



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS DE GURUPI  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO ACADÊMICO EM  
CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS

**THIAGO CÉSAR NUNES DOS SANTOS**

**ATIVIDADE LARVICIDA DE METABÓLITOS  
SECUNDÁRIOS DE PLANTAS PROVENIENTES DO BIOMA  
CERRADO TOCANTINENSE COM EFEITO EM CULICÍDIOS**

Gurupi/TO  
2022

THIAGO CÉSAR NUNES DOS SANTOS

**ATIVIDADE LARVICIDA DE METABÓLITOS  
SECUNDÁRIOS DE PLANTAS PROVENIENTES DO BIOMA  
CERRADO TOCANTINENSE COM EFEITO EM CULICÍDIOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais. Foi avaliada para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais e aprovada em sua forma final pelo orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: Prof. Dr. Augustus Caeser Frank Portella  
Coorientadora: Prof. Dr<sup>a</sup>. Damiana Beatriz da Silva

Gurupi/TO  
2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

S237a Santos , Thiago César Nunes Dos.

Atividade larvívora de metabólitos secundários de plantas provenientes do bioma cerrado tocantinense com efeito em culicídeos . / Thiago César Nunes Dos Santos . – Gurupi, TO, 2022.

89 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Ciências Florestais e Ambientais, 2022.

Orientador: Augustus Caeser Franke Portella

Coorientadora : Damiana Beatriz Da Silva Silva

1. Rendimento. 2. Letalidade. 3. Vetores. 4. Fitoquímicos. I. Título

**CDD 628**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS**

**FLORESTAIS E AMBIENTAIS**

Rua Badejós, Chácara 69 e 72 - CEP: 77402-970 - Caixa Postal 66  
| Gurupi/TO

(63) 3311-1616 | [www.uft.edu.br/cfa](http://www.uft.edu.br/cfa) | [pgcfa@uft.edu.br](mailto:pgcfa@uft.edu.br)



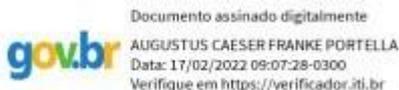
**THIAGO CÉSAR NUNES DOS SANTOS**

Atividade larvicida de metabólitos secundários de plantas provenientes do Bioma cerrado tocantinense com efeito em culicídeos.

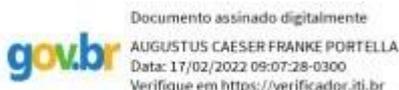
Dissertação apresentada ao Programa de Pósgraduação em Ciências Florestais e Ambientais em 11/02/2022 foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data da aprovação: 11/02/2022

Banca Examinadora:

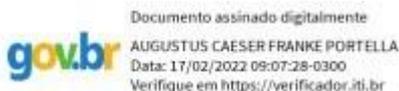


Prof. Dr. Augustus Caesar Franke Portella – Orientador – UFT



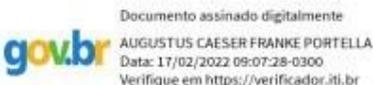
P/Prof Dr.

Marcos Giongo – Examinador – UFT



P/Dr. Jader

Nunes Cachoeira – Examinador – UFT



P/Dr<sup>a</sup>. Maria Cristina Bueno Coelho – Examinador - UFT

Gurupi (TO)  
2022

*Dedico  
A Eva Maria Dos Santos e Waldivino Nunes  
Dos Santos (in memoriam) pelo amor e  
dedicação para com o meu futuro.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela força e coragem imutáveis em sustentar meus pensamentos em todos os dias nessa longa caminhada.

Aos meus avós, Alcides e Eva Maria, pela criação e incentivo emocional nos percursos da caminhada ética e moral que me levaram a conquistas educacionais.

Aos meus pais, Nadir Maria e Waldivino Nunes, pela ajudar tornando possível a realização desse sonho.

A minha esposa, Mariuza Queiroz, e meus filhos, Davi César e Paulo, por serem o motivo principal de traçar esse caminho a ser seguido por eles.

Aos meus amigos de Gurupi-TO no apoio e receptividade nos momentos distantes do meu lar, fazendo parte da segunda família nesta cidade, em especial ao Jader Nunes Cachoeira, aos amigos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Augustus Portella, pelo ensinamento e pela confiança nessa jornada educacional.

À coorientadora, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Damiana Beatriz, pela paciência e cuidado com o ensinamento e dedicação.

À colega de mestrado, Ana Cristina, pela ajuda e parceria no caminho que percorremos.

Aos técnicos dos laboratórios da UFT (Damiana e Dalmácia) pela ajuda no desenvolvimento técnico das pesquisas.

À equipe grandiosa do CeMAF, em especial ao Prof. Dr. Marcos Diongo, Dr. Jader Nunes Cachoeira, Dr. Allan Deyvid, Msc. Micael Moreira, Max e Eliandro.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais.

## RESUMO

O Cerrado é considerado um importante bioma brasileiro e cobre grande parte do estado do Tocantins com áreas florestais que podem proporcionar uma grande diversidade de compostos orgânicos a serem explorados. Os compostos secundários de plantas possuem importância fitoquímica, produzindo a partir de suas estruturas vegetais óleo essencial, óleo bruto, resinas ou compostos vegetais conhecidos como metabólicos. Os extratos utilizados nas análises foram coletados de plantas originárias da cidade de Gurupi na região sul do Tocantins. O objetivo deste trabalho foi selecionar dentre as espécies vegetais; *Annona glabra* L., *Anacardium occidentale* L., *Anacardium humile* St Hill, *Calophyllum brasiliense* Cambess, *Copaifera reticulata* Ducke, *Pterodon emarginatus* Vogel e *Swinglea glutinosa* Merr. aquela com o melhor rendimento e a melhor concentração letal LC<sub>50</sub> e LC<sub>90</sub> de óleos essenciais e óleo bruto bem como avaliar sua composição molecular utilizando a análise de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GCMS). Os óleos foram obtidos pela extração por arraste a vapor tipo cleveger, prensagem hidráulica, extração por solvente orgânico e perfuração no cerne. Para os bioensaios de mortalidade com utilização dos extratos foram utilizadas larvas de terceiro estágio do mosquito *Aedes aegypti* em diferentes concentrações diluído em Dimetilsulfoxido (DMSO). A análise dos dados foi realizada pela regressão linear que determinou os valores de mortalidade LC<sub>50</sub> e LC<sub>90</sub> bem como os rendimentos de extração. Os melhores rendimentos foram verificados utilizando *Anacardium occidentale* (20,01%), *Anacardium humile* (19,8%) utilizando a castanha com solvente orgânico. Os óleos com maior potencial larvicida foram *Anacardium humile* (LC<sub>50</sub> 10,81 ppm e LC<sub>90</sub> 14,16 ppm), seguido de *Anacardium occidentale* (LC<sub>50</sub> 12,08 ppm e LC<sub>90</sub> 17,84 ppm). Os elementos identificados na utilização do CGMS foram ácidos anacárdico, cardóis, cardanois, ácido palmítico, ácido oleico, ácido vacênico e ácido tridecanóico. Os elementos majoritários encontrados no *Anacardium humile* foram 3-((4,7) - Heptadeca-4,7-dien-1-yl) phenol com teor 66,93%, seguidos do segundo Ácido 9-Octadecenóico com o o teor de 16,11%. Para o *Anacardium occidental*, os elementos majoritários foram Fenol com 58,1% seguido por (Z) -5-(Pentadec-8-en-1-yl) benzene-1,3-diol 22,92%. Os resultados mostram atividade para letalidade na utilização de todos os óleos em sua concentração máxima, sendo o que apresentou o melhor rendimento e concentração letal foi o metabólito de *Anacardium humile*. Os resultados foram importantes para identificar melhor rendimento para as espécies nativas do cerrado tocantinense com potencial produtivo de óleos, extrato bruto e metabólicos ativos como larvicida a serem explorados no controle de larvas de mosquitos.

**Palavras-chaves:** Rendimento; letalidade; vetores.

## ABSTRACT

The Cerrado is considered an important Brazilian biome and covers a large part of the State of Tocantins with forest areas that can provide a great diversity of organic compounds to be explored. Secondary plant metabolites have photochemical importance, producing essential oils, crude oil, resins or plant compounds known as metabolites from their plant structures. The extracts used in the analyzes were collected from plants originating in the city of Gurupi in the southern region of Tocantins. The objective of this work was to select among plant species; *Annona glabra* L, *Anacardium occidentale* L., *Anacardium humile* St Hill, *Calophyllum brasiliense* Cambess, *Copaifera reticulata* Ducke, *Pterodon emarginatus* Vogel and *Swinglea glutinosa* Merr. the one with the best yield and the best lethal concentration LC<sub>50</sub> and LC<sub>90</sub> of essential oils and crude oil as well as its molecular composition using gas chromatography analysis coupled with mass spectrometry (GCMS). The oil was obtained by clever-type steam drag extraction, hydraulic pressing, organic solvent extraction and core drilling. For mortality tests using the extracts, 3rd instar larvae of the *Aedes aegypti* mosquito were used at different concentrations diluted in Dimethylsulfoxide (DMSO). Data analysis was performed by linear regression that determined the LC<sub>50</sub> and LC<sub>90</sub> mortality values and the extraction yields. The best yields were verified using *Anacardium occidentale* 20.01%, *Anacardium humile* 19.8% using the brown with organic solvent. The oils with the greatest larvicidal potential were *Anacardium humile* with LC<sub>50</sub> 10.81 ppm and LC<sub>90</sub> 14.16 ppm, followed by *Anacardium occidentale* LC<sub>50</sub> 12.08 ppm and LC<sub>90</sub> 17.84 ppm. The elements identified in the use of CGMS were anacardic acids, cardols, cardanols, palmitic acid, oleic acid, vacenic acid and tridecanoic acid. The major elements found in *Anacardium humile* were 3-((4,7)-Heptadeca-4,7-dien-1-yl) phenol with 66.93% content, followed by the second 9-Octadecenoic acid with the content of 16, 11%. For *Anacardium occidental*, the major elements were Phenol with 58.10% followed by (Z)-5-(Pentadec-8-en-1-yl) benzene-1,3-diol 22.92%. The results show lethal activity in the use of all oils at their maximum concentration, the metabolite of *Anacardium humile* being the one with the best yield and lethal concentration. The results were important to identify that the yields of native species from the Cerrado region of Tocantins have productive potential for crude extract and active metabolite oils as larvicide to be explored in the control of mosquito larvae.

**Keywords:** Income; lethality; vectors.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - (A) <i>Swinglea glutinosa</i> parte interna do fruto; (B) estrutura da árvore .....	15
Figura 2 - (A) estrutura da árvore de <i>P. emarginatus</i> ; (B) favas de <i>P. emarginatus</i> .....	16
Figura 3 - (A) <i>Annona glabra</i> L, estrutura do fruto, (B) estrutura da árvore .....	18
Figura 4 - Frutos e sementes de <i>Calophyllum brasiliense</i> .....	19
Figura 5 - Fluxograma geral da extração e concentrações letais .....	25
Figura 6 - Cascas do fruto da <i>Swinglea glutinosa</i> (A), fruto da <i>Annona glabra</i> (B).....	26
Figura 7 - Extrato oleoso da fava de <i>Pterodon emarginatus</i> extração solvente orgânico .....	27
Figura 8 - Extrato oleoso da castanha de <i>A. occidentale</i> (A) e <i>A. humile</i> (B) .....	27
Figura 9 - (A) Cultivo das larvas, (B).....	49
Figura 10 - Fluxograma dos bioensaios com larvas de mosquitos <i>Aedes aegypti</i> .....	50
Figura 11 - Concentração letal expressas em (mg /l <sup>-1</sup> ): <i>Anacardium occidentale</i> (A), <i>Anacardium humile</i> (B), <i>Copaifera reticulata</i> (C), <i>Pterodon emarginatus</i> (D), <i>Swinglea glutinosa</i> (E) <i>Annona glabra</i> (F), <i>Calophyllum brasiliense</i> (G). .....	53
Figura 12 - Compostos químicos encontrados na castanha das (Anacardiaceae) .....	67
Figura 13 - Compostos químicos encontrados na castanha das (Anacardiaceae), 3-pentadecil fenol.....	68
Figura 14 - Compostos químicos encontrados na castanha das (Anacardiaceae): 3-Methyl-5-propylphenoL (A), Ácido Hexadecanóico (B) e 3 - ((4Z, 7Z) -Heptadeca-4,7-dien-1 -il) fenol (C).....	68
Figura 15 - Compostos químicos encontrados na castanha das (Anacardiaceae): Ácido oleico .....	69
Figura 16 - Comparação entre os cromatogramas do <i>A. humile</i> e <i>A. occidentale</i> .....	72

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relação do processo de extração de cada vegetal em relação ao tipo de extração e a parte da planta utilizada e o rendimento (em %) .....	29
Tabela 2: Dados de inclinação das curvas de concentração-mortalidade, $CL_{50}$ e $CL_{90}$ , $\chi^2$ e probabilidade dos óleos avaliados .....	51
Tabela 3: Rendimento do óleo essencial, óleo bruto e extrato vegetal em função das concentrações letais de 50% de mortalidade $LC_{50}$ e $LC_{90}$ em 24 horas .....	52
Tabela 4: Identificação dos picos cromatográficos e o teor percentual do óleo de <i>Anacardium humille</i> .....	71

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEMAF	Centro de Monitoramento Ambiental e Manejo do Fogo
DMSO	Dimetilsulfóxido
EB	Extrato bruto
EBP	Extrato bruto (perfuração)
HAV	Hidrodestilação por arraste de vapor
LC <sub>50</sub>	Concentração letal de letalidade de 50%
LC <sub>90</sub>	Concentração letal de letalidade de 90%
LCC	Líquido da castanha do caju
OE	Óleo essencial
PH/SO	Prensa hidráulica, solvente orgânico (Extrato bruto)
PH/EXB	Prensa hidráulica (Extrato bruto)
PPM	Partícula por milhão
SOL/OR	Solvente orgânico
SW	<i>Swinglea glutinosa</i>

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\mu$	Microlitro
$\alpha$	Alfa
$\beta$	Beta
$\gamma$	Gama
$\delta$	Delta

