais eficaz de impedir a transmissão de doenças.

O ovo é o estágio de vida menos conhecido do mosquito, mas pode ser foco de controle e contribuir para planejamento de novas estratégias de controle deste mosquito (HAYD et al., 2020).

As arboviroses como a dengue, Zika e chikungunya são um problema de saúde pública, e o controle do vetor continua sendo a principal estratégia de ação na cadeia epidemiológica. O Arbovírus do inglês Artropod Borne Viruses, são vírus transmitidos por artrópodes cujo grande maioria são da classe Insecta (LOPES et al., 2014; ZARA et al., 2016).

Arboviroses são doenças virais transmitidas por artrópodes pelo fato do seu ciclo replicativo ocorrer principalmente nos insetos, já são conhecidas mais de 545 espécies de arbovírus, e dessas cerca de 150 espécies causam doenças em humanos. (BARRETO AND TEIXEIRA, 2008).

Pesquisas e o desenvolvimento de novas tecnologias voltadas para o controle do *Ae aegypti*, bem como a redução da letalidade das doenças causadas por ele se fazem necessárias (BARRETO AND TEIXEIRA, 2008). O controle químico do *Ae. aegypti* perdurará por muito tempo como uma das principais estratégias a serem utilizadas, principalmente durante situações de epidemia, onde se espera reduzir rapidamente a densidade do vetor.

Contudo, torna-se necessário pesquisas voltadas para a produção de bioprodutos com potencial larvicida para o controle ou manejo desse vetor, que não cause danos ao meio ambiente e nem a organismos não-alvo.

6 MATERIAL E MÉTODOS

6.1 REAGENTES E SOLVENTES

Como matéria de estudo, foram utilizados os mesocarpos do Tucumã e Mucajá. Os reagentes e acetato de etila, o dimetilsulfóxido, o sulfato de magnésio, *n*-hexano foram adquiridos da Synth, o clorofórmio foi adquirido da Dinâmica, a Lipase de Cal-B foi adquirida da Sigma Aldrich e o etanol da Alchois. A maioria dos equipamentos foram do Laboratório de Biocatálise e Síntese Orgânica da Universidade Federal do Amapá com exceção do CG-EM que do Laboratório de Pesquisa em Fármacos (UNIFAP) e o Espectrômetro Infravermelho situado na Polígia Técnico Científica do Amapá.

Os frutos das espécies vegetais: *A. vulgare*, e *A. aculeata* foram coletados no Campus da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), localizado no bairro Marco Zero do Equador nas seguintes coordenadas 0°00'16.6"S 51°05'08.3"W.

A coleta foi realizada no período entre os meses fevereiro e maio de 2020, ou seja, na época da sazonalidade com índice de precipitações elevadas. Após a coleta os frutos foram lavados com água corrente para higienização e em seguida, eles foram armazenados em estufas a 50°C no período de 5 dias para secagem Figura 03.

Figura 03: Espécies vegetais da pesquisa



Fonte: Autor.

De acordo com a literatura, a extração procedeu de forma mecânica, utilizando o solvente *n*-hexano como agente extrator no aparelho Soxhlet, com 450 mL de *n*-hexano para o Muçajá e 350 mL de *n*-hexano para o Tucumã em cada balão utilizado e acoplado ao equipamento extrator. A cada três ciclos completos eram trocadas as amostras de mesocarpo no aparelho sendo que o ciclo inicial começou com 50 mL e logo após a cada troca mais 25 mL eram acrescentadas até chegar as quantidades finais citadas a cima.

A extração ocorreu em cerca de dois dias devido as trocas de amostras e a temperatura utilizada oscilou entre 50-80 °C devido ao uso dos equipamentos e vidrarias usadas como mostra a Figura 04.

Figura 04: Processo de extração dos óleos vegetais em estudo.



Fonte: Autor.

6.3 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE ÓLEOS VEGETAIS

O índice de acidez (mgNaOH/g), índice de saponificação (mgKOH/g), densidade (mg/mL) e ponto de fusão encontrados nos óleos foram analisados pelos métodos descritos nas normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (Lutz, 2008) e podem ser observados as formulas e métodos utilizados na tabela 01.

Tabela 01: Dados utilizados de acordo com o Instituto Adolfo Lutz

Análises	Padrão utilizado
Saponificação	$I = \frac{(VB - VA) \times M \times 12,68}{m}$
Índice de acidez	$I = \frac{V \text{ de NaOH (mL)} \times M \times 56,1}{\text{massa da amostra (g)}}$
Densidade	$d = \frac{m}{v}$
Ponto de fusão	

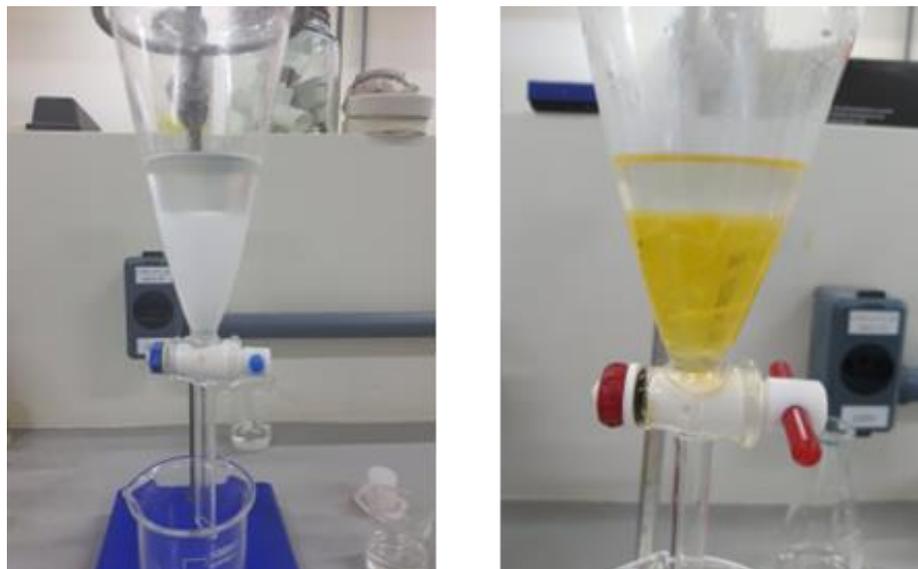
Fonte: Autor.

6.4 REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO

A reação de transesterificação é uma reação química reversível entre um ácido carboxílico e um álcool, produzindo éster e água. 1 g dos respectivos óleos, 3 mL Etanol e 15% do catalizador (lipase Cal-B) foram adicionados em um balão de reação (25 mL) e colocados sob agitação magnética por 24 h. Após as 24 h, a reação foi submetida a extração em um funil de separação figura 05.

Sendo assim, utilizou-se 15 ml de água destilada e 15 ml de hexano após cada a agitação (3 vezes). Feita a separação, a fase orgânica foi seca com sulfato de magnésio anidro, filtrada e purificada em coluna de sílica utilizando como fase móvel hexano/acetato (9:1).

Figura 05: Processo de separação das fases da reação de transesterificação.



Fonte: Autor.

6.5 REAÇÃO DE AMIDAÇÃO

As amidas são formadas por reação de transamidação, entre uma amina primária e a carbonila ou grupo acila ($R-C=O$) presente nos triglicerídeo do óleo. Essa reação química acontece entre uma amina e um óleo e agente catalizador para diminuir o tempo de reação. A amina *N*-(3-aminopropyl) piperidine (3 mL) foi utilizada como grupo doadora de amina, o óleo de muçajá (1 mL) e lipase de Cal-B (0,5%) como catalisador. Foram adicionados em um balão de reação (25 mL) e colocados sob agitação magnética por 24 h a temperatura ambiente. Após o tempo adequado a reação foi submetida a extração em um funil de separação, utilizou-se 15 mL de água destilada e 15 mL de *n*-hexano após cada a agitação (3 vezes). Realizada a separação, a fase orgânica foi seca com sulfato de magnésio anidro, filtrada e purificada em coluna de sílica utilizando como fase móvel hexano/acetato (9:1).