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO DE ÓLEO EM EXTRAÇÕES DE ESPÉCIES FLORESTAIS DA REGIÃO SUL DO ESTADO DO TOCANTINS.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.1</b>	Processos de extração .....	24
<b>2.2.2</b>	Extração vegetal .....	25
<b>2.2.3</b>	Análise de rendimento .....	28
<b>2.3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>29</b>
<b>2.4</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>34</b>
<b>2.5</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>35</b>
<b>3</b>	<b>ATIVIDADE LARVICIDA DE EXTRATOS VEGETAIS NO CONTROLE DE MOSQUITOS (<i>Aedes aegypti</i>) EXTRAÍDOS DE PLANTAS DO CERRADO BRASILEIRO .....</b>	<b>42</b>
<b>3.1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>43</b>
<b>3.2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>48</b>
<b>3.2.1</b>	Área de estudo .....	48
<b>3.2.2</b>	Coleta de ovos e cultivo das larvas.....	48
<b>3.2.3</b>	Bioensaio .....	49
<b>3.2.4</b>	Análise estatística .....	51
<b>3.3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>51</b>
<b>3.4</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>57</b>
<b>3.5</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>58</b>
<b>4</b>	<b>AVALIAÇÃO DOS CONSTITUINTES FITOQUÍMICOS ENCONTRADOS NOS EXTRATOS OLEOSOS DE <i>Anacardium humile</i> E <i>Anacardium occidentale</i> .....</b>	<b>65</b>
<b>4.1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>66</b>
<b>4.2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>70</b>
<b>4.3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>70</b>
<b>4.4</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>76</b>
<b>4.5</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>76</b>
<b>5</b>	<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>81</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>82</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>82</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O interesse pela natureza sempre fez parte da história humana no tocante à convivência e suas interações, que vão desde o homem antigo com a exploração de recursos naturais para sua subsistência, bem como pela utilização de fármacos naturais até os dias atuais com sua utilização em processos químicos modernos. Com isso o conhecimento exploratório dos recursos se faz presente hoje com a utilização das tecnologias mais avançadas em pesquisas fitoquímicas buscando conhecer os principais compostos orgânicos das plantas e seus potenciais físico-químicos (DA SILVA *et al.*, 2010).

Assim como a grandeza amazônica o cerrado brasileiro é considerado o segundo maior bioma e um importante ‘hotspots’ da biodiversidade (KLINK E MACHADO, 2005; DA COSTA GAMA *et al.*, 2018). Silva (2009) destaca também o enfoque midiático no conservacionismo amazônico esquecendo em grande parte da importância econômica do cerrado como fronteira agrícola e base de commodities global.

A predominância climática do cerrado é tropical-quente sub-úmido com estações de chuva bem definida, a fitofisionomia inclui vegetação como campo sujo, campo limpo, campo cerrado, cerrado sensu stricto, cerradão, mata de galeria, campo rupestre, palmeiral e veredas (DA COSTA GAMA *et al.*, 2018; MAROUELLI, 2003; MEDEIROS e WALTER, 2012; SILVA, 2007). Fatores físicoquímicos do solo do cerrado estão entre a pobreza em nutrientes e a elevada acidez (LIMA *et al.*, 2010).

A geografia do bioma cerrado tem uma importância hidrológica muito relevante na distribuição de águas em várias regiões brasileira, sendo uma fonte hídrica de diversos cursos de água para a América do Sul (LIMA, 2011). Destaca-se também as adaptações às condições ambientais apresentadas pelo bioma como: ocorrência de incêndios frequentes, elevada exposição a raios UV, condições do solo e anatômicas contra agentes físicoquímicos e biológicos (REIS e SCHMIELE, 2019).

O cerrado brasileiro contém uma diversidade de fauna com grande variedade de espécies de vertebrados a flora compreende uma riqueza na diversidade e na composição química de diversos recursos alimentícios produzidos pelo cerrado (ANGELLA, 2014; ALVES *et al.*, 2014; BASTOS, 2007; NOGUEIRA *et al.*, 2011).

O bioma cerrado também sofre com a ação da introdução de espécies invasoras que estão no processo da agricultura, ornamentação, industrialização e manufatura de bens de consumo em geral. Para Pivello (2011) as espécies invasoras são competitivas na eficiência

pela obtenção de recursos que pode ocasionar o domínio de ares das espécies naturais gerando a competitividade entre os indivíduos.

Com uma Área territorial de 277.423,630 km<sup>2</sup> o estado do Tocantins é muito importante dentro do contexto nacional. Na região norte do estado do Tocantins, encontra-se zonas de transição entre o cerrado e a floresta amazônica fazendo divisa também com outros biomas como a caatinga (SILVA, 2007). Nogueira *et al.* (2011) destaca a importância da Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins como área de importante aglomeração faunística com elementos quantitativos de fauna incluindo espécies endêmicas no processo de proteção dessas áreas contra a expansão exploratório nessa região. Conta com uma rica área florestal e com grande potencial de metabólicos de uma grande variedade vegetal a ser explorada.

A *Swinglea glutinosa* é uma espécie arbustiva com porte pequeno (Figura 1 A e B) pertencente à família Rutacea, com a origem na Ásia, possui abundância foliar, frutos não comestíveis e aroma essencial cítrico (CABRAL, 2015; JARAMILLO-COLORADO *et al.*, 2020). Villasuso *et al.* (2015) citam a incrível adaptação dessa árvore rústica nas diversas regiões. Seu fruto conta com estruturas produtoras de células contendo albedo e flavedo e muita quantidade de óleos essenciais aromáticos (CORONADO *et al.*, 2016).

Figura 1 - (A) *Swinglea glutinosa* parte interna do fruto; (B) estrutura da árvore



A atuação do óleo essencial da *S. glutinosa* foi testada também por outros autores como elemento larvicida em larvas do terceiro estágio de *A. aegypti* além de seus efeitos fisiológicos (CABRAL, 2015; RIOS, 2017). Alguns autores verificaram o seu potencial fitoterapêutico contra tuberculose (BUENO-SÁNCHEZ *et al.*, 2009), antioxidante (JARAMILLO-COLORADO *et al.*, 2020) e para a *Leishmania donovani*, *Plasmodium falciparum* (DOS

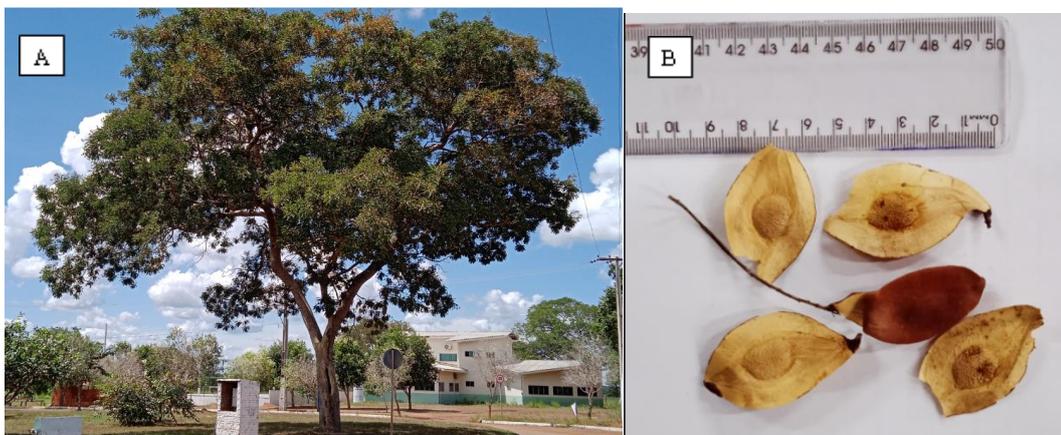
SANTOS *et al.*, 2009). Os compostos da raiz de *S. glutinosa* avaliados quanto à sua atividade algicida contra *O. perornata* (PURCARO *et al.*, 2009).

A espécie *Copaifera reticulata* Ducke conhecida, popularmente, como copaíba são nativas das regiões tropicais como a América Latina e África Ocidental. Seu extrato óleo-resina apresentam elementos medicinais como anti-inflamatório, antimicrobiano e antitumoral (FRANCISCO, 2005; SACHETTI *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2011b). Em Junior e Pinto (2002) foi ressaltado a importância socioeconômica da utilização da copaíba como elemento rentável na coleta do óleo-resina. Da maioria dos estudos sobre a copaíba está relacionada, com a utilização na indústria de cosméticos.

A copaíba é eficiente contra vários microrganismos tais como a *Leishmania chagasi* com elemento predominante o  $\beta$ -cariofileno (RONDON *et al.*, 2012). Se apresenta eficiente contra *Culex quinquefasciatus* contra bactérias gram-positivas e gram-negativas, leveduras e dermatófitos (SILVA *et al.*, 2011a; ZIECH *et al.*, 2013). O óleo-resina de *Copaifera reticulata* teve efeito sobre promastigotas e amastigotas de *L. chagasi*. A ação do óleo-resina é letal sobre *A. aegypti* diterpenóide 1 e diterpenóide 2 são compostos tóxicos (GERIS *et al.*, 2008).

A espécie *P. emarginatus*, (Figura 2 A e B), possui uma ampla distribuição pelo país (LIMA, 2015). As Fabaceae fazem parte de uma das maiores famílias da flora das angiospermas que utiliza as favas e a casca como vermífugo, anti-inflamatório, depurativo do sangue e dores de garganta (CRUZ, 2018). Conhecido também como sucupira branca, possui aplicação na atividade biológica (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Figura 2 - (A) estrutura da árvore de *P. emarginatus*; (B) favas de *P. emarginatus*



A Sucupira (*Pterodon emarginatus*) tem ação antimicrobiana contra bactérias Gram-positivas, gram-negativas e o fungo *Candida albicans* e como elementos fitoquímicos flavonóides, heterosídeos saponínicos (BUSTAMANTE *et al.*, 2010).

Folha de *P. emarginatus* podem apresentar atividade antifúngica e antibacteriana em óleos essenciais sendo os majoritários o  $\gamma$ -muuroleno e o bicilogermacreno (SANTOS *et al.*, 2010). Ressaltando as propriedades larvicida contra o *A. aegypti*, contra *Culex quinquefasciatus*, cicatrizante e Leishmanicida (DUTRA *et al.*, 2009; FERREIRA *et al.*, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2017).

O gênero *Anacardium* possui 11 espécies caracterizando o fruto muito apreciado na gastronomia brasileira, conhecido como caju (CORREIA *et al.*, 2006). Destaca-se o uso do pseudofruto e da castanha na economia de muitas regiões do Brasil. O extrato biológico de *A. occidentale* pode ser utilizado como diurético, problemas respiratórios, gripe, sarnas, doenças na pele e feridas (PORTO *et al.*, 2008).

De acordo com De Andrade Porto *et al.* (2013) o líquido da castanha de caju teve atividade larvicida contra *A. aegypti* e tem como compostos majoritários ácido anacárdico, cardanol, cardol e 2-metilcardol como elementos presentes. Guissoni *et al.* (2013) destacou a atividade larvicida da castanha de *A. occidentale*, (Anacardiaceae) contra larvas de *A. aegypti*, bem como o extrato da casca. Também observado em (TORRES *et al.*, 2015).

O óleo da casca de noz do caju demonstrou ação contra as larvas e pupas de *A. aegypti*, *A. subpictus* e *C. quinquefasciatus* (DE CARVALHO *et al.*, 2019; MUKHOPADHYAY *et al.*, 2010). Outros testes contra larvas de *A. gambiae* expostas à casca de noz e folhas, foi identificado como elementos principais a presença de tanino, oxalato, ácido esteárico, ácido glucorônico e ácido glutâmico (NNAMANI *et al.*, 2011). O processo de extração do líquido da castanha por maceração e a utilização de solventes como hexano, éter de petróleo e cloreto de metileno tem relação com a eficiência bruta e diferem no processo utilizado (SOUSA, 2017; OIRAM FILHO, 2017).

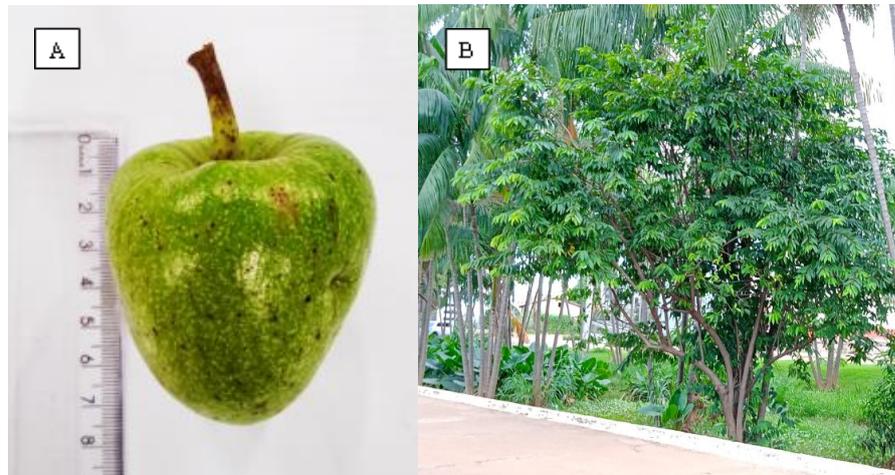
Outra planta do cerrado, *Anacardium humile* St Hill (Anacardeaceae) nativa do Brasil, o cajuzinho-do-cerrado atrai a atenção por suas características peculiares, e seu potencial socioeconômico (CARVALHO *et al.*, 2012). Utilizada na cultura popular como cauterizante, expectorante, antimicrobiana e antioxidante (BARBOSA, 2008).

O extrato das folhas provocou mortalidade em ninfas de *Bemisia tuberculata* apresentando como compostos, taninos, açúcares redutores e saponinas (DE ANDRADE *et al.*, 2010). A ação de folhas e castanha do cajuzinho de cerrado *A. humile* mostra efeito larvicida

em mosquitos *A. aegypti* em (BARBOSA 2008; PORTO *et al.*, 2008; ROCHA *et al.*, 2013; ROMANO, 2016). Ou no controle na propagação do fungo *Aspergillus niger*, *Triatoma infestans* (GOMES e FAVERO, 2011). Assim por diante o extrato aquoso foliar demonstra que atua conseqüentemente no controle inseticida sobre *Atta sexdens rubropilosa* (MARTINS, 2011). Porto *et al.* 2016, fez a identificação de compostos fitoquímicos fenólico total, carotenoides e proantocianidinas foi observado em “cajuí” nos vários estágios de maturação. Outros compostos das folhas como: flavonoides, Saponinas, Monoterpenos, Sesquiterpenos, Proantocianidinas e leucoantocianidinas foram ressaltados por Ramos (2017).

A *Annona glabra* L., é uma espécie da família das Annonaceae (Figura 3 A e B) conhecida, popularmente, como araticum-do-brejo e araticum-bravo, possui cerca de 120 gêneros e aproximadamente 2.300 espécies. Essa árvore pode chegar até 12 metros em matagal denso, possui tronco estreito com folhagem oblonga a ovais (SIEBRA *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2015; WICKRAMARACHCHI e AMARASINGHE, 2020).

Figura 3 - (A) *Annona glabra* L, estrutura do fruto, (B) estrutura da árvore



Estudos apontam a *A. glabra* L, natural da Ásia e América como elemento anticancerígeno com potencial farmacêutico, a família das Annonaceae possui atividade contra tumores, antioxidante, antimicrobianas e antiinflamatório (BIBA *et al.*, 2014; COCHRANE *et al.*, 2008; SIEBRA *et al.*, 2009; ZHANG *et al.*, 2004). Em Silva *et al.* (2015) destaca a atuação fitoquímica dos esteroides, triterpenos, alcaloides, fenóis e saponinas contra *Leishmania infantum chagasi*. Amarasinghe *et al.* (2020) relata efeito larvicida potente contra larvas de mosquitos *A. aegypti* e *A. albopictus*, em baixas concentrações. Contemplado também por Rocha *et al.* (2017), a relação antifúngicas.

O gênero *Calophyllum* contém uma grande variedade de espécies pertencentes à família Calophyllaceae distribuídas em regiões tropicais. As diversas partes vegetais do *Calophyllum brasiliense* “Landi” (Figura 4) são utilizada pela cultura popular para cuidados terapêuticos para diversas enfermidades (MEDEIROS et al., 2014; STEVENS, 1980). Ela também apresenta metabólicos ativos secundários para o desenvolvimento de novos fármacos, analisando as tendências de pesquisas como potencial ecológico, antiparasitas, citotóxico e na descoberta de novos compostos (GOMEZ, 2015).

Figura 4 - Frutos e sementes de *Calophyllum brasiliense*



Os fitoquímicos do cerne, folhas, casca da estrutura do caule e sementes com a composição de cumarinas, xantonas e triterpenos tiveram efeitos bactericida, fúngico, viral, antiprotozoários (BERNABÉ-ANTONIO et al., 2014; SUFFREDINI et al., 2014; REYES, 2004). Em estudos de células tumorais humanas com extrato com hexano, metanol, acetona (REYES-CHILPA et al., 2004). O extrato hexânico das folhas de *C. brasiliense* foi citado por Huerta-Reyes et al. (2004) como um promissor fitofármaco contra o HIV-1. E contra outros microorganismos patogênicos, leishmanicida e anti-*Mycobacterium tuberculosis* (BRENZAN et al., 2007; PIRES et al., 2014).

A relevância ambiental na exploração dos recursos metabólicos das espécies vegetais, trouxe o interesse de verificar as principais espécies com foco fitoquímico e a potencial ação no controle de mosquitos vetores de doenças tropicais como o *A. aegypti*. O estudo está subdividido em três capítulos com as seguintes premissas: (1). Analisar o rendimento quantitativo de espécies vegetais encontradas na região sul do estado do Tocantins; (2). Avaliar

a concentração letal  $LC_{50}$  e  $LC_{90}$  dos óleos, extrato bruto e óleos essenciais de todas espécies vegetais - (3). Analisar os componentes fitoquímicos dos metabólicos secundários das espécies com melhor rendimento e melhor concentração letal.

## 2 AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO DE ÓLEO EM EXTRAÇÕES DE ESPÉCIES FLORESTAIS DA REGIÃO SUL DO ESTADO DO TOCANTINS

### RESUMO

O Cerrado brasileiro ocupa a região central do país com uma flora bem diversificada, rica em matéria-prima com potencial fitoterápico. O rendimento dos extratos óleo bruto, óleo essencial ou óleo resina de algumas espécies pertencente aos recursos florestais do estado do Tocantins tais como: *Annona glabra* L., *Anacardium occidentale* L., *Anacardium humile* St Hill, *Calophyllum brasiliense* Cambess, *Copaifera reticulata* Ducke, *Pterodon emarginatus* Vogel e *Swinglea glutinosa* Merr. são bastante expressivos e motivam diversas pesquisas sobre suas utilizações. Nesse trabalho, a extração desses metabólitos se deu pelo processo de prensagem hidráulica, extração por solvente orgânico com arraste a vapor tipo Clevenger e por perfuração. Os melhores rendimentos foram identificados em *Anacardium occidentale* 20,01%, *Anacardium humile* 19,8%, *P. emarginatus* 19,25% e *C. brasiliense* 15,02%, *S. glutinosa* 0,70% e *A. glabra* com 0,107% utilizando a castanha com solvente orgânico. Contudo a exploração dos constituintes qualitativos do óleo em razão de seu rendimento poderá direcionar esses extratos para outros ensaios biológicos podendo contribuir para o desenvolvimento de novos produtos com aplicações inseticidas, ou fungicidas, conforme indicações da literatura abordada.

**Palavras Chaves:** Fitoquímicos; metabólicos secundários; extrato.

## EVALUATION OF OIL YIELD IN EXTRACTIONS OF FOREST SPECIES IN THE SOUTH REGION OF THE STATE OF TOCANTINS

### ABSTRACT

The Brazilian Cerrado is a central region of the country with a very diverse flora, rich in raw material with phytotherapeutic potential. The yield of extracts of crude oil, essential oil or resin oil of some species belonging to the forest resources of the state of Tocantins such as: *Annona glabra* L., *Anacardium occidentale* L., *Anacardium humile* St Hill, *Calophyllum brasiliense* Cambess, *Copaifera reticulata* Ducke, *Pterodon emarginatus* Vogel and *Swinglea glutinosa* Merr. are quite expressive and motivate several researches about their uses. In this work, the extraction of these metabolites took place through the process of hydraulic pressing, extraction by organic solvent with steam drag Clevenger type and by drilling. The best yields were identified in *Anacardium occidentale* 20.01%, *Anacardium humile* 19.8%, *Pterodon emarginatus* 19.25% and *Calophyllum brasiliense* 15.02%, *Swinglea glutinosa* 0.70% and *Annona glabra* with 0.107% using the chestnut with organic solvent. However, the exploration of the qualitative constituents of the oil due to its yield may direct these extracts to other biological assays and may contribute to the development of new products with insecticidal or fungicidal applications, as indicated in the literature.

**Key Words:** Phytochemicals; secondary metabolics; extract.

## 2.1 INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro ocupa a região central do país com uma flora bem diversificada, rica em matéria-prima com potencial fitoterápico que com o emprego de técnicas adequadas para sua exploração pode-se obter extratos a serem utilizados em novas terapias contra doenças valorizando assim o uso extrativista do bioma (RODRIGUES *et al.*, 2016).

Alguns metabólicos secundários são de grande importância como matéria prima na indústria alimentícia, fármacos e cosméticos, pois expressam uma mistura de fenilpropanóides, mono e sesquiterpenos (DE MORAIS, 2009). O potencial de atuação dos metabólicos secundários que são produzidos pela planta é utilizado como métodos de proteção contra microrganismos e insetos predadores tornando esse elemento propício a ser utilizado contra o mesmo em estudos subsequentes (COLI, 2008).

Os metabolismos dos vegetais são divididos em duas categorias: os primários que consiste na síntese de carboidratos, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos e ciclo de Krebs já os metabólicos secundários, que envolvem repelentes, atrativos para dispersores e polinizadores, proteções contra raios ultravioleta, estresse sazonal e também fitoquímicos ativos (DE REZENDE *et al.*, 2016). A variação dos metabólicos secundários em relação aos compostos ativos desejáveis tem como princípios inúmeros fatores tais como, condições de época para o cultivo e coleta do material (GOBBO-NETO e LOPES, 2007). Algumas interações simbióticas com microrganismos estimulam a produção de metabólicos que podem conferir vantagens à planta contra herbívoros, ataques de insetos ou até mesmo absorvendo parte do estresse abiótico (PAMPHILE *et al.*, 2017).

A busca por elementos botânicos e seus compostos ajudam no processo de desenvolvimento de inseticidas com naturais evitando a resistência dos organismos alvo (AMARASINGHE *et al.*, 2020). Devido a constante utilização de agrotóxicos que podem causar danos ao meio ambiente busca-se nos óleos e extratos brutos uma alternativa viável para o controle de pragas e ao mesmo tempo reduzir os impactos ambientais (BORGES *et al.*, 2013).

A princípio, no Brasil, a técnica mais utilizada para extração de óleos essenciais é por arraste de vapor, utilizando partes como folhas, frutos, casca e flores (BIZZO *et al.*, 2009). O processo a ser considerado na utilização de um óleo essencial tem como princípio o meio de cultura, densidade, emulsificador utilizado adotando métodos adequados de inoculação no ativo alvo (NASCIMENTO *et al.*, 2007). A importância evolutiva dos extratos vegetais como bioinseticidas e antimicrobianos podem ser utilizados pelo manejo integrado de pragas na área econômica ou na saúde, salientando a importância dos estudos considerando a toxicidade do

ativo vegetal na preservação e conservação de espécies nativas ou silvestres (MARANGONI *et al.*, 2013).

Os processos de extração de óleos essenciais diferem-se em alguns métodos onde se tenta isolar os metabólicos essenciais com hidrodestilação à vapor extração por solventes orgânicos e por fluídos supercríticos como são muito voláteis, com o aumento da temperatura eles se vaporizam (SILVEIRA *et al.*, 2012; TISCHER, 2014). O processo pode ser dividido em duas etapas básicas: uma arrastando o vapor e a outra com a recirculação da água condensada (FEITOSA *et al.*, 2014).

Outros processos como por fluído supercrítico, entende-se como uma substância que está acima do ponto máximo da sua temperatura e pressão crítica, o líquido é convertido em vapor por um aumento de temperatura (FILIPPIS, 2001). Já o processo utilizando, o Soxhlet, entende-se por um tubo extrator com uma vidraria tipo balão de fundo redondo e um condensador, contendo solvente que aquecido por uma manta, evapora gotejando sobre um cartucho de papel filtro com o material a ser extraído em posterior evaporação (FEITOSA *et al.*, 2014).

A extração por solvente orgânico utilizada na indústria de alimentos também requer a separação de compostos bioativos e depende da escolha do solvente e a afinidade entre as moléculas (PALSIKOWSKI, 2020; QUEIROZ *et al.*, 2001). Alguns solventes são mais utilizados como hexano, benzeno, metanol, etanol, propanol e acetona (FILIPPIS, 2001).

Isolar o composto bioativo de fontes naturais assim como frutas, especiarias e sementes requer a necessidade de extrações com solventes com polaridades diferentes e aumento da superfície de contato com substâncias moídas, peneiradas ou desidratadas (ANDREO e JORGE, 2006). Outras técnicas artesanais são bem simples e eficientes para alguns certos tipos de substâncias como cozimento e separação por sobrenadante, por prensagem mecânica que mantém as suas propriedades naturais (DE PINHO e SOUZA, 2018).

Outros métodos simples estão na prensagem “a frio” com a utilização de prensas mecânicas ou hidráulicas mais que pode ter como desvantagem um quantitativo de óleo residual em cerca de 5-6% (CARVALHO, 2011).

Por meio da relevante procura da economia global por meios sustentáveis de subsistência, em detrimento à utilização de pesticidas químicos, disponíveis facilmente para a população, faz-se relevante a busca de compostos menos prejudiciais ao meio ambiente e de fácil acesso, explorando os metabólicos secundários disponíveis no cerrado brasileiro como bioativos capazes de conter agentes transmissores de doenças tropicais que tanto assola as

populações de países onde se tem maior incidência e condições climáticas que lhe ofereça uma melhor proliferação.