6.6 ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO DO MATERIAL EM ESTUDO

O espectrofotômetro de infravermelho com transformada de Fourier Spectrum Two FT (PerkinElmer, Inc., Waltham, MA, EUA) com um acessório de amostragem de reflexão total atenuada (ATR), uma placa diamantada e um detector de triglicina sulfato deuterada foram utilizados para registrar os espectros de óleos vegetais transesterificados com álcool etílico. O intervalo espectral foi fixado entre 350 e 4.000 cm^{-1} , e a resolução foi fixada em 0,5 cm^{-1} de acordo com (OLIVEIRA, PENIDO et al., 2017).

6.7 CROMATOGRAFIA GASOSA (GC-MS) DOS ÓLEOS

As amostras (ésteres etílicos dos óleos) foram analisadas por espectrometria de massa (GC-MS). As análises foram realizadas em um sistema Shimadzu GC2010 com um detector seletivo de massa (Shimadzu MS2010plus) em modo de ionização eletrônica (EI, 70 eV) e equipado com uma coluna RTX-5MS de 30m×0,25mm×0,25µm. As condições foram: temperatura do forno iniciando em 130°C e permanecendo nessa temperatura por 2 min, aumentando para 290°C a 5°C min⁻¹ e mantida por 2 min. O tempo total de análise foi de 36 minutos. A temperatura do injetor e do detector foi mantida em 210 °C; 1 µL de amostra foi injetado com divisão de 1:15 e o hélio foi usado como gás de arraste a uma taxa de fluxo de 1,0 mL min⁻¹. Os íons foram monitorados de 3 a 36 min na m/z 40-500. Os componentes presentes nas amostras foram identificados através da comparação dos dados espectrais com os da biblioteca Wiley.

6.8 EMULSÃO DE FIBROINA DE SEDA COM O ÓLEO DE MUCAJÁ

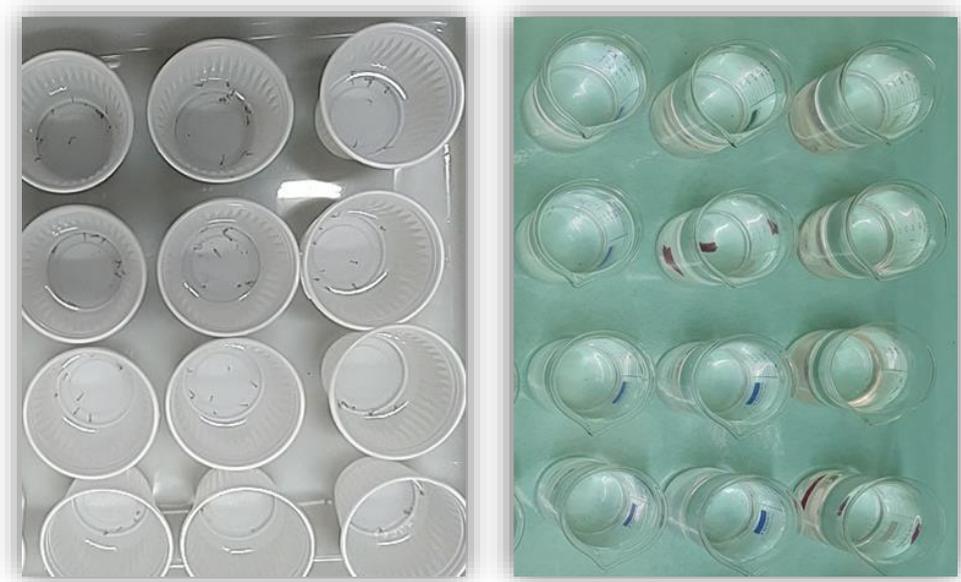
A possível nanopartícula de macajá foi produzida pelo processo de emulsificação. Em resumo, água deionizada foi adicionada a amida obtida e à solução de fibroína de seda (2%). A solução de 10 mL continha 94% de solução de fibroína de seda (2%), 1% de compostos ativos e 5% de uma mistura de etanol e isopropanol (1:1). A possível nanopartícula foi preparada com base em (SARQUIS., 2020) com pequenas modificações.

Inicialmente, uma mistura de etanol e isopropanol foi adicionada a amida sob agitação magnética constante (300 rpm) por 30 min. Em seguida, a fase aquosa contendo uma solução de fibroína de seda foi adicionada com agitação contínua por 5 min em um vortex.

6.9 DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE LARVICIDA DOS ÓLEOS

Foram realizadas três repetições com 10 larvas cada (figura 06). O controle consistiu na solução de DMSO (5%). A mortalidade larval foi determinada após 24 h e 48 h de incubação à temperatura de 25 °C e umidade de 75%. As larvas foram consideradas mortas quando não responderam a nenhum estímulo ou não se moveram na superfície da solução, em comparação com as observadas no controle. O bioensaio foi realizado de acordo com WHOPES (2005). Dentre os óleos testados o que apresentou melhor atividade, foi o óleo de Mucajá.

Figura 06: Larvas seleccionadas para o teste preliminar com os óleos vetais



Fonte: Autor.

Sendo assim, a partir desse resultado foram realizadas outras modificações como o processo de amidação e emulsão este último prospectando a obtenção de uma nanoformulação.

6.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise Probit será realizada com intervalo de confiança de 95% para determinar as concentrações letais (LC_{50} e LC_{90}), e o teste Qui-quadrado foi realizado usando o pacote de software Statgraphics Centurion XV versão 15.2.11 (Statpoint Technologies, Inc., Warrenton, VA). Se a mortalidade de controle dos grupos tratados estava entre 5% e 20%, a análise foi corrigida de acordo com a fórmula mortalidade (%) = $X - Y/X \times 100$, onde X = porcentagem de sobrevivência no grupo controle não tratado e Y = porcentagem de sobrevivência na amostra tratada.