Contudo, a hipótese em que os metabólitos secundários das espécies vegetais e seus elementos fitoquímicos extraídos, neste estudo possuem um grande potencial de rendimento a ser explorado como possível compostos em meio ao controle de pragas inclusive vetores de doenças tropicais. O objetivo deste trabalho é analisar a espécie vegetal com o melhor rendimento dentre as espécies vegetais: *Annona glabra*, *Anacardium occidentale*, *Anacardium humile*, *Calophyllum brasiliense*, *Copaifera reticulata*, *Pterodon emarginatus* e *Swinglea glutinosa* com o quantitativo de extração e viabilidade do processo de extração, nos diferentes métodos apresentados, visando selecionar as melhores espécies ou a que melhor difere no rendimento de óleo essencial, bruto ou extrato bruto.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.2.1 Processos de extração

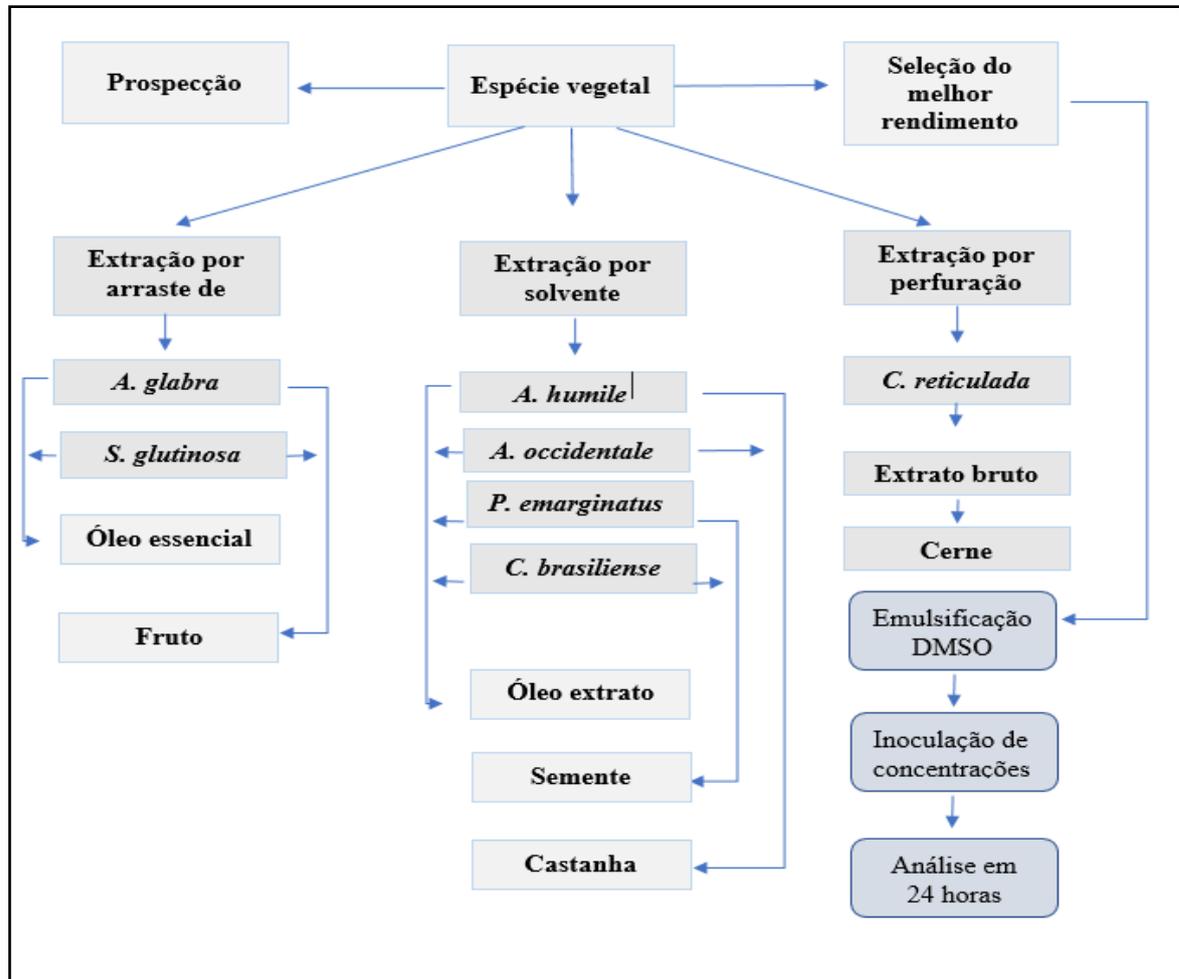
O trabalho ocorreu no Laboratório de Ciências Florestais e Ambientais, localizado no prédio do CeMAF (Centro de Monitoramento Ambiental e Manejo do Fogo) da Universidade Federal do Tocantins Campus de Gurupi. Situado nas coordenadas (-11°74'8054"S, -49.05'0617"W). O método de extração envolveu uma diversidade de plantas nativas e exóticas do cerrado, com aplicabilidade de diversos processos de extração do material vegetal em relação ao seu conteúdo fitoquímico.

Os óleos essenciais e extrato bruto tiveram seu processo de extração usando técnicas diferenciadas descritas por prensagem hidráulica, extração por solvente e arraste de vapor e por perfuração sendo que para cada espécie foi identificado as condições da parte vegetal com maior potencial de extração do ativo. Os critérios de seleção utilizados foram:

- Bioprospecção inicial o cheiro, maceração das partes de folhas, flores e caule sementes e frutos.
- Levantamento teórico dos potenciais de ação de cada ativo.
- Técnicas metodológicas na extração em relação ao óleo essencial, extrato bruto utilizando extração a frio, prensagem, perfuração e arraste por vapor.
- Coleta da parte vegetal: semente, folha, fruto e extrato.
- Limpeza com antissépticos e água.
- Acondicionamento e secagem, quando se fazer necessário, de acordo com o material a ser extraído com seu referencial.

O fluxograma geral da extração pode ser observado na (figura 5) com as seguintes caracterizações:

Figura 5 - Fluxograma geral da extração e concentrações letais



DMSO= dimetilsulfóxido

### 2.2.2 Extração vegetal

Para os frutos da espécie *S. glutinosa* (Figura 6 A) e *A. glabra* (Figura 6 C), utilizou-se da destilação por arraste “a vapor” (hidrodestilação) com aparelho tipo clewenger (JARAMILLO-COLORADO *et al.*, 2020), sendo que os frutos da *S. glutinosa* foram coletados no mês de dezembro de 2020, na região sul de Tocantins na cidade de Gurupi, essa região faz divisa com a parte urbana e rural (nas coordenadas 11°74'3361"S 49°10'5574"W). Foram retiradas 100 gramas de casca dos frutos verdes, excluindo a parte da polpa batidas em moinhos de facas (liquidificador industrial de 4 litros) transferido para o balão volumétrico de fundo redondo de 2 litros, e adicionado 1.200 ml de água deionizada deixada por um período mínimo de (02 horas) de extração na temperatura de ebulição.

Figura 6 - Cascas do fruto da *Swinglea glutinosa* (A), fruto da *Annona glabra* (B).



Para *A. glabra* utilizou-se 100 g do fruto coletados em janeiro de 2021 na região central da cidade de Gurupi, no Parque Mutuca (nas coordenadas 11°73'6430"S 49°070870"W), foram utilizados todo o fruto em estado aparente verdes, contendo casca, polpa e sementes batidas em moinho de facas (liquidificador industrial de 4 litros), adicionando água deionizada até atingir 1,200 ml do balão, deixada por um período mínimo de (02 horas) de extração na temperatura de ebulição. Todo o processo foi realizado em triplicata com a obtenção do óleo essencial de cor translúcida, óleo essencial que foi retirado com auxílio de pipeta de Pasteur, posteriormente colocado, em frascos de vidro envoltos por papel alumínio e armazenado em geladeira a 7 °C (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

O óleo bruto de *C. reticulata* foi obtido através do seio lenhoso do caule, perfuração da copaibeira. Foi retirado do vegetal e comprado no mês de julho de 2020, na feira de produtores rurais da cidade de Gurupi no estado de Tocantins (SILVA, 2011b). O processo de obtenção do óleo-resina da *C. reticulata* obteve o apoio da comunidade rural no processo de extração levando em consideração os conhecimentos populares e o processo de comercialização do mesmo nas feiras livres da cidade como elemento farmacológico.

O material foi encomendado com especificações em relação ao processo de coleta com a metodologia aplicada, sendo retirada numa altura de 80 cm do caule, fazendo um furo na região de extração e, posteriormente sendo fechado com madeira e sem alterações no constituinte do material obtendo um total de 80 ml (DA SILVA *et al.*, 2010). Ao todo foi comprado 80 ml de óleo com aparência translúcida meio âmbar que foi filtrado com papel filtro por duas vezes e acondicionados em recipientes devidamente cobertos com papel alumínio e guardados sob refrigeração á 7 °C.

As favas do *P. emarginatus* (Figura 7) foram coletadas no mês de setembro de 2020, na Universidade Federal do Tocantins Campus de Gurupi (nas coordenadas 11°74'6982"S

49°04'8518"W) 100 gramas de favas que foram lavadas com água e secas em temperatura ambiente de  $25 \pm 1$  °C. Foram trituradas em moinho de facas (liquidificador industrial de 4 litros) retirando uma pasta oleosa colocada em um extrator de óleo de alumínio e prensado a frio em prensa hidráulica de 10 toneladas até se retirar o extrato bruto (DENNI, 2002; MARTINS e SILVA, 2019).

Figura 7 - Extrato oleoso da fava de *Pterodon emarginatus* extração solvente orgânico



O extrato bruto e a torta formada do processo de prensagem foram transferidas para um Erlenmeyer de 500 ml e adicionado 250 ml de composto orgânico (acetona) e posteriormente filtrado duas vezes em papel filtro e agitado, constantemente, na temperatura ambiente para a evaporação do composto volátil, durante (7 dias) fornecendo o óleo das sementes denominado extrato bruto (EB), (CHAGAS *et al.*, 2017; LAFONT e PORTACIO, 2011; LIMA *et al.*, 2000; SANTOS, 2017).

As amêndoas de castanhas de caju *A. occidentale* (Figura 8A e 8B) e o *A. humile* foram coletadas na região sul do estado do Tocantins na cidade de Gurupi nas coordenadas (11°74'0146"S 49°1873"W), ambos no mês de dezembro de 2020. Após sua queda, 500g de cada material foi separado e deixado secando por três dias a temperatura ambiente de  $29 \pm 1$  °C.

Figura 8 – Extrato oleoso da castanha de *A. occidentale* (A) e *A. humile* (B)



Após a retirada de 100 gramas do material, foram batidas em moinho de facas (liquidificador industrial de 4 litros) até se formar uma pasta homogênea, transferidas cada um para um Erlenmeyer de 500 ml e adicionado 250 ml de solvente orgânico (acetona), posteriormente, filtrado duas vezes em papel filtro e agitado, constantemente, na temperatura ambiente para a evaporação do composto volátil, durante 7 dias fornecendo o óleo das sementes denominado extrato bruto (EB) ou extrato oleoso, acondicionados em recipientes devidamente cobertos com papel alumínio e guardados na geladeira á 7 °C. (CHAGAS *et al.*, 2017; LAFONT e PORTACIO, 2011; LIMA *et al.*, 2000).

O fruto com as semente de *C. brasiliense* cambes, foram coletado nas coordenadas(11°23'850"S 49°59'537"W), no período de abril de 2021, utilizando-se sementes verdes dispostas no chão, devidamente lavadas e acondicionadas e conduzidas ao laboratório, onde foram retiradas as cascas expondo as sementes que foram secas na temperatura ambiente de  $29 \pm 1$  °C por 15 dias (BERNABÉ-ANTONIO *et al.*, 2015) e, posteriormente, 100 g do material foram trituradas em moinho de facas (liquidificador industrial de 4 litros). A massa resultante foi acondicionada em um Erlenmeyer de 500 ml e adicionado 250 ml de composto orgânico (acetona). O extrato foi agitado, sistematicamente, durante 7 dias até que se evaporasse todo composto orgânico volátil e sobrasse um composto pastoso denominado extrato bruto, acondicionados em recipientes devidamente embalados com papel alumínio e guardados na geladeira á 7 °C (PLATTNER *et al.*, 1974).

### 2.2.3 *Análise de rendimento*

Os cálculos do rendimento em função da porcentagem foram realizados segundo a Equação 1 (GASPARIN *et al.*, 2014), com a relação ao ml de óleo coletado no processo por arrasto de vapor, óleo bruto ou extrato oleoso, pela massa em gramas da amostra multiplicada por cem. Para a análise de rendimento de óleo essencial, foi utilizada a fórmula (ALVES, 2020; ANDRADE *et al.*, 2015; GONÇALVES *et al.*, 2009; GURGEL, 2009):

(EQUAÇÃO 1)

$$R = \frac{V(\text{ml})}{M(\text{g})} \times 100$$

Em que:

R= rendimento do óleo essencial, óleo bruto ou extrato oleoso;

V= volume do óleo obtido (ml) X 100% (percentual);

M= massa do material vegetal (g).

### 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento dos óleos essenciais extraído com a técnica de hidrodestilação por arraste de vapor foram de 0,70 % para *S. glutinosa*, e 0,107 % para *A. glabra* (Tabela 1).

Na técnica de extração por prensa hidráulica e solvente orgânico *P. emarginatus* obteve rendimento de 19,25%. Os resultados para utilização de solvente orgânico nos extratos de *A. occidentale* com teor de 20,01%, *A. humile* 19,8% e *C. brasiliense* 15,2% respectivamente. Apesar da variação nos métodos de extração tanto dos óleos essenciais como do extrato bruto, o principal fator que foi explorado é a relação entre o processo de extração, os materiais envolvidos no processo e o rendimento de cada subproduto.

Tabela 1: Relação do processo de extração de cada vegetal em relação ao tipo de extração e a parte da planta utilizada e o rendimento (em %)

MATRIZ	METODOLOGIA	PARTE VEGETAL	RENDIMENTO ml*(%)/100g
<i>Annona glabra</i>	HAV	Fruto	0,107
<i>Anacardium occidentale</i>	SOL/OR	Castanha (noz)	20,01
<i>Anacardium humile</i>	SOL/OR	Castanha (noz)	19,8
<i>Calophyllum brasiliense</i>	SOL/OR	Semente	15,2
<i>Copaifera reticulata</i>	EBP	Caule	-
<i>Pterodon emarginatus</i>	PH/SO	Fava	19,25
<i>Swinglea glutinosa</i>	HAV	Fruto	0,70

**HAV**-hidrodestilação por arraste de vapor, **EBP**-extrato bruto (perfuração), **PH/SO**- prensa hidráulica, solvente orgânico (Extrato bruto), **PH/EXB**- prensa hidráulica (Extrato bruto) e **SOL/OR**- solvente orgânico.

O presente trabalho quantificou o rendimento na extração do composto bruto e essenciais em relação aos processos de rendimentos apresentados. O maior rendimento quantitativo foi do *A. occidentale* com 20,1%, seguido do *A. humile* com 19,80%, *P. emarginatus* 19,25% e *C. brasiliense* 15,02%. Os menores rendimentos observados foram da *S. glutinosa* 0,70% e *A. glabra* com 0,107%, pelo processo de hidrodestilação por arraste de vapor que envolve óleos essenciais extraídos de frutos.

Não foi levado em consideração os metabólicos secundários de cada elemento e sim, a parte vegetal aplicada na extração. Cada constituinte tem um fator de disponibilidade desses metabólicos e o quantitativo de extração apresentado por cada substrato altera seu rendimento bruto conforme a forma de extração empregada.

Na hidrodestilação por arraste de vapor na utilização de frutos, *S. glutinosa* obteve melhor rendimento que *A. glabra*, sendo que para *S. glutinosa* utilizou-se somente a casca e na *A. glabra* foram utilizados todo constituinte do fruto que demonstra partes celulares com maior quantitativo de estratos voláteis. Para Díaz *et al.* (2005) a polpa da casca da *S. glutinosa* tem

uma substância glutinosa que impede a separação do óleo contido nas glândulas do flavedo da fruta, foi atribuído a isso o rendimento de 0,20 % (p/p).

Durante o processo de amadurecimento dos frutos pode-se observar a diminuição das características odoríferas e visuais dos involúcros das glândulas do fruto. Tal fator foi também observado em Coronado *et al.* (2016). Murillo *et al.* (2018) destacam o rendimento por hidrodestilação 0,88 g / cm<sup>3</sup> das cascas do fruto, demonstrando que o maior quantitativo de óleo essencial está associado aos frutos maduros e ao material da entrecasca do mesmo.

Para Alves (2020) o resultado apresentado para a técnica de extração do óleo essencial após seis horas em arraste de vapor foi menor que em três horas em relação à decomposição do período de exposição ao aquecimento da casca de frutas cítricas. Fator observado na extração da *S. glutinosa*, que após o processo de ebulição se iniciar, já se pode observar com 30 minutos que a maior parte de óleo essencial na separação de fluído já estava presente no sobrenadante, e que a partir desse período, não teve aumento significativo do óleo.

De acordo com Can (2012), os frutos da *S. glutinosa* tiveram rendimento de 1,41% e das folhas foram 0,67%. Levando em consideração as estruturas características da casca do fruto com depósitos visíveis de óleo com grande volatilidade. Outros métodos de hidrodestilação obtiveram rendimento de 0,20 e 0,39% em casca de limão *S. glutinosa* pelo período de 2 horas. Em análise fitoquímica identificaram moléculas de  $\beta$ -Cubeben,  $\beta$ -Pino, Elixen,  $\beta$ -cariofileno,  $\beta$ -Felandrene,  $\alpha$ -Pino, D-Limoneno (DIAS, 2005; RÍOS *et al.*, 2017). Um rendimento de 0,2% extraídos da folha também foi relatado por Vera *et al.* (2014).

Para Jaramillo-Colorado *et al.* (2020) o óleo essencial na casca do fruto de *S. glutinosa* foi de 0,53%  $\mu\text{g. ml}^{-1}$  e os constituintes fitoquímicos foram; sesquiterpenos e também monoterpenos como limoneno. A diferença nos constituintes do óleo essencial em outras localidades pode estar relacionada em função das condições ecológicas, climáticas, altitude e intensidade de luz na composição dos metabólicos secundários produzidos.

Na extração do fruto da *A. glabra* o rendimento foi de 0,107 %, com a adoção de água deionizada como solvente natural no extrato sendo que foi utilizado o fruto verde. Após 60 minutos da ebulição da água observou-se a evaporação dos compostos voláteis através do sobrenadante caracterizado como um material incolor translúcido formado na lâmina de água do extrator. Em Gyesi *et al.* (2019) destacam o rendimento por arraste de vapor para *A. muricata* do fruto como sendo de 0,11 %. Santos *et al.* (1998) observou que frutos verdes apresentaram 75 % a mais de compostos majoritário que os maduros.

Em razão das formas de extração dos constituintes fitoquímicos espécie *A. glabra*, e as metodologias aplicadas para os frutos, sementes, raiz, caule e folhas foi observado no presente estudo uma dificuldade de padronização no processo de extração por arraste de vapor, evidenciando a necessidade de outros tipos de testes químicos com efeitos farmacológicos, ecológicos inseticidas entre outros (DE MENDONÇA, 2005; MATSUMOTO *et al.*, 2014; OHSAWA *et al.*, 1991).

Ainda de acordo com Santos *et al.* (1998) os componentes majoritários identificados em frutos de *A. glabra* foram os terpenóides entre eles,  $\alpha$ -pineno 18,5 %, limoneno 20,0 %, alfa-felandreno 21,0 % e (E)- $\beta$ -ocimeno 15,8 %, sendo que entre os frutos maduros e verdes não foi encontrado significância nas proporções relativas aos componentes. Chang *et al.* (1998) expõe novos compostos diterpenóides Kaurano, anoglabasina e anoglabasina com respectivos princípios ativos para inibição da transcriptase reversa do HIV. Também foi demonstrado por Hien *et al.* (2015) alguns constituintes dos frutos da *A. glabra* tais como acetogeninas, ent-kuranos, peptídeos e alcaloides utilizando solventes orgânicos.

O rendimento da *C. reticulata* não pode ser considerado em razão da dificuldade da coleta em relação a localização de árvores produtoras de óleo-resina, sendo obtido por parte de terceiros que comercializam o material em feiras da cidade como constituinte farmacológico.

Em relação à qualidade do material pode-se testar através de boa taxa de mortalidade em função dos testes realizados como efeito larvicida apresentado em outros capítulos.

Em aspectos socioeconômicos no extrativismo do óleo-resina de *C. reticulata* Da Silva *et al.* (2010a) analisa o potencial de extração de cada árvore em ordem do processo extrator como furo no tronco na altura em média de 80 cm concluído seu rendimento em até podendo render até 1 litro/árvore. Em Plowden (2003), foi registrado o rendimento do óleo resina na primeira colheita de três espécies de Copaifera de 0,007 litros por árvore, e 0,23 para as que já produzem. Outras espécies como *C. multijuga* apresenta maior potencial de extração de óleo-resina de 3,6 L/árvore, com média geral de 0,143 L/árvore (SOUZA e HIGUCHI, 2014).

De acordo com Silva (2019), foram identificados 23 compostos químicos do óleo resina da *C. reticulata*; composto majoritário  $\beta$ -cariofileno e o ácido cauranoico,  $\beta$ -bisaboleno,  $\alpha$ -humuleno e trans- $\alpha$ -Bergamoteno ressaltando que a variação sazonal não teve relevância nas amostras porem, entre os indivíduos coletados houve diferenciação na análise cromatográfica.

Já em Ferreira (2016) e Gomes *et al.* (2007), em análise qualitativa vibracional característicos do óleo-resina de copaíba obteve variação sazonal. Já para Martins *et al.* (2008) o tipo de solo e a época do ano não influenciam na produção dos óleos produzidos. Outros

processos de extração tal como arraste a vapor (hidrodestilação) foi utilizado por Domingues (2017) no óleo-resina de *C. reticulata* com a fração volátil obtendo um rendimento de 22,5 % no total do material extraído. Ele analisou também o efeito antiproliferático em células neoplásicas em que o óleo in-natura obteve melhor resultado em relação a ação da fração volátil.

O extrato bruto das favas de *P. emarginatus* indicam um rendimento de 19,25 %, em relação ao processo utilizado por maceração das células encapsuladas contendo o material oleoso, sendo que a técnica mais aceita, a prensagem com a formação de uma torta permaneceu com muito material incrustado, o que foi posteriormente dissolvido com o auxílio do solvente orgânico, aumentando ainda mais o rendimento extraído o maior quantitativo de extrato bruto. O processo de maceração com solvente orgânico também foi citado também em Santos (2017).

Em função do bom rendimento encontrado nas favas de sucupira demonstrou-se que o processo de prensagem e dissolução por um solvente orgânico, foi o mais eficiente no processo de extração. Os componentes químicos extraídos do fruto da sucupira obtiveram um rendimento melhor na extração utilizando-se CO<sub>2</sub> do que com a hidrosdestilação em (FAVARETO *et al.*, 2017). Visto também em Bezerra e Souto (2016), que pela dificuldade de emulsão do óleo em água foi desenvolvido a técnica por nanoemulsão do tipo óleo em água com rendimento de 2,29 % (m/m). Frações hexânicas por arraste de vapor da sucupira teve rendimento de 3,9 % (p/p) (DUTRA *et al.*, 2012.). De 1,25 % (m/v) em (FERREIRA *et al.*, 2014). Alves *et al.* (2012) ressaltam que no mesmo processo por arraste de vapor obteve o rendimento de 1,66 % (V/P).

O rendimento do óleo essencial das folhas de sucupira foi de 2%, sendo que nesse estudo o autor relatou que foi maior que das sementes também com óleos essenciais (MARTINS e MURAISHI, 2019).

Alguns compostos foram identificados no óleo bruto das favas de *P. emarginatus* os terpenos majoritários  $\beta$ -cariofileno,  $\alpha$ -humuleno, germacreno-D, Delta-cadineno, betaelemeno e  $\alpha$ -copaeno, sendo que a fração volátil apresentada no mesmo trabalho demonstra uma semelhança qualitativa em relação aos dois processos de extração (ALVES *et al.*, 2013; BEZERRA e SOUTO, 2016; COSTA-SINGH e JORGE, 2019; CRUZ, 2018; FAVARETO *et al.*, 2017; RIBEIRO *et al.*, 2015).

O óleo bruto da castanha tanto do *A. occidentale* com rendimento de 20,01 %, quanto do *A. humile* com 19,08 % pode-se observar que nas tentativas de prensagem hidráulica não se conseguiu extrair uma quantidade significativa do material em função do alto grau de coesão das moléculas do óleo tendo um aspecto pastoso, sendo que o processo avaliado com melhor rendimento foi por solventes orgânicos que conseguiu dissolver todo material das castanhas

trituras. Também foi descartada a possibilidade da utilização do material por meio da extração tradicional pela torra da castanha para que se obtivesse todo constituinte químico do material sem as alterações feitas no processo térmico.

Barbosa (2008), extraiu seu material utilizando a separação por duas fazes com as folhas frescas de *A. humile* triturando e, posteriormente, centrifugando e liofilizando o material sobrenadante. Foram feitas tentativas com hidrodestilação por arraste de vapor com folhas verdes e secas em *A. humile* por duas horas sem sucesso na obtenção de óleos essenciais.

Não foram encontrados muitos trabalhos que referenciassem a espécie *A. humile* até o momento, em razão do seu potencial exploratório sugerindo que por conta do seu tamanho em comparação do *A. occidentale* não tenha despertado tanto interesse comercial e exploratório.

No estudo feito por Lafonte e Portacio (2011), eles relatam o rendimento 97,78 %. De extração com solvente orgânico (n-hexano), no óleo da castanha do *A. occidentale* aplicando os dois métodos também utilizados nesse presente trabalho como a prensagem e a utilização de um solvente orgânico, obtiveram valores de rendimento somente utilizando a prensagem 68,12 %, deixando clara a importância da utilização desse solvente orgânico. Fatores esses observados na presente pesquisa, pela pastosidade do material no processo de prensagem tanto para *A. occidentale* como para *A. humile*.

Em Chagas *et al.* (2017), ressaltam que a mistura binária acetona-metanol apresentou o melhor resultado de rendimento 4,92 % para o metanol, rendimento 4,31 % em extração por solventes orgânicos em folhas de *A. occidentale* eles ressaltam também que a mistura binária de acetona e metanos foi o principal responsável pelo aumento do teor de sólidos de extratos.

Lima *et al.* (2018) fizeram um levantamento de rendimentos de extração de óleos da castanha de caju considerando o processo industrial, identificando processo por prensagem em 68 %, e utilizando éter de petróleo 86 %, (soxhlet) com acetato de etila de 55 %.

De Andrade Porto *et al.* (2013), resalta a composição majoritária do líquido da castanha de caju de *A. occidentale* como ácido anacárdico em 69 % com dosagens letais contra *A. aegypti* de 0,013 %. A variação entre o processo de prensagem que ficou entre 26 a 34 % g/100g, e a utilização de solvente orgânico juntamente com a prensagem demonstrou o potencial da utilização das duas técnicas para Cavalcante (2014). Valores que se aproximam da extração feita nesse estudo.

O rendimento do *C. brasiliense* foi de 15,02 %, proporção essa retirada da semente, que se mostrou bem eficiente em relação ao quantitativo de óleo extraído, sendo que as sementes foram secas na temperatura ambiente por duas semanas.

Em Plattner *et al.* (1974) o processo de extração de óleo de sementes de *C. brasiliense* utilizando solvente orgânico obteve um rendimento de 60 % de óleo. Sementes obtiveram um teor de óleo de 58,2 % sendo ácido linoleico 41,3 % com propriedades físicoquímicas específicas para produção de biocombustíveis (BERNABÉ-ANTONIO *et al.*, 2015).

Em Reyes-Chilpa *et al.* (2004), testaram extrato de folhas de *C. brasiliense* em diferentes concentrações e solventes orgânicos para separação de compostos como friedelina, canofilol, cumarinas, mammea A / BB, biflavonóide amentoflavona, isomameigina e ácido protocatecuico, testados com DMSO em concentrações máximas. Efeito também observado na dissolução no presente trabalho que dificultou a concentração normal de DMSO.

A utilização de solvente orgânicos como hexano, acetona e éter em contato com o soluto difunde o solvente de fase líquida resultando a separação, segundo o autor independente da metodologia aplicada não observou alterações físicoquímicas dos óleos legitimando a qualidade das técnicas (CARVALHO, 2011).

Em Três *et al.* (2007) também citam a relação dos solventes orgânicos puros como; etanol, acetona, acetato de etila e diclorometano auxiliando na solubilidade em razão da temperatura.

Neste contexto, Queiroz *et al.* (2001) destacam que as vantagens da separação por solventes estão no número de solventes disponíveis para uma melhor solubilidade e também desvantagens, como impurezas na amostra ou até mesmo a toxicidades do solvente, mas que também tem a facilidade de manuseio e a rapidez no preparo das soluções.

Foram observados a facilidade da extração com solvente orgânico utilizado no estudo, que teve emulsificação rápida das substâncias em detrimento a outras técnicas testadas como a de prensagem a frio, que deixava na torta resultante grande quantidade de material preso na superfície prensada.

Entre a comparação dos rendimentos dos extratos-bruto, hidrodestilação e das coletas de óleos naturais, a técnica de solvente orgânico obteve maior resultado quantitativo de extração em função da facilidade de inoculação do solvente e sua posterior evaporação, deixando a amostra após ser filtrada um óleo com tonalidade límpida.

## 2.4 CONCLUSÕES

O rendimento variou nas extrações de óleos essenciais, óleo bruto ou extrato oleoso nos métodos utilizados nesse estudo sendo que a extração por solvente orgânico teve melhores resultados em relação por arraste de vapor.

Os melhores rendimentos foram das espécies *A. occidentale* e *A. humile*, utilizando a castanha no processo quantitativo e também pela facilidade de extração demonstrada na técnica, preservando parte das características físicas do óleo.