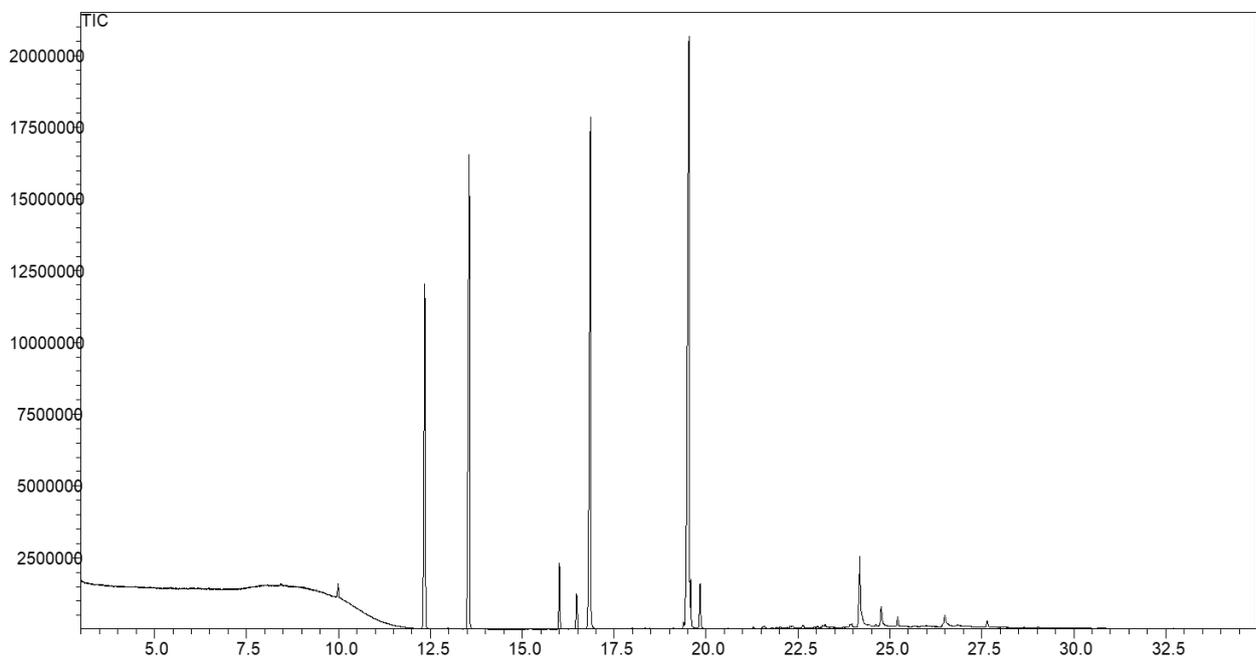
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 ANALISE EM CG-MS DOS ÓLEOS TRANSESTERIFICADOS (LIPASE CAL-B)

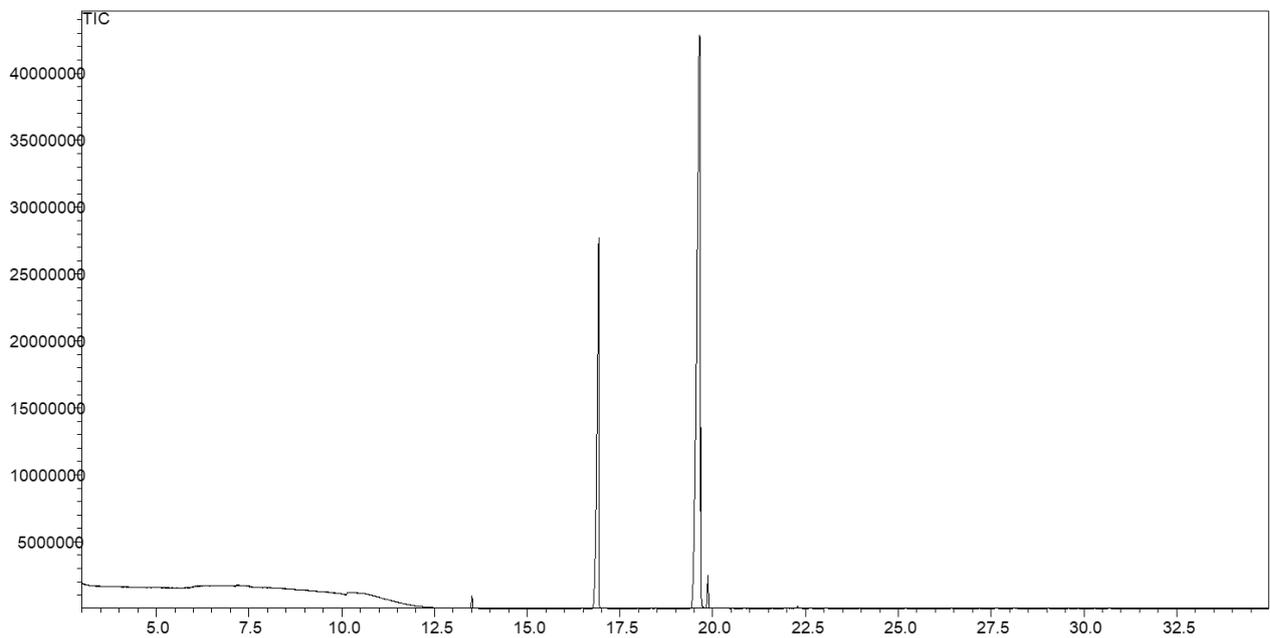
A Cromatografia Gasosa Acoplada ao Espectrômetro de Massas (CG-EM), trata-se de uma análise qualitativa, neste caso utilizada para identificar o perfil dos ácidos graxos presentes em cada óleo vegetal, a partir da análise dos seus respectivos éteres. Foram analisadas duas amostras de esterificações, onde foi possível identificar as mais ricas predominâncias dos constituintes químicos majoritários derivados dos vegetais.

O perfil cromatográfico obtido por CG-EM apresentou picos que demonstram a presença de compostos de ácidos graxos nas Figura 07 e 08, do óleo de mucajá e tucumã, respectivamente, classificados como insaturados e saturados, dentre as quais os majoritários já foram relatados na literatura, encontrados em outros óleos vegetais da Amazônia como a *Bertholletia Excelsa* (Castanha da Amazônia) e o *Astrocaryum murumuru* (Murumuru) (MARINHO et al., 2021)

Figura 07: Perfil cromatográfico do óleo de Mucajá



Fonte: Autor.

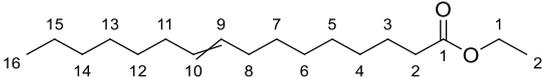
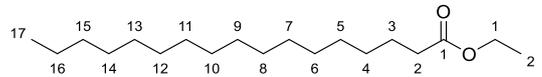
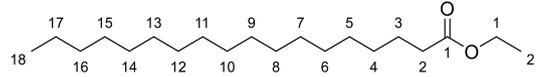
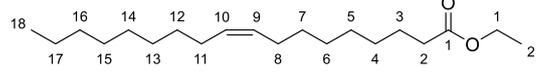
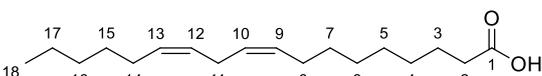
Figura 08: Perfil cromatográfico do óleo de Tucumã

Fonte: Autor.

Após análise por CG-MS foi possível identificar os principais ácidos graxos que compõem cada óleo extraído. Nota-se que tanto o óleo de Mucajá quanto o óleo de Tucumã apresentam alta quantidade de ácido oleico 32,65% e 70,03%, respectivamente como podemos observar na tabela 02. Estes valores estão próximos ao que (TAVARES, MARIO et al., 2003) encontrou. Podemos observar também na tabela que além dos ácidos graxos majoritários, foi possível encontrar outros perfis de compostos graxos como o éster etílico do ácido heptadecanóico, éster etílico do ácido tetradecanóico que possuem cadeia carbônica longa.

Tabela 02: Composição dos ácidos graxos do óleo de Tucumã e Mucajá

Abrev.	Ésteres mucajá e tucumã	Estrutura química	% mucajá	% tucumã	Tempo
C 14:0	Tetradecanoato de metila		14,02 %	-	12,3 min
C 14:0	Éster etílico do ácido tetradecanóico		21,07 %	-	19,8 min
C 14:0	Miristato de n-butila		2,26 %	-	16 min

C 16:0	9-Hexadecenoato de etila		1,10 %	-	16,4 min
C 17:0	Éster etílico do ácido heptadecanóico		24,08 %	26,07 %	16,9 min
C 18:0	Éster etílico do ácido octadecanóico		1,41 %	1,31 %	19,8 min
C 18:1	Oleato de etila		32,65 %	70,03 %	19,5 min
C 18:2	ácido 9,12-octadecadienóico (Z,Z)		-	1,31%	19,6 min

Fonte: Autor.