Estudos posteriores se fazem necessários para a exploração dos constituintes bioativos e majoritários dessas espécies em questão para a aplicação desses elementos tanto quantitativos como qualitativos em ensaios biológicos de controle.

## 2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, S. F. **Estudo da composição química, de atividades biológicas e microencapsulação do óleo essencial dos frutos de *Pterodon emarginatus* Vogel-Fabaceae ("sucupira")**. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde - Farmácia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

ALVES, S. F.; BORGES, L. L.; DE PAULA, J. A.; VIEIRA, R. F.; FERRI, P. H.; COUTO, R. O. D.; BARA, M. T. F. Chemical variability of the essential oils from fruits of *Pterodon emarginatus* in the Brazilian Cerrado. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 23, n. 2, p. 224-229, 2013.

ALVES, I. M. Extração de óleo essencial a partir da casca de frutas cítricas pela destilação por arraste a vapor. In: VIII Semana da Responsabilidade Social e Extensão Universitária. 2020. Belo Horizonte. **V CONGRESSO INTERDISCIPLINAR DE PESQUISA, INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA**, Belo Horizonte, MG: 2020. p. 1-11.

ANDREO, D.; JORGE, N. Antioxidantes naturais: técnicas de extração. **B. do CEPPA**, v. 24, n. 2, p. 319-336, 2006.

BARBOSA, D. B. **Avaliação das atividades antimicrobiana, antioxidante e análise preliminar da mutagenicidade do extrato aquoso das folhas de *Anacardium humile* St. Hill. (Anacardiaceae)**. 2008. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

BERNABÉ-ANTONIO, A.; ÁLVAREZ-BERBER, LP; ÁLVAREZ-BERBER, F. Biological Importance of Phytochemicals from *Calophyllum brasiliense* Cambess. **Annual Research & Review in Biology**, v.4, n10, p. 1502-1517, 2014.

BERNABÉ-ANTONIO, A.; ÁLVAREZ, L.; SALCEDO-PÉREZ, E.; TORAL, F. L. D.; ANZALDO-HERNÁNDEZ, J.; CRUZ-SOSA, F. Fatty acid profile of intact plants of two different sites and callus cultures derived from seed and leaf explants of *Calophyllum brasiliense* Cambess: A new resource of non-edible oil. **Industrial Crops and Products**, v. 77, p. 1014-1019, 2015.

BEZERRA, D. C.; SOUTO, R. NP. Óleo essencial de *Pterodon emarginatus* como potencial matéria prima natural para o desenvolvimento de nanoemulsões larvicida. In: XXIV SIMPÓSIO DE PLANTAS MEDICINAIS DO BRASIL, 2016, Belo Horizonte. **Anais**, Belo Horizonte: 2016.

BIZZO, H. R.; HOVELL, A. C.; REZENDE, C. M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 588-594, 2009.

BORGES, D. I.; ALVES, E.; DE MORAES, M. B.; OLIVEIRA, D. F. Efeito de extratos e óleos essenciais de plantas na germinação de urediniósporos de *Phakopsora pachyrhizi*. **Revista brasileira de plantas medicinais**, v. 15, n. 3, p. 325-331, 2013.

CARVALHO, C. O. **Comparação entre métodos de extração do óleo de *Mauritia flexuosa* Lf (Arecaceae-buriti) para o uso sustentável na reserva de desenvolvimento tupé: rendimento e atividade antimicrobiana**. Dissertação - MBT Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Recursos Naturais da Amazônia, Manaus, 2011.

CARVALHO, R. D. S.; PINTO, J. F. N.; REIS, E. F. D.; SANTOS, S. C.; DIAS, L. A. D. S. Variabilidade genética de cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* ST. HILL.) Por meio de marcadores RAPD. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 1, p. 227-233, 2012.

CAVALCANTE, J. M. **Extração de alquilfenóis da casca, fenólicos da película e efeito do processamento industrial sobre constituintes da amêndoa de castanha de caju**. 2014. 101 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) -Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

CHAGAS, L.; RAMOS, R.; FERREIRA, M.; SOARES, L. APLICAÇÃO DE PLANEJAMENTO SIMPLEX CENTROIDE PARA PADRONIZAÇÃO DE SOLUÇÕES EXTRATIVAS DAS FOLHAS DE *ANACARDIUM OCCIDENTALE* L. In: 5º Encontro Brasileiro para Inovação Terapêutica. 2017, Campinas, **Anais**. Campinas: Galoá, 2017. p. 323-326.

CHANG, F. R.; YANG, P. Y.; LIN, J. Y.; LEE, K. H.; WU, Y. C. Bioactive kaurane diterpenoids from *Annona glabra*. **Journal of natural products**, v. 61, n. 4, p. 437-439, 1998.

CORONADO, L. E. S.; PATERNINA, G. A.; ACOSTA, S. E.; BERMÚDEZ, A. A. Extracción y caracterización de pectinas a partir del fruto de Limón Swinglea (*Swinglea glutinosa*). **Revista Sennova: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación**, v. 2, n. 1, p. 70-83, 2016.

COSTA-SINGH, T.; JORGE, N. Characterization of Seed Oils of *Pterodon emarginatus* Vogel (Sucupira) Obtained by Different Extraction Methods. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 62, p. 3-11, 2019.

CRUZ, S. A. B. **AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE TÓXICA E DO PERFIL FITOQUÍMICO DE DUAS ESPÉCIES DA FAMÍLIA FABACEAE: BOWDICHIA VIRGILIOIDES KUNTH E PTERODON EMARGINATUS VOGEL**. 2016. 56 f. Trabalho de conclusão de curso de Licenciatura em Química - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Anápolis, 2018.

DA SILVA, E. N.; DE SANTANA, A. C.; DA SILVA, I. M.; DE OLIVEIRA, C. M. Aspectos socioeconômicos da produção extrativista de óleos de andiroba e de copaíba na floresta nacional do Tapajós, Estado do Pará. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 53, n. 1, p. 12-23, 2010.

DE ANDRADE PORTO, K. R.; ROEL, A. R.; MACHADO, A. A.; CARDOSO, C. A. L.; DE OLIVEIRA, J. M. Atividade inseticida do líquido da castanha de caju sobre larvas de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 11, n. 4, 2013.

DE MENDONÇA, F. A.; DA SILVA, K. F. S.; DOS SANTOS, K. K.; JÚNIOR, K. R.; SANT'ANA, A. E. G. Activities of some Brazilian plants against larvae of the mosquito *Aedes aegypti*. **Fitoterapia**, v. 76, n. 7-8, p. 629-636, 2005.

DE MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 2009, Águas de Lindóia, **Anais**, Brasília, DF: Embrapa, 2009, p. S3299-S3302.

DE OLIVEIRA C. D. S. SEMENTES DE BARU (*Dipteryx alata* Vog.). **Conexão Eletrônica – Três Lagoas, MS – v. 12, 2015.**

DE PINHO, A. P. S.; SOUZA, A. F. Extração e caracterização do óleo de coco (*Cocos nucifera* L.). **Biológicas & Saúde**, v. 8, n. 26, 2018.

DE REZENDE, F. M.; ROSADO, D.; MOREIRA, F. A.; DE CARVALHO, W. R. S. Vias de síntese de metabólitos secundários em plantas. In: HIDALGO, E. M. P. (Org.). **VI Botânica no Inverno 2016**. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2016. p. 93-104.

DÍAZ, C.; PATERNINA, G. S. A.; ORTEGA, F.; GAVIRIA, J. Caracterización del aceite esencial en la corteza del limón Swinglea (*Swinglea glutinosa*) por CG/EM. **Temas Agrarios**, v. 10, n. 1, p. 22-28, 2005.

DOMINGUES, P. S. **Estudo do efeito antitumoral do óleo de *Copaifera reticulata* Ducke e sua fração resina em cultivo de células epiteliais cancerosas de pulmão de camundongo. 2017.** Dissertação (Mestrado em Patologia Experimental e Comparada) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, University of São Paulo, São Paulo, 2017.

DUTRA, R. C.; PITTELLA, F.; FERREIRA, A. S.; LARCHER, P.; FARIAS, R. E.; BARBOSA, N. R. Efeito cicatrizante das sementes de *Pterodon emarginatus* Vogel em modelos de úlceras dérmicas experimentais em coelhos. **Latin American Journal of Pharmacy**, v. 28, n. 3, p. 375-382, 2009.

DUTRA, R. C.; SILVA, P. S.; PITTELLA, F.; VICCINI, L. F.; LEITE, M. N.; RAPOSO, N. R. B. CARACTERIZAÇÃO FITOQUÍMICA E CITOGENÉTICA DAS SEMENTES DE *Pterodon emarginatus* VOGEL. **Revista Técnico Científica do IFSC**, v. 1, n. 2, p. 99, 2012.

FAVARETO, R., TEIXEIRA, M. B., SOARES, F. A. L., BELISÁRIO, C. M., CORAZZA, M. L., CARDOZO-FILHO, L. Study of the supercritical extraction of *Pterodon* fruits (Fabaceae). **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 128, p. 159-165, 2017.

FEITOSA, R. M.; DANTAS, R. D. L.; GOMES, W. C.; MARTINS, A. N. A.; ROCHA, A. P. T. Influência do método de extração no teor de óleo essencial de hortelã (*Mentha spicata* L.). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 4, p. 238-241, 2014.

FERREIRA, S. B.; DANTAS, I. C.; CATÃO, R. M. R. Avaliação da atividade antimicrobiana do óleo essencial de sucupira (*Pterodon emarginatus* Vogel). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 2, p. 225-230, 2014.

FERREIRA, L. D. S. **Caracterização do óleoresina de Copaíba (*Copaifera reticulata*) coletado sazonalmente na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Brasil**. 2016. 71 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia) - Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2016.

FILIPPIS, F. M. D. **Extração com CO<sub>2</sub> supercrítico de óleos essenciais de Hon-sho e Ho-sho: experimentos e modelagem**. 2001. Dissertação mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

GASPARIN, P. P.; ALVES, N. C. C.; CHRIST, D.; COELHO, S. R. M. Qualidade de folhas e rendimento de óleo essencial em hortelã pimenta (*Mentha x Piperita* L.) submetida ao processo de secagem em secador de leito fixo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 2, p. 337-344, 2014.

GYESI, J. N.; OPOKU, R.; BORQUAYE, L. S. Composição química, conteúdo fenólico total e atividades antioxidantes dos óleos essenciais das folhas e da polpa dos frutos de *Annona muricata* L. (Graviola) de Gana. **Biochemistry Research International**, v. 2019, 2019.

GOMES, N. M.; REZENDE, C. M.; FONTES, S. P.; MATHEUS, M. E.; FERNANDES, P. D. Antinociceptive activity of Amazonian Copaiba oils. **Journal of ethnopharmacology**, v. 109, n. 3, p. 486-492, 2007.

GONÇALVES, G. G.; MANCINELLI, R. C.; DE MORAIS, L. A. S. Influência do horário de corte no rendimento de óleo essencial de alfavaquinha e alecrim. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 49, 2009, Águas de Lindóia, SP. **Anais**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2009. p. S108-S112.

GURGEL, E. S. C. **Morfoanatomia, perfil químico e atividade alelopática de três espécies de *Copaifera* L. (Leguminosae Caesalpinioideae) nativas da Amazônia**. 2009. Tese (Doutorado em Fisiologia vegetal, Fitogeografia, Sistemática e Taxonomia vegetal, Botânica aplicada, Biologia vege) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2009.

HIEN, N. T. T.; NHIEM, N. X.; YEN, D. T. H.; HANG, D. T. T.; TAI, B. H.; QUANG, T. H.; KIM, Y. H. Chemical constituents of the *Annona glabra* fruit and their cytotoxic activity. **Pharmaceutical biology**, v. 53, n. 11, p. 1602-1607, 2015.

JARAMILLO-COLORADO, B. E.; PALACIO-HERRERA, F. M.; DUARTE-RESTREPO, E. Antioxidant and biological activities of essential oil from Colombian Swinglea glutinosa (Blanco) Merr fruit. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 42, p. e51639-e51639, 2020.

LAFONT, J. J.; PORTACIO, A. A. Extracción y caracterización fisicoquímica del aceite de la semilla (almendra) del marañón (*Anacardium occidentale* L). **Información tecnológica**, v. 22, n. 1, p. 51-58, 2011.

LAMEIRA, O. A.; DE OLIVEIRA, E. C. P.; ZOGHBI, M. Identificação da época de coleta do óleo de copaíba (*Copaifera* sp.) no município de Moju-PA. In: Horticultura Brasileira,

2005, Brasília. **Embrapa Amazônia Oriental-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. Brasília, DF: Embrapa, 2005. p. 495.

LEANDRO, L. M.; DE SOUSA VARGAS, F.; BARBOSA, P. C. S.; NEVES, J. K. O.; DA SILVA, J. A.; VEIGA-JUNIOR, D.; FLORÊNCIO, V. Chemistry and biological activities of terpenoids from copaiba (*Copaifera* spp.) oleoresins. **Molecules**, v. 17, n. 4, p. 3866-3889, 2012.

LIMA, C. A. A.; PASTORE, G. M.; LIMA, E. D. P. de A. Estudo da atividade antimicrobiana dos ácidos anacárdicos do óleo da casca da castanha de caju (CNSL) dos clones de cajueiro-anão-precoce CCP-76 e CCP-09 em cinco estágios de maturação sobre microrganismos da cavidade bucal. **Food Science and Technology**, v. 20, n. 3, p. 358-362, 2000.

LIMA, J. R.; PINTO, G. A. S.; MAGALHAES, H. C. R. Óleo da amêndoa de castanha-de-caju: métodos de extração. **Embrapa Agroindústria Tropical-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, Fortaleza, p. 4-11, 2018. 1 ed.

MACHADO, R.B.; RAMOS NETO, M.B.; PEREIRA, P.G.P.; CALDAS, E.F.; GONÇALVES, D.A.; SANTOS, N.S.; TABOR, K.; STEININGER, M. Estimativa de perda de área no Cerrado brasileiro. **Relatório técnico não publicado**. Brasília; DF, Conservação Internacional, 2004. p. 2-6.

MARANGONI, C.; DE MOURA, N. F.; GARCIA, F. R. M. UTILIZAÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS E EXTRATOS DE PLANTAS NO CONTROLE DE INSETOS. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 6, n. 2, p. 92-112, 2013.

MARTINS, K.; SILVA, M., RUIZ, R.; DE ARAÚJO, E. A.; WADT, L. D. O. Produção de oleoresina Anaide copaíba (*copaifera* spp.) no Acre. In: SEMINÁRIO MANEJO SUSTENTÁVEL DE PRODUTOS FLORESTAIS NÃO-MADEIREIROS NA AMAZÔNIA, 1, 2008, Rio Branco, AC. **Anais**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2008. p. 131-142.

MARTINS, W. S.; MURAISHI, C. T. ASPECTOS BIOMÉTRICOS, GRAU DE UMIDADE EM SEMENTES DE SUCUPIRA E DETERMINAÇÃO DO EFEITO FUNGITÓXICO DO SEU ÓLEO ESSENCIAL. **Revista Integralização Universitária**, n. 20, p. 17-24, 2019.

MATSUMOTO, S.; VARELA, R. M.; PALMA, M.; MOLINILLO, J. M.; LIMA, I. S.; BARROSO, C. G.; MACÍAS, F. A. Bio-guided optimization of the ultrasound-assisted extraction of compounds from *Annona glabra* L. leaves using the etiolated wheat coleoptile bioassay. **Ultrasonics sonochemistry**, v. 21, n. 4, p. 1578-1584, 2014.

MURILLO, E.; CORREA-CALEÑO, J.; CERQUERA-OSPINA, C. MÉNDEZ-ARTEAGA, J. Potencial antimicrobiano y citotóxico del aceite esencial de *Citrus aurantium* Engl (naranja agria) y *Swinglea glutinosa* Merr (limón de cerco). **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 23, n. 3, 2018.

NASCIMENTO, P. F.; NASCIMENTO, A. C.; RODRIGUES, C. S.; ANTONIOLLI, Â. R.; SANTOS, P. O.; BARBOSA JÚNIOR, A. M.; TRINDADE, R. C. Atividade antimicrobiana dos óleos essenciais: uma abordagem multifatorial dos métodos. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, n. 1, p. 108-113, 2007.

OHSAWA, K.; ATSUZAWA, S.; MITSUI, T.; YAMAMOTO, I. Isolation and insecticidal activity of three acetogenins from seeds of pond apple, *Annona glabra* L. **Journal of Pesticide Science**, v. 16, n. 1, p. 93-96, 1991.

OLIVEIRA, M. M. M.; BRUGNERA, D. F.; CARDOSO, M. G.; GUIMARÃES, L. G. L.; PICCOLI, R. H. Rendimento, composição química e atividade antilisterial de óleos essenciais de espécies de *Cymbopogon*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. 1, p. 08-16, 2011.

OLIVEIRA, A. I. T.; ALEXANDRE, G. P.; MAHMOUD, T. S. Babaçu (*Orbignya* sp): Caracterização física de frutos e utilização de solventes orgânicos para extração de óleo. **BBR-Biochemistry and Biotechnology Reports**, v. 2, n. 3esp, p. 126-129, 2013.

PALSIKOWSKI, P. A. Avaliação de métodos de extração de compostos bioativos das folhas de Pata de vaca (*Bauhinia forficata* subespécie pruinosa). 2020. 153 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2020.

PLATTNER, R. D.; SPENCER, G. F.; WEISLEDER, D.; KLEIMAN, R. Chromanone acids in *Calophyllum brasiliense* seed oil. **Phytochemistry**, v. 13, n. 11, p. 2597-2602, 1974.

PLOWDEN, C. Production ecology of copaíba (*Copaifera* spp.) oleoresin in the eastern Brazilian Amazon. **Economic Botany**, v. 57, n. 4, p. 491-501, 2003.

QUEIROZ, S. C. N.; COLLINS, C. H.; COLLINS, I. C. S. F. Métodos de extração e/ou concentração de compostos encontrados em fluidos biológicos para posterior determinação cromatográfica. **Química Nova**, v. 24, n. 1, p. 68-76, 2001.

RAMOS, B. D. A. **Efeito antioxidante e antibiofilme de extratos ricos em compostos fenólicos de folhas de *Anacardium humile* A. St.-HIL (*Anacardiaceae*)**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2017.

RIBEIRO, S. R.; WAGNER, R.; KLEIN, B.; DENARDIN, C.; DAL FORNO, A.; AVILA, D. CARACTERIZAÇÃO DOS COMPOSTOS VOLÁTEIS DO ÓLEO BRUTO DA SUCUPIRA (*Pterodon emarginatus*). In: 5º Simpósio de Segurança Alimentar – Alimentação e Saúde, 2015, Bento Gonçalves. **Anais**. Bento Gonçalves, 2015.

RÍOS, N.; STASHENKO, E. E.; DUQUE, J. E. Evaluation of the insecticidal activity of essential oils and their mixtures against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 61, n. 4, p. 307-311, 2017.

RODRIGUES, F.; PIMENTA, V.; BRAGA, K. M.; ARAÚJO, E. Obtenção de extratos de plantas do cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 23, 2016.

SANTOS, A. S.; ANDRADE, E. H. D. A.; ZOGHBI, M. D. G. B.; MAIA, J. G. S. Volatile constituents of fruits of *Annona glabra* L. from Brazil. **Flavour and fragrance journal**, v. 13, n. 3, p. 148-150, 1998.

SANTOS, A. S.; ALVES, S. D. M.; FIGUEIREDO, F. J. C.; DA ROCHA NETO, O. G. Descrição de sistema e de métodos de extração de óleos essenciais e determinação de umidade de biomassa em laboratório. **Embrapa Amazônia Oriental-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, v. 99, p.1-6, 2004.

SANTOS, E. D. S. **Otimização de um método extrativo a partir dos frutos de *Pterodon pubescens* BENTH. Com vistas a obtenção de extratos e formulações com atividade antileishmania.** 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2017.

SILVA, A. A. S.; ALEXANDRE, J. B.; VIEIRA, L. G.; RODRIGUES, S. P.; FALCÃO, M. J. C.; DE MORAIS, S. M. Estudo fitoquímico e atividades leishmanicida, anticolinesterásica e antioxidante de extratos de *Annona glabra* L. (araticum panã). **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 36, n. 2, 2015.

SILVA, J. E. A. **Caracterização química, avaliação antimicrobiana e o desenvolvimento de uma formulação com o óleo de *Copaifera reticulata* Ducke.** 2019. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Oeste do Pará. Santarém, 2019.

SILVEIRA, J. C.; BUSATO, N.; COSTA, A.; JUNIOR, E. C. Levantamento e análise de métodos de extração de óleos essenciais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, 2012.

TISCHER, B. **AVALIAÇÃO DO EFEITO DE DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM, MOAGEM E EXTRAÇÃO NO ÓLEO ESSENCIAL DE *Baccharis articulata* (Lam.) Pers.** 2014. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

TRÊS, M. V.; FRANCHESCHI, E.; BORGES, G. R.; DARIVA, C., CORAZZA, F. D. C.; OLIVEIRA, J. V.; CORAZZA, M. L. Influência da temperatura na solubilidade de beta-caroteno em solventes orgânicos à pressão ambiente. **Food Science and Technology**, v. 27, n. 4, p. 737-743, 2007.

VERA, S. S.; ZAMBRANO, D. F.; MÉNDEZ-SANCHEZ, S. C.; RODRÍGUEZ-SANABRIA, F.; STASHENKO, E. E.; LUNA, J. E. D. Óleos essenciais com atividade inseticida contra larvas de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Parasitology Research**, v. 113, n. 7, p. 2647-2654, 2014.

### 3 ATIVIDADE LARVICIDA DE EXTRATOS VEGETAIS NO CONTROLE DE MOSQUITOS (*Aedes aegypti*) EXTRAÍDOS DE PLANTAS DO CERRADO BRASILEIRO

#### RESUMO

Algumas espécies vegetais providas dos recursos florestais, possuem grandes quantidades de compostos orgânicos também conhecidos como metabólitos secundários que possuem uma distribuição restrita no reino vegetal. Plantas do cerrado brasileiro ou de fauna exótica, possuem efeitos larvicida e inseticida pela utilização dos terpenos ou terpenoides geralmente insolúveis em água atuando como toxinas ou repelentes contra insetos vetores de doenças tropicais. Desta forma o presente estudo teve como objetivo analisar a concentração letal LC<sub>50</sub> e LC<sub>90</sub> de óleos essenciais e óleo extrato bruto, das espécies: *Annona glabra* L, *Anacardium occidentale* L., *Anacardium humile* St Hill, *Calophyllum brasiliense* Cambess, *Copaifera reticulata* Ducke, *Pterodon emarginatus* Vogel e *Swinglea glutinosa* Merr. O óleo foi obtido pela extração por arraste de vapor tipo Clevenger, prensagem hidráulica, extração por solvente e perfuração. No bioensaio foi utilizado larvas de terceiro *instar* de *Aedes aegypti* em diferentes concentrações de óleo diluídos com Dimetilsulfóxido (DMSO). A análise estatística dos dados foi realizada pela regressão linear que determinou os valores de LC<sub>50</sub> e LC<sub>90</sub>. Os óleos que apresentaram maior potencial larvicida foram *Anacardium humile* com LC<sub>50</sub> 10,81 ppm e LC<sub>90</sub> 14,16 ppm e o segundo foi o *Anacardium occidentale* LC<sub>50</sub> 12,08 ppm e LC<sub>90</sub> 17,84 ppm. Os resultados demonstram que todos os componentes avaliados apresentam um potencial de letalidade para culicídeos, sendo que o óleo com o melhor resultado para concentração letal é *Anacardium humile*, concluindo que a concentração letal requer mais estudos da composição molecular de seus metabólitos majoritários separadamente.

**Palavras chaves:** Culicídeos; metabólitos secundários; controle biológico.

### LARVICIDE ACTIVITY OF VEGETABLE EXTRACTS IN THE CONTROL OF MOSQUITOES (*Aedes aegypti*) EXTRACTED FROM BRAZILIAN CERRADO PLANTS

#### ABSTRACT

Some plant species from forest resources have large amounts of organic compounds also known as secondary metabolites that have a restricted distribution in the plant kingdom. Plants from the Brazilian cerrado or from exotic fauna have larvicidal and insecticidal effects due to the use of terpenes or terpenoids generally insoluble in water, acting as toxins or repellents against insect vectors of tropical diseases. Thus, the present study aimed to analyze the lethal concentration LC<sub>50</sub> and LC<sub>90</sub> of essential oils and crude extract oil, of the species: *Annona glabra* L, *Anacardium occidentale* L., *Anacardium humile* St Hill, *Calophyllum brasiliense* Cambess, *Copaifera reticulata* Ducke, *Pterodon emarginatus* Vogel and *Swinglea glutinosa* Merr. The oil was obtained by Clevenger-type steam drag extraction, hydraulic pressing, solvent extraction and drilling. In the bioassay, third instar larvae of *Aedes aegypti* were used in different concentrations of oil diluted with Dimethylsulfoxide (DMSO). Statistical analysis of data was performed by linear regression that determined the LC<sub>50</sub> and LC<sub>90</sub> values. The oils

that showed the greatest larvicidal potential were *Anacardium humile* with LC<sub>50</sub> 10.81 ppm and LC<sub>90</sub> 14.16 ppm and the second was *Anacardium occidentale* LC<sub>50</sub> 12.08 ppm and LC<sub>90</sub> 17.84 ppm. The results demonstrate that all components evaluated have a potential for lethality for Culicids, and the oil with the best result for lethal concentration is *Anacardium humile*, concluding that the lethal concentration requires further studies of the molecular composition of its major metabolics separately.

**Keywords:** Culicids; secondary metabolics; biological control.

### 3.1 INTRODUÇÃO

Os recursos florestais necessários para satisfazerem algumas das necessidades humanas estão relacionados com a extração ou exploração de plantas e com a obtenção de diferentes produtos bioativos. A demanda por recursos alternativos tais como alimentos, insumos para indústrias agroquímicas, farmacêuticas e combustíveis, aumenta também a necessidade da pesquisa por fontes renováveis que se regenerem de forma rápida e efetiva (ZANI *et al.*, 2013).

Substâncias bioativas extraídas de plantas tem grande potencial para o desenvolvimento de produtos comerciais (BRANDÃO *et al.*, 2014). Vários compostos metabólicos têm sido estudados tais como: fenóis, taninos, esteroides, flavonoides e outros metabólicos secundários com atividade contra insetos, bactérias fungos agindo como antibióticos naturais (DE BESSA *et al.*, 2013; KNAAK, 2010).

Uma das utilizações que comprometem minimamente os recursos florestais é a extração de óleos essenciais. Sua forma de armazenamento, após sua sintetização está nos tricomas glandulares, cavidades secretoras em forma de gotículas em partes aéreas como caules, folhas frutos e flores em cascas ou gomos, e raízes das partes vegetais (FAHN, 2000).

O processo metabólico leva em conta a qualidade e a quantidade de recursos disponíveis, composições de clima, solo idade do vegetal a parte específica que contém a melhor forma de extração. Para Stashenko e Martínez (2019), metabólicos secundários desempenham um papel de sobrevivência da planta em diferentes mecanismos e podem atuar, naturalmente, no controle biológico de animais vetores de doenças tropicais, utilizando recursos disponíveis em cada região como meios artificiais ou alternativos levando a um controle efetivo por repelência ou eliminação do vetor.

Os insetos artrópodes compõem um grande grupo do reino animal com importância econômica médica cultural e presença em fatores históricos da humanidade, como pragas agrícolas e vetores patológicos de epidemias em vários locais (ROMANO, 2016). Os mosquitos (Díptera: Culicidae) têm causado graves problemas para saúde humana e animal em vários locais do mundo, participando como vetores e parasitas de organismos patogênicos como

malária, dengue, filariose, vírus, zika, chikungunya, doença de chagas e outras patologias em vários locais e suas endemias específicas (GOVINDARAJAN e BENELLI, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Alguns mosquitos vetores de patógenos, tanto de humanos quanto veterinários causam grande morbidade e mortalidade com consequências econômicas de saúde pública em regiões endêmicas (PAVELA, 20015a). Produtos não tão comuns como querosene, óleo cru, gasolina ou diesel eram utilizados nas décadas de 30 e 40 como larvicidas de *Anopheles* (GAMBIAE *et al.*, 1988).