7.2 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS ÓLEOS MUCAJÁ E TUCUMÃ

A importância do controle de qualidade dos óleos vegetais para testes é bastante relevante pois através deles podemos distinguir se os seus compostos químicos naturais apresentados são úteis para o controle de pragas. Neste cenário, as nanoformulações surgem com o potencial de aumentar a estabilidade desses compostos naturais, ou seja, elas são capazes de prevenir a degradação dos óleos bem como uma liberação controlada facilitando o seu manuseio.

Na tabela 03 encontram-se os valores das propriedades físico-químicas dos óleos do presente estudo. O rendimento de extração para o óleo de Mucajá foi de 7,47%, já para o óleo de Tucumã foi de 15,57%. Os valores do ponto de fusão, do índice de saponificação, índice de acidez e da densidade de cada óleo encontram-se na referida tabela e estão de acordo com os relatados na literatura de (MARTINS et al., 2019).

Tabela 03: Resultados dos testes feitos no laboratório com os óleos

Resultados obtidos dos Óleos	Mucajá		Tucumã	
Quantidade mesocarpo usada	2.675 kg		1.255 kg	
Quantidade n-Hexano	450 mL		350 mL	

Rendimento	200/g (7,47 %) 	195/g (15,57%) 
Ponto de Fusão	30 – 33 °C	25 – 26 °C
Densidade	0,908 g/mL	0,895 g/mL
Índice de saponificação	186,18 mg.KOH ⁻¹	167,59 mg.KOH ⁻¹
Índice de acidez	1,56 mg.KOH ⁻¹	1,2 mg.KOH ⁻¹

Fonte: Autor.

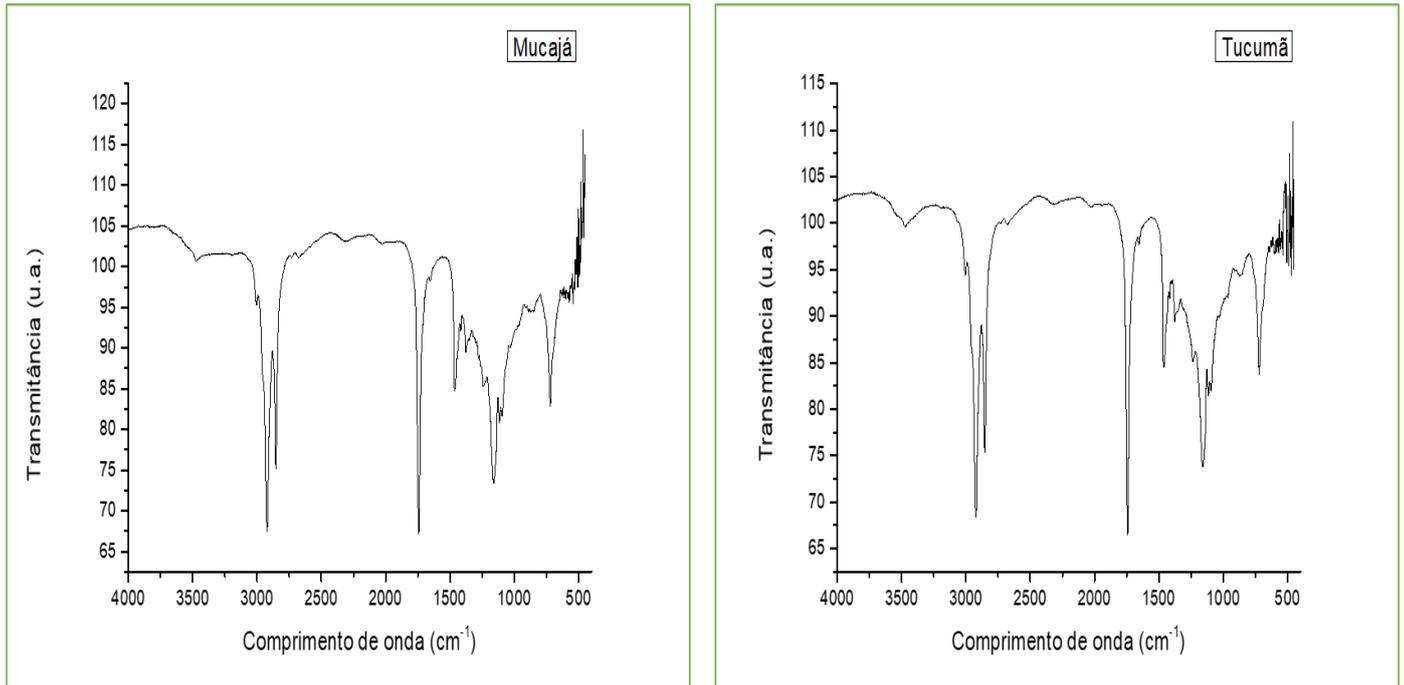
7.3 ESPECTROS DE INFRAVERMELHO DOS ÓLEOS

A espectroscopia infravermelha (espectroscopia IR) é um espectro de absorção no qual a energia absorvida está na região infravermelha do espectro eletromagnético. Como outras técnicas espectroscópicas, pode ser usada para identificar compostos ou estudar a composição de amostras.

A espectroscopia infravermelha baseia-se no fato de que as ligações químicas de uma substância possuem frequências vibracionais específicas, correspondentes aos níveis de energia das moléculas, chamados neste caso de níveis vibracionais (BRUKER, 2023).

A análise de FT-IR mostrada na (figura 09) dos óleos exibiu bandas de deformação axial C – O, aproximadamente nas regiões de 1.221 e 1.089 cm⁻¹, características de ésteres de ácidos graxos. Mostrou também a presença de bandas de deformação axial C = C na região de 1400-1600 cm⁻¹ caracterizando a presença de insaturação nas estruturas das moléculas. Além do estiramento C = O em 1730 cm⁻¹. A alta semelhança entres os espectros ocorre porque a mudança estrutural que ocorre entre as moléculas é muito pequena (FERREIRA et al., 2019).

Figura 09: Perfil obtido no infravermelho do óleo de Tucumã e Mucajá



Fonte: Autor.

7.4 BIOENSAIO LARVICIDA DOS ÓLEOS E DERIVADOS

Para o teste larvicida preliminar em larvas do *Ae. Aegypti* as soluções a partir do óleos vegetais foram preparados em diferentes concentrações (80, 40 e 20 $\mu\text{g.mL}^{-1}$), foram utilizadas larvas da colônia Rokeffeller. Elas foram obtidas em parceria com o Laboratório de Artrópodes (ARTHROLAB) da Universidade Federal do Amapá.

Após o período de contato de 24 e 48 h foi observado que o óleo de Mucajá apresentou melhor atividade larvicida frente as larvas de *Ae. aegypti* com taxa de mortalidade larval de 23, 16 e 13% respectivamente nas concentrações citadas anteriormente. O de tucumã apresentou baixa atividade até mesmo na mais alta concentração.

Neste sentido, outros métodos para a obtenção de um agente larvicida foi realizado como a obtenção de uma nanoformulação através do processo de emulsificação da amida do óleo Mucajá e fibroína de seda a 2%.

Dentre os bioprodutos testados a emulsão a partir da amida do óleo de Mucajá com a fibroína apresentou um melhor resultado frente aos demais bioprodutos testados, o teste foi

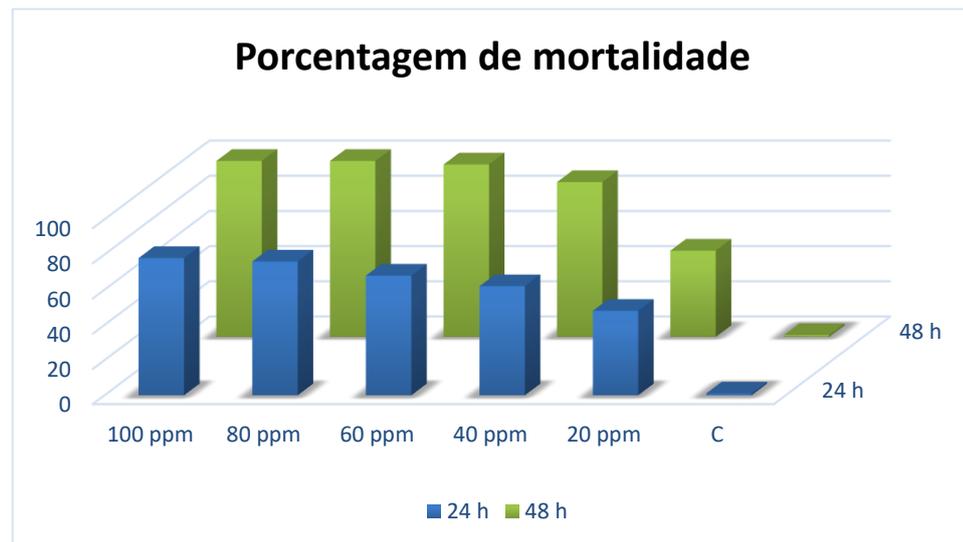
feito em quintuplicada nas seguintes concentrações de 100, 80, 60, 40 e 20 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ como observado na figura 10 e apresentou uma taxa de mortalidade larval em 100, 100, 98, 88 e 49% respectivamente, na leitura 48 h após a aplicação como demonstra a figura 11.

Figura 10: Ensaio larvicida com a nanoformulação (amida do óleo de Mucajá e fibroína).



Fonte: Autor.

Figura 11: Porcentagem de mortalidade das larvas frente a nanoformulação.



Fonte: Autor.

As concentrações letais (LC_{50} e LC_{90}) foram determinados após 24 e 48 h de tratamento e foram calculados usando a análise Probit. O resultado da atividade larvicida da emulsão de Mucajá e fibroína de seda frente as larvas de 3º instar de *Ae. aegypti* são apresentados na tabela 04. A emulsão apresentou melhor ação larvicida em 48 h de contato

com as larvas, correspondendo a 100% de mortalidade na maior concentração ($100 \mu\text{g.mL}^{-1}$) e de 45% de mortalidade na menor concentração ($20 \mu\text{g.mL}^{-1}$). Os valores de LC_{50} e LC_{90} para a formulação foram determinados para 24 e 48 h. Após 24 h de exposição a emulsão apresentou LC_{50} de $23,96 \mu\text{g.mL}^{-1}$ e LC_{90} de $119,34 \mu\text{g.mL}^{-1}$. Enquanto que, em 48 h a emulsão apresentou LC_{50} de $7,90 \mu\text{g.mL}^{-1}$ e LC_{90} de $25,32 \mu\text{g.mL}^{-1}$. Esses valores indicam que a ação larvicida da emulsão é dependente da composição dos ácidos graxos presentes no óleo de Mucajá.

Tabela 04 Atividade larvicida da emulsão sobre as larvas de 3° do mosquito.

H	LC_{50} ($\mu\text{g.mL}^{-1}$) (LCL-UCL)	LC_{90} ($\mu\text{g.mL}^{-1}$) (LCL-UCL)	χ^2 (df=4)	p
24 h	23,9687 (6,2329 – 35,1763)	119,34 (14,2541 – 59,466)	46,2372	0,000
48 h	7,90293 (1,5851 – 10,9673)	25,3266 (2,6933 – 32,2927)	57,4634	0,000

*LC Concentração Letal, intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

A ação larvicida de óleos amazônicos combinados a fibroína de seda já foi relatada por Sarquis et al., (2020) que investigou a atividade larvicida de ácidos graxos livres de *Carapa guianensis* associados a fibroína de seda contra larvas de 3° instar de *Ae. aegypti*, apresentando taxa de mortalidade 68% após 48 h de tratamento ($\text{LC}_{50} = 16,79 \mu\text{g.mL}^{-1}$). Marinho et al., (2022) formulou nanopartículas de fibroína de seda com éster butílico de *Astrocaryum murumuru* e observou que a nanoformulação apresentou 100% de mortalidade das larvas de 3° instar de *Ae. aegypti*, após 48 h de tratamento ($\text{LC}_{50} = 21,35 \mu\text{g.mL}^{-1}$).

8 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo, entre os óleos e derivado testados, mostram que o óleo de *Acrocomia aculeata* apresentou efeito eficiente sobre as larvas de terceiro estágio do mosquito *Aedes aegypti*. No entanto, esse óleo sendo usado como nanoemulsão pode ser muito mais eficaz contra essa praga, como foi mostrado nos resultados com taxas de mortalidade elevadas em concentrações baixas quando comparado ao óleo puro.

A eficácia da nanoemulsão a base do óleo de *Acrocomia aculeata* foi demonstrado. Porém, uma maior padronização é necessária para ser aplicada prospectando uma alternativa de competitividade aos inseticidas sintéticos. Sendo assim, pesquisas futuras são necessárias para avaliar o processo de nanoemulsão formada bem como outras atividades inseticidas contra outros estágios de desenvolvimento da praga, levando em consideração também os bioensaios em organismo não-alvo, prospectando assim ser um bioproduto eficiente, eficaz e efetivo.

9 REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, S. R. S.; BRANCO, R. I. O. Obtenção e caracterização do óleo da espécie *Mauritia flexuosa* l. f. na região do baixo Acre: análises Físico-químicas e Espectroscópicas, 2003.
- AZEVEDO, S. C. M. et al. Study of the conservation of the nutritional properties of in natura Mucajá pulp (*Astrocaryum aculeatum*) using vacuum packaging. *Braz. J. Food Technol.*, v. 20, e. 2016107, 2017.
- BARATA, C.; SOLAYAN, A.; PORTE, C. Role of B-esterases in assessing toxicity of organophosphorus (chlorpyrifos, malathion) and carbamate (carbofuran) pesticides to *Daphnia magna*. *Aquatic Toxicology*, v. 66, n. 2, p. 125–139, 2004.
- BARRETO, M. L.; TEIXEIRA, M. G. Dengue fever: a call for local, national, and international action. *The Lancet*, v. 372, n. 9634, p. 205, 2008.
- BENELLI, G. Plant-borne compounds and nanoparticles: challenges for medicine, parasitology and entomology. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 25, n. 11, p. 10149–10150, 2018.
- BORA, P.S., NARAIN, N., ROCHA, R. V. M., DE OLIVEIRA MONTEIRO, A. C., DE AZEVEDO MOREIRA, R. Caracterización de las fracciones Protéicas y Lipídicas de pulpa y semillas de Tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.). *Cienc. Tecnol. Aliment.*, 3 (2):111-16, 2001.
- BRANDÃO, F.; CASTRO, F.; FUTEMMA, C. Between structural change and local agency in the palm oil sector: Interactions, heterogeneities and landscape transformations in the Brazilian Amazon. *Journal of Rural Studies*, New York, v. 71, p. 156-168, 2019.
- BRUKER, 2023. Disponível em: < <https://www.bruker.com/pt.html>.>. Acesso em: 20, março de 2023. Sem autor: **Guia para Espectroscopia Infravermelha**.
- CLEMENT, C.R., LLERAS PÉREZ, E., VAN LEEUWEN, J. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: Acertos e fracassos das últimas décadas. *Agrociências*, Montevideo, 9 (1-2):67-71, 2005.
- CONSOLI G.B., LOURENÇO O. R. Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil. Rio de Janeiro. **Revista Fiocruz**. p. 225, 1994.
- COSTA, N. J. *et al.* Technological and therapeutic potential of *Calotropis procera* Revista GEINTEC-Gestão, **Inovação e Tecnologias**, São Cristóvan, v. 5, p. 2.222-2.236, 2015.
- DIAGNOSIS, G. F. O. R. Recommendations for Treatment. *Psychiatric News*, v. 41, n. 1, p. 29–29, 2006.
- FARRAR, J. et al. Editorial: towards a global dengue research agenda. **Tropical Medicine and International Health**, v. 12, n. 6, p. 695–699, 2007.
- FERREIRA, A.P.P. **Composição da comunidade de palmeiras (Arecaceae) e remoção de frutos de *Attalea attaleoides* (Barb. Rodr.) Wess. Boer e *Astrocaryum gynacanthum***

Mart. em uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. 2011. 92 f. Dissertação (Mestrado em Diversidade Biológica), Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Amazonas. Manaus. 2011.

FLORA DO BRASIL 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 07 mar. 2023

GAINES T.B, KIMBROUGH R, LEIS E. Toxicologia de Abate em animais de laboratório. **Arch Environment Health.** 14:283–288, 1969.

HEMINGWAY, J. et al. The molecular basis of insecticide resistance in mosquitoes. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 34, n. 7, p. 653–665, 2004.

HIDALGO, P. S. P.; NUNOMURA, R. C. S.; NUNOMURA, S. M. Plantas Oleaginosas Amazônicas: Química e Atividade Antioxidante de Patauá (*Oenocarpus bataua* Mart.). **Revista Virtual de Química.** V. 8, n. 1, 130-140, 2016.

ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 45–66, 2006.

KAHN, F. The genus *Astrocaryum* (Arecaceae). **Rev. Peru. biol.** 15(supl. 1): 031- 048. Novembro, 2008.

KOEHN, F. E., CARTER, G. T. The evolving role of natural products in drug discovery. **Nature Reviews Drug Discovery**, v.4, p.206-220, 2005.

LEFF, E. Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder Petrópolis, RJ: vozes, 2001.

LIU, N. et al. Cytochrome P450s - Their expression, regulation, and role in insecticide resistance. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 120, p. 77–81, 2015.

LUTZ, A. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo, 2008.

MIRANDA, I. P. A. Recursos agroenergéticos a partir de palmeiras nativas para a agricultura familiar na Amazônia brasileira. In: FINCO, M. V. A.; BAILIS, R. (org.). Agroenergia e Stakeholders na Amazônia Legal Brasileira: teoria e prática. 1. ed. Rio de Janeiro: Publit, v. 1. p. 107- 117, 2014.

MORAES, F. P. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, Goiânia, v. 3, n. 2, 2007.

NOBRE, A.; ANTEZANA, D.; TAUIL, P.L. Febre Amarela e Dengue no Brasil: epidemiologia e controle. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical.** 27 (Supl. III): 59-66. 1998.

NOGUEIRA, J.C.R. DINIZ, M.F.M.; EDELTRUDES, O. Atividade antimicrobiana invitro de produtos vegetais em otite externa aguda. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, v.74, n.1, p. 118-24, 2010.

OLIVEIRA, M.; RIOS, S. de A. Potencial econômico de algumas palmeiras nativas da Amazônia. In: Embrapa Amazônia Ocidental-Artigo em anais de congresso (ALICE). In:

ENCONTRO AMAZÔNICO DE AGRÁRIAS, 4., 2014, Belém, PA. Atuação das ciências agrárias nos sistemas de produção e alterações ambientais: anais... Belém, PA: Ufra, 2014.

OMS - Organização Mundial de Saúde. Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde Décima Revisão, vol. I. 2019.

PAVELA, R. Óleos essenciais para o desenvolvimento de larvicidas de mosquito ecologicamente corretos: uma revisão. **Culturas e produtos industriais**, v. 76, p. 174-187, 2015.

PEREIRA, C. M. S.; ASSIS, W. S. & ARAÚJO, C. S. O manejo da Andiroba e a contribuição para a preservação ambiental: o caso do Grupo de Trabalhadoras Artesanais e Extrativistas (GTAE) do Projeto de Assentamento Agroextrativista Praia Alta Piranha (PAE)-PA. *CADERNOS DE AGROECOLOGIA*, 10 (3), 1-7, 2019.

PERRY, R. H.; CHILTON, C. H. **Manual de engenharia química**. 5a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1986.

PESCE, C. **Oleaginosas da Amazônia**: 2ª edição. Belém: O campo, 2009.

RABELO, A. Guia de Identificação das Palmeiras de Porto Trombetas- PA. 365p. Manaus: INPA, 2008.

RANSON, H.; LISSENDEN, N. Insecticide resistance in African *Anopheles* mosquitoes: A Worsening Situation that Needs Urgent Action to Maintain Malaria Control. **Trends in Parasitology**, v. 32, n. 3, p. 187–196, 2016.

RODRIGUES, A. M. C., DARNET, S., SILVA, L. H. M. Fatty Acid Profiles and Tocopherol Contents of Buriti (*Mauritia flexuosa*), Patawa (*Oenocarpus bataua*), Tucumã (*Astrocaryum vulgare*), Mari (*Poraqueiba paraensis*) and Inaja (*Maximiliana maripa*) Fruits. *J. Braz. Chem. Soc.*, 21 (10):2000-2004, 2010.

RODRIGUES, H. de S. Obtenção de ésteres etílicos e metílicos, por reações de transesterificação, a partir do óleo da palmeira Latino Americana macaúba-*Acrocomia aculeata*. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2007.

SANTOS, M. F. G. *et al.* Quality characteristics of fruits and oils of palms native to the Brazilian amazon. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 39, Nesp, 2017.

SARQUIS, Ícaro R. *et al.* Óleo de *Carapa guianensis* Aubl.(Meliaceae) associado à fibroína da seda, como alternativa aos tensoativos tradicionais, e ativo contra larvas do vetor *Aedes aegypti*. **Culturas e Produtos Industriais**, v. 157, p. 112931, 2020. See More

SCARIOT, A. Panorama da Biodiversidade Brasileira. Conservação da Biodiversidade: Legislação e Políticas Públicas. Brasília, Câmara dos Deputados. 2010.

SCHATZMAYR, H. G. Dengue situation in Brazil by year 2000. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 95, n. SUPPL. 1, p. 179–181, 2000.

- SHARMA, P.; MOHAN, L.; SRIVASTAVA, C. N. *Amaranthus oleracea* and *Euphorbia hirta*: natural potential larvicidal agents against the urban Indian malaria vector, *Anopheles stephensi* Liston (Diptera: *Culicidae*). **Parasitology Research**, v. 106, n. 1, p. 171–176, 2009.
- SILVA, A.C.O.; ALBUQUERQUE, U.P. Woody medicinal plants of the caatinga in the state of Pernambuco (Northeast Brazil). *Acta Botanica Brasilica*, v.19, n.1, p.17-26, 2006.
- SILVA, H. H. G. da, et al. Atividade larvicida de taninos isolados de *Magonia pubescens* St. Hil. (*Sapindaceae*) sobre *Aedes aegypti* (Diptera, *Culicidae*). **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical** 37: 396-399, 2004.
- SILVA, K.L.; FILHO, C.V. Plantas do Gênero *Bauhinia*: Composição química e potencial farmacológico. **Química Nova**, v.25, n.3, p.449-454, 2003.
- SILVA, M. B et al. Drying kinetic of tucum fruits (*Astrocaryum aculeatum* Meyer): physico-chemical and functional properties characterization. *Journal of Food Science and Technology*, Mysore, v. 55, n. 5, p. 1656-1666, 2018.
- SOUZA, F. M. et al. Pdf., [s.d].
- STATISA. Production of major vegetable oils worldwide from 2019/2020. Statista. Available in: <https://www.statista.com/statistics/263933/production-of-vegetable-oils-worldwide-since-2000/>. Accessed: 07 mar. 2023. 2023.
- TAVARES, M. et al. Composição química e estudo anatômico dos frutos de buriti do Município de Buritizal, Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 62, n. 3, p. 227-32, 2003.
- VÁSQUEZ-OCMÍN, P. G., ALVARADO, L. F., SOLÍS, V. S., TORRES, R. P., MANCINI-FILHO, J. (2010). Chemical characterization and oxidative stability of the oils from three morphotypes 55 of *Mauritia flexuosa* L.f, from the Peruvian Amazon. *Grasas y aceites*, 61 (4):390-397, 2010.
- WERDIN GONZÁLEZ, J. O. et al. Essential oils nanoformulations for stored-product pest control - Characterization and biological properties. **Chemosphere**, v. 100, p. 130–138, 2014.
- WHOPES, Guidelines for laboratory and field testing of mosquito larvicides, World Heal. Organ. (2005) 1–41.
- WILLERDING, A. L. et al. Estratégias para o desenvolvimento da bioeconomia no estado do Amazonas. *Estudos Avançados*, [s. l.], v. 34, n. 98, p. 145-166, 2020.
- ZANUNCIO, J. C. et al. Toxic effects of the neem oil (*Azadirachta indica*) formulation on the stink bug predator, *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: *Pentatomidae*). **Scientific Reports**, v. 6, n. September, p. 1–8, 2016.

10 APÊNDICE

APÊNDICE A

QUÍMICA DOS ÓLEOS VEGETAIS: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA

1 INTRODUÇÃO

Existem diversos tópicos do conhecimento que fazem parte do cotidiano do aluno e estes podem ser utilizados em sala de aula por exemplo nas disciplinas de Química. O processo de ensino/aprendizagem tem como objetivo trazer as ações do cotidiano para a sala de aula, ao mesmo tempo que visa estreitar a relação entre o conhecimento científico e o dia a dia do aluno. Dentre esses temas destacam-se a “Química dos óleos vegetais”, este tema foi escolhido como ferramenta para o ensino da Química.

A relevância de propor abordagens metodológicas para o ensino de química é fundamental, uma vez que o ensino médio enfrenta dificuldades quanto ao processo de ensino e aprendizagem de Química. Nos últimos tempos, verifica-se que os alunos apresentam dificuldades na aprendizagem, e que costumam ter aversão aos conteúdos das áreas de exatas, dentre elas os de Química e muitos consideram essa disciplina sem sentido e de difícil compreensão.

Uma das grandes barreiras no aprendizado da química é a grande dificuldade de correlacionar os conceitos vistos em sala de aula com o cotidiano. Dentre muitos fatores, a metodologia de ensino é apenas discursiva, baseada em informações, e é apontada como um dos motivos do desinteresse e de pouco aprendizado dos alunos.

Sendo assim, isto nos leva a questionar sobre a nossa prática de ensino e de como podemos utilizar a didática para melhorar o processo de ensino aprendizagem. Desta forma, o ensino de química no contexto de formar cidadão, deve prepará-lo para que compreenda e faça uso das informações básicas para participação na sociedade (SANTOS; SCHNESTZLER, 2003, p. 94).

Neste contexto, a escolha da investigação como metodologia para o desenvolvimento deste projeto, visa o incentivo dos alunos do ensino médio a se interessar pelo conhecimento químico além de proporcionar propostas com atividades de experimentação e pesquisa como instrumentos para favorecer a apropriação efetiva do conhecimento.

A experimentação é muito importante, pois consegue atrair a atenção do aluno e segundo Santos e Schnestzler (2003, p. 107), “a inclusão da experimentação no ensino de quí-

mica, se justifica em função do seu papel investigativo e pedagógico de auxiliar o aluno na compreensão dos fenômenos químicos”.

Por outro lado, a pesquisa se constitui numa ferramenta interessante pois atualmente as fontes de informações estão muito presentes no cotidiano dos alunos. Sendo assim, cabe ao professor aproveitar este vasto acervo de informações e utilizá-las como fonte de pesquisa nas aulas de Química. Bem como a utilização de atividades neste processo servindo de estímulo à resolução de problemas, pois a partir da exploração das possibilidades se cria um clima adequado para a investigação e a busca de soluções.

Deste modo a contextualização dos conhecimentos é de extrema importância na execução de atividades com enfoque de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCNEM (SILVA, et al., 2018).

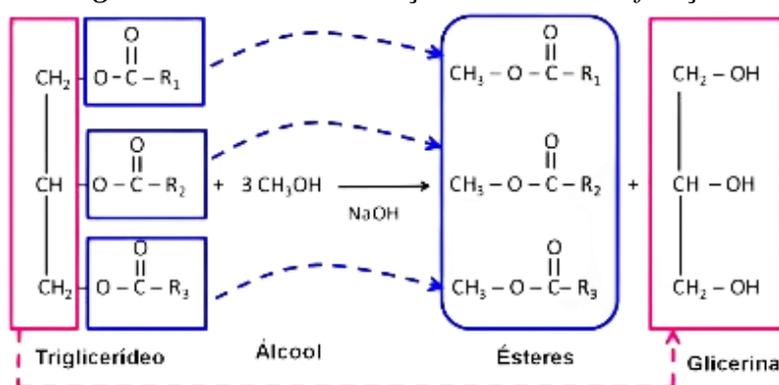
1.1 ÓLEOS FIXOS

Óleos vegetais são gorduras extraídas de parte das plantas que fazem parte desse ecossistema e delas podemos utilizar as raízes, galhos, folhas, frutos e sementes para essa extração. Os óleos fixos são considerados óleos não voláteis e também são líquidos à temperatura ambiente, ou seja, são diferentes dos óleos essenciais que apresentam como característica a questão da volatilidade.

Os óleos fixos são predominantemente constituídos por triacilgliceróis (que é a união de três ácidos graxos a uma molécula de glicerol), podendo ser esterificados figura 01 e caracterizado os ácidos graxos que por sua vez podem ser diferentes ou idênticos dependendo do material a ser usado.

Devido à natureza química apolar dos óleos vegetais, eles são insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos o que acaba por facilitar o processo de extração porém o uso de solvente deve ser amenizado pois os mesmos são derivados do petróleo.

Figura 1: Processo de reação de transesterificação



Fonte: Brasil escola

1.2 ÓLEOS FIXOS DA AMAZÔNIA E SUAS PROPRIEDADES QUÍMICAS E BIOLÓGICAS

A região Norte do Brasil se destaca por abrigar grande parte da região Amazônica Legal sendo constituída por milhares de espécies vegetais com enorme valor econômico e social. O potencial dessas espécies se destaca por suas propriedades medicinais e funcionais agregando valores aos recursos naturais da região (NOGUEIRA et al., 2010).

Neste sentido, a nível de conhecimento educacional, hoje busca-se meios para que a educação seja potencializada a partir de hábitos e estratégias que estão presentes no cotidiano dos alunos, e conseqüente, tornando o ambiente escolar mais harmônico e ao mesmo tempo estimulante. Sendo assim, abordar a questão de que algumas espécies de árvores produtoras de óleos vegetais estão inseridas no cotidiano dos alunos mesmo que às vezes sendo despercebidas é extremamente necessário.

Neste cenário, abordar sobre os óleos fixos é extremamente importante pois eles podem ser obtidos dessas espécies vegetais e que pertencem ao maior e mais diversificado grupo dentro dos produtos naturais, apresentando uma grande função terapêutica e econômica para a devida região (SILVA et al., 2003).

1.3 MÉTODOS EXTRATIVOS DE ÓLEO VEGETAL

A seleção de um método de extração para esses compostos primeiro deve-se analisar alguns aspectos pois os mesmos podem sofrer a influência de diversos fatores, como a temperatura de extração, o tamanho das partículas, o solvente que é empregado na extração, o tempo e a natureza do vegetal. Sob a perspectiva ambiental, a escolha se torna mais fácil. Devido ao método da prensagem ser o mais natural é capaz de produzir um óleo de maior qualidade e não gera resíduos tóxicos para o meio ambiente. Porém é possível realizar a extração por outros métodos como a hidrodestilação, com solvente orgânico, enzimas, maceração.

2 METODOLOGIA

Este projeto deverá ser desenvolvido com o 3º ano do ensino médio e para facilitar a aplicação poderá ser dividida em dois momentos: aula teórica com abordagens sobre óleos vegetais e no segundo momento explorar os métodos extrativos para aplicar em sala de aula ou laboratório.

A cada atividade antes de ser iniciada, deverá ocorrer uma discussão orientada pelo o professor acerca do tema proposto. O objetivo desta sondagem é avaliar os conhecimentos prévios dos alunos a respeito do assunto que será tratado, analisando os comentários para análise posterior. No fim de cada momento, o professor deverá propor aos alunos uma atividade complementar prospectando a apropriação dos conhecimentos adquiridos.

No primeiro momento o professor poderá aplicar aula teórica sobre óleos vegetais e poderá realizar na forma de slide, textos ou vídeos aulas (<https://slideplayer.com.br/slide/5611350/>). Em seguida aplicar a seguinte questionário:

1. Você já conhecia a importância dos óleos vegetais, se sim quais são?
2. Você utiliza óleos vegetais no cotidiano?
3. Qual a diferença entre óleo fixo e óleo essencial?
4. Você já utilizou algum óleo vegetal? Se sim para que?
5. Qual a importância dos óleos vegetais?

No segundo momento, deverá apresentar os métodos extrativos descritos abaixo e escolher um para aplicação em sala de aula ou laboratório dependendo da estrutura escolar oferecida.

Prensagem: É um processo muito utilizado para extração dos óleos vegetais e é utilizado principalmente para produção em pequenas escalas, como por exemplo, em pequenas cooperativas de comunidades, pequenas fazendas, etc. O material de onde será extraído o óleo é posto entre suportes que sofrem pressão fazendo com que aconteça o processo de extração do óleo.

Hidrodestilação: O material a ser destilado fica em contato direto com a água, e quando a água entra em ebulição, conseqüentemente arrasta os compostos voláteis consigo inclusive o óleo, e quando condensa, forma uma mistura heterogênea, com duas fases, devido à diferença de polaridade e densidade entre a água e o óleo. Podendo assim, extrair o que se deseja no caso do óleo.

Solvente orgânico: Os grãos são triturados para facilitar a penetração em seu interior com o solvente. Pode ser utilizado o hexano – derivado de petróleo, éter etílico, etanol, metanol, entre outros. Os óleos migram do material vegetal para o solvente por terem maior afinidade com este no caso ambos são apolares, e em seguida, é necessário realizar a recuperação do solvente, que pode ser reutilizado novamente no processo.

A extração com solventes orgânicos pode ser eficiente para alguns casos, porém se torna agressiva ao ambiente devido aos produtos utilizados e resíduos gerados durante o uso de substâncias tóxicas, tais como os derivados do petróleo, por exemplo, que, por serem provenientes de fontes não renováveis, podem causar sérios danos ao ecossistema.

Enzimas: são um grupo de substâncias orgânicas de natureza proteica e elas são totalmente capazes de acelerar as reações químicas. Também estão presentes nos nossos processos mais vitais, bem como a digestão alimentar, a degradação de compostos, entre diversos outros. A extração enzimática consiste no uso de enzimas que utilizam moléculas de água para romper a parede celular dos vegetais liberando o óleo para o meio aquoso. O óleo é separado da água por centrifugação, resultando em um produto mais límpido que o processo que utiliza solventes orgânicos, por exemplo.

Tal tecnologia de extração desponta como uma alternativa de nível potencial para extração de óleos vegetais, uma vez que o uso de solventes derivados de petróleo deverá ser substituído, no futuro, por processos tecnológicos mais sustentáveis, para atender às exigências dos órgãos governamentais de proteção ao meio ambiente e devido ao elevado custo das enzimas comerciais, a implantação industrial desse processo ainda está limitada.

Maceração: o processo de extrair óleo das plantas, através de um líquido condutor com propriedades que trazem benefícios à saúde em geral. É uma técnica milenar, utilizada em forma de chás, pomadas e outros produtos naturais. A técnica de maceração, por exemplo, é uma das mais eficazes e simples na hora de extrair princípios ativos desejáveis de algumas plantas e ervas. São propriedades quase sempre terapêuticas, já que são extraídas da natureza.

Por fim, realizar uma pesquisa bibliográfica em livros didáticos ou sites voltados a educação, que deverá ser orientada a partir da distinção das seguintes questões:

1. Todas as plantas são formadas por substâncias químicas?
2. Por que nem todas são utilizadas para produção de óleo vegetal?
3. Qual o melhor processo de extração a ser utilizado?
4. Quais compostos orgânicos podemos encontrar nos óleos vegetais?
5. Dentre estes compostos, quais são mais abundantes?
6. Para que os cientistas pudessem organizar e compartilhar seus conhecimentos, por convenção é adotada uma única representação para os compostos. Pesquise quais são as formas de representar um composto orgânico, e o que esta representação significa?
7. Quais são as classificações de compostos orgânicos?

3 RESULTADOS ESPERADOS

A prospecção é que a aplicação dessa proposta fortaleça o processo de ensino-aprendizagem através da aula teórica e experimentação aplicada. Considerar também a conscientização do meio ambiente que se constitui a partir de conhecimentos em cima de práticas simples do cotidiano dos alunos. Neste contexto temos as reações que podem ser formadas a partir dos óleos vegetais e que são muito úteis.

Neste cenário, o profissional responsável por ministrar a aula deverá comentar com os alunos que o objetivo da aula é conhecer mais sobre os óleos vegetais e ressaltar a importância dos traços culturais que também estão envolvidos neste processo. Sendo assim, demonstrar que a pesquisa científica visa promover a integração entre o saber científico e o popular.

Assim, ao término do desenvolvimento do projeto, podemos concluir que diferentes metodologias podem ser utilizadas para a organização dessa proposta, desde que leve em consideração os conhecimentos prévios dos alunos, valorizando a sua vivência e possibilitando uma perspectiva de aprendizagem significativa para assim estabelecer o diálogo entre esses saberes.

4 REFERENCIAS

Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio (PCNEM): Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC, 2000.

NOGUERA, Jorge Orlando Cuellar. A educação ambiental e os resíduos sólidos urbanos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, p. 682-695, 2012.

SILVA, F. G.; NASCIMENTO V. E.; PINTO, J. E. B. P.; OLIVEIRA, C. B. A.; SANTOS, M. R.; FERRI, P. H. influência do processamento pós-colheita e armazenamento na composição química da droga vegetal e do óleo essencial de carqueja [*Baccharis trimera* (Less.) DC.]. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 12, n.4, p.436-442, 2010.