Para Cetin *et al.* (2011), o controle populacional de mosquitos no estágio aquático é eficaz pela concentração de indivíduos e limitação do espaço de locomoção. Processos evolutivos entre os insetos e plantas propiciaram de defesas químicas em amplitude a compostos específicos de cada indivíduo, interagindo de maneira singular em casa espécie (RYAN e BYRNE, 1988). Compostos químicos produzidos por plantas podem ser utilizados em composição da medicina alternativa, protetiva em relação à interação meio ambiente e composição biológica do meio que se amplia em relação à interação cultural do meio.

Para Pavela (2015b), os inseticidas sintéticos têm mostrado efeitos negativos em relação à saúde pública e ao meio ambiente sendo que alternativas mais viáveis para essa proteção contra insetos são atualmente estudadas através da implementação de óleos essenciais. Em Cabral (2015) ressalta a suscetibilidade e resistência de mosquitos da dengue com inseticidas sintéticos em função do uso contínuo do produto. Conceituando a resistência à inseticidas, alguns organismos toleram doses em condições normais desencadeando seleções forçadas e modificações genéticas (SANTOS, 2015). Buscando minimizar riscos à saúde humana e a diminuição de resíduos nocivos, no tocante ambiental, os produtos biodegradáveis têm atraído um novo tipo de consumidor na busca de artigos de origem vegetal (SUTTHANONT *et al.*, 2010).

A obtenção desses metabólitos pode ser de maneira extrativista, ecologicamente viável em função da região em que ele será incrementado e podendo ser uma fonte de renda viável para pequenos grupos populacionais. O baixo poder aquisitivo de pequenos produtores não permite dispor de tecnologias avançadas de extração desses metabólicos, mas é importante desenvolver uma linha de agregação de valores econômicos ao processo rural para a utilização desses óleos na sua cadeia produtiva (STASHENKO e MARTÍNEZ 2019). Fatores ambientais devem ser analisados nos processos produtivos de cada unidade vegetal em locais em que o extrativismo dos recursos vegetais é aplicado na produção florestal.

O papel dos óleos essenciais como matéria prima para indústrias alimentícias, fármacos, cosméticos e afins gera uma forma de se atuar em prol de uma utilização racional dos constituintes químicos presentes em sua estrutura vegetal (MORAIS, 2009). Os óleos essenciais têm efeito importante em processos de proteção de plantas como antibacterianos, antivirais e antifúngicos repelindo, naturalmente insetos e herbívoros ou de forma antagônica como atrativo de dispersores de sementes ou polens (BAKKALI *et al.*, 2008).

Os óleos essenciais de plantas têm sido de interesse no desenvolvimento de produtos químicos mais ecológicos e possíveis alternativas aos inseticidas convencionais (ISMAN, 2006). Esses produtos químicos são considerados mais específicos para pragas de insetos, prontamente degradáveis após a aplicação e, conseqüentemente, não se bioacumulam no ecossistema. Portanto, a exploração de tais produtos químicos amigáveis ao meio ambiente oferece uma chance para o desenvolvimento de novos e melhores inseticidas (VASANTHA-SRINIVASAN *et al.*, 2016).

Em Airoidi *et al.* (2018), são apresentadas várias propriedades inseticidas para controle de vetores e plantas como aroeira-vermelha, cedro-rosa e cravo-da-índia e o chá concentrado da samambaia como recurso mais ecológico em relação aos inseticidas industriais. Segundo Mota *et al.* (2013), as espécies do gênero *Piper* que tem características aromáticas e sabor picante apresentaram ótimos resultados no efeito larvicida em espécies como *Culex quinquefasciatus*. Plantas do cerrado brasileiro, como cajuzinho (*Anacardium humile*) confirma efeitos larvicidas em *A. aegypti* demonstrando o potencial satisfatório como larvicidas alternativos diminuindo os problemas com resistência de espécies e toxicidade ambiental (PORTO *et al.*, 2008; ZAHRAN *et al.*, 2017).

No processo biológico do controle de vetores de doenças o manejo das fontes larval tem disponibilizado o manejo duplo em combater os insetos que picam ao ar livre e também a forma larval do inseto (FILLINGER e LINDSAY, 2011). Por esse motivo identificar os habitats larvais e seu manejo adequado ajudará no possível controle da fauna em questão diminuindo os riscos de contaminações conseqüentes em relação a vetores de doenças (KENNAN, 1910).

Áreas propícias a ovoposição dos mosquitos vetores podem estar relacionadas com o a disponibilidade de água, chuva, inundações conseqüentes ou repentinas, níveis de saneamento básico e de limpeza como a coleta de lixo ou simplesmente cursos de água em uma gama de ambientes disponíveis para reprodução. Pavela (2015b), destaca três formas de proteção contra vetores que é o extermínio do adulto, com produtos que causam sua morte ou que possa criar uma barreira física impedindo o contato com o mesmo, repelentes evitando o contato com o

hematófago impedindo seu ciclo de contaminação e o controle da densidade populacional contra ovos e larvas.

Fatores bióticos e abióticos nas condições ambientais adversas também podem influenciar nos processos sintéticos da produção de enzimas específicas pela planta, relacionando o local em que se está inserido e o manejo específico de cada parte vegetal (MORAIS, 2009). Lúcia *et al.* (2012) demonstram uma relação antagonica entre efeito adulticida e larvicida de óleos. O efeito toxico do óleo depende de fatores relacionados à concentração aplicada e o tempo de exposição larval ou do inseto adulto. Outro fator observado foi o efeito da composição química do óleo essencial coletados em diferentes regiões que varia em de acordo a atividade larvicida (ZAHNAN *et al.*, 2017).

Algumas doenças que são transmitidas por mosquitos em outros países do mundo também levam em conta o controle do vetor que é vista como medidas para conter a transmissão, com moléculas naturais ou sintéticas matando o inseto alvo na fase adulta, estágios aquáticos como larvais (MUKHOPADHYAY *et al.*, 2010). Alguns fatores foram agravantes em relação as pandemias no Brasil com a chegada em 2014 da Chikungunya (ZANOTTO e LEITE, 2018). Em 2016, foi o ano que o Brasil conheceu outras doenças como Zika flavivírus também transmitido pelo mosquito *A. aegypti* (VALLE *et al.*, 2016).

O *A. aegypti* (Diptera: Culicidae) é originário da África e descrito no Egito. Por isso seu nome característico (BRAGA e VALLE, 2007). Alguns estudos apontam a resistência do mosquito aos inseticidas sintéticos como o temefós que vão perdendo sua eficácia afetando o controle do vetor (LIMA *et al.*, 2006; LUNA *et al.*, 2004).

Os mosquitos *A. aegypti* e o *A. albopictus*, têm sido fontes de diversas epidemias pelo Brasil, demonstrando a incrível adaptação e dispersão desses vetores por todo o país (MANIERO *et al.*, 2016). O resultado de um extenso estudo conclui que zona climática é um importante para a reprodução do mosquito (LIU *et al.*, 2020). A dengue é uma ameaça em mais de cem países tropicais e subtropicais uma infecção aguda que mata mais do que a AIDS, e afeta, principalmente, crianças (TORRES *et al.*, 2015). No Brasil, encontra-se em várias regiões (DE ANDRADE *et al.*, 2013; FONSECA *et al.*, 2019). Considerada, hoje, como a maior arbovirose de países tropicais em razão do clima e temperatura favorável fator que propicia a multiplicação do vetor, (DE SOUZA, 2016).

No estado do Tocantins, um estudo aponta dados baseado no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) de 2007 até 2017, foram registrados 75.171 casos de dengue clássica, 380 da forma grave com 34 óbitos com as principais cidades Gurupi e Araguaína,

incluindo a capital como as que mais apresentaram casos notificados (GONÇALVES *et al.*, 2019).

Ainda no Tocantins algumas análises indicaram que a rodovia BR-153, apresentou a maior diversidade de ovos de *A. aegypti* sugerindo o fluxo de pessoas e cargas contribuindo para a dispersão do vetor, incluindo também como ponto crítico a capital Palmas (SÁ *et al.*, 2019). No Tocantins, o período de maior ocorrência no estado é de janeiro a abril por causa da época de maior índice pluviométrico facilitando a procriação do mosquito (LUCENA *et al.*, 2019). Trabalhos realizados aqui no estado demonstram o potencial da exploração dos recursos vegetais abundantes no estado como biopesticidas no controle do *A. aegypti* (DE OLIVEIRA, 2015). Visto também em Silva *et al.* (2018) em relação similaridade de perfis gênicos de que poderão auxiliar no combate a futuras epidemias no estado do Tocantins. E prospecções em regiões em torno da cidade de Gurupi com o levantamento fitoquímico (DE BESSA *et al.*, 2013), também incidência de febre pelo Zikavirus que atingiu intensamente o estado (RODRIGUES *et al.*, 2020).

Doenças tropicais vem assolando grande parte de países com clima tropical transmitindo patologias causadoras de doenças e em muitos casos até a morte. O controle de vetores é feito com defensivos químicos que, em muitas vezes, são prejudiciais ao meio ambiente. A busca por produtos ambientalmente corretos, com bioativos naturais retirados da flora nativa e exótica de diversas regiões do Brasil em especial do cerrado, vem justificando a busca por esses compostos com identificação de sua ação abrasiva no controle de larvas ou insetos adultos, sem que prejudique o ambiente. A hipótese levantada nesse estudo é que metabólicos secundários das espécies vegetais levantadas, podem ter composições fitoquímicas com efeito larvívoro no controle de larvas para larvas de terceiro estágio de desenvolvimento *A. aegypti*.

Considerando o potencial dos metabólicos secundários de espécies vegetais, *Annona glabra*, *Anacardium occidentale*, *Anacardium humile*, *Calophyllum brasiliense*, *Copaifera reticulata*, *Pterodon emarginatus* e *Swinglea glutinosa*. O objetivo deste trabalho é analisar a atividade larvívora, contra larvas do mosquito vetor de doenças tropicais *A. aegypti*, em consequência visa analisar o rendimento dessas espécies vegetais e a concentração letal de eficiência para mortalidade de 50% das larvas de mosquitos LC<sub>50</sub> e LC<sub>90</sub> para larvas de terceiro estágio de desenvolvimento *A. aegypti*, indentificando a relação rendimento e letalidade, contribuindo para o seu controle e proliferação.

## 3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.2.1 Área de estudo

O presente trabalho ocorreu no Laboratório de Ciências Florestais e Ambientais, localizado no prédio do CEMAF (Centro de Monitoramento Ambiental e Manejo do Fogo) da Universidade Federal do Tocantins Campus de Gurupi. Situado nas coordenadas (11°74'8054"S, 49.05'0617"W). Os extratos vegetais necessários nos experimentos foram todos coletados na cidade, de Gurupi no sul do Estado do Tocantins, separando cada extração de acordo com a espécie vegetal e suas partes alvo; para serem utilizadas na pesquisa.

Os óleos essenciais extraídos por destilação “a vapor” (hidrodestilação) com aparelho tipo Clevenger (JARAMILLO-COLORADO *et al.*, 2020), utilizando 100g da casca do fruto da *S. glutinosa* e 100g do fruto completo de *A. glabra* por no mínimo 3 horas. O óleo extrato bruto da *C. reticulata* foi obtido através do seio lenhoso do caule por perfuração na feira de produtores rurais da cidade com o devido cuidado de extração e armazenamento.

Para as extrações a seguir foram utilizadas metodologias semelhantes no processo de dissolução do quantitativo de óleo para análise de rendimento de 100 gramas de cada extração, prensagem hidráulica “a frio” para favas de *P. emarginatus* e o processo de trituração em moinho de facas (liquidificador industrial de 4 litros) com 100 gramas do material até se formar uma pasta homogênea, transferidas cada um para um Erlenmeyer de 500 ml e adicionado 250 ml de composto orgânico (Acetona), posteriormente filtrado duas vezes em papel filtro e agitado, constantemente, na temperatura ambiente para a evaporação do composto volátil, durante 7 dias fornecendo o óleo das sementes denominado extrato bruto, acondicionados em recipientes devidamente cobertos com papel alumínio e guardados na geladeira á 7°C. (CHAGAS *et al.*, 2017; LAFONT e PORTACIO, 2011). Esse procedimento foi realizado em *A. occidentale*, *A. humile* e *C. brasiliense*.

Os cálculos do rendimento em função da porcentagem foram realizados segundo (GASPARIN *et al.*, 2014), com a relação ao ml de óleo coletado no processo por arrasto de vapor ou por solvente volátil pela massa em gramas da amostra multiplicada por cem.

### 3.2.2 Coleta de ovos e cultivo das larvas

Os ovos de *A. aegypti* foram coletados diretamente em diferentes tipos de locais de ovoposição. Foram preparadas armadilhas dispostas em residências com distribuição de até 120 metros da área inicial (11°42'59.0"S 49°04'25.2"W), na cidade de Gurupi, região sul do Estado do Tocantins, instalando vasos de plástico com 10cm x 20cm com uma lâmina de água para

que a fêmeas de vida livre pudessem depositar seus ovos em papéis (Germitest), de 5cm x 10cm, instalados alguns milímetros acima da superfície da água para que, uma vez por dia, pudessem ser coletados os papéis, contendo ovos de mosquitos *A. aegypti*.

O material coletado foi levado para o Laboratório de Ciências Florestais e Ambientais, localizado no prédio do CEMAF (Centro de Monitoramento Ambiental e Manejo do Fogo) para serem acondicionados em vasilhas de plástico de formato retangular 30 cm x 35 cm, com 2 litros de água mineral para a eclosão dos ovos (Figura 9B). As larvas foram mantidas em uma temperatura de  $27 \pm 2$  °C, cobertas com tela de tecido apropriadas para insetos (Figura 9A), evitando assim a contaminação por ovos de outros insetos e também foram alimentadas com 0,5 g de ração de gato (ração Golden Gatos Premierpet) uma vez ao dia, até que atingissem o tamanho do terceiro insto ideal para os ensaios (SANTOS, 2015).

O acondicionamento das larvas acompanhou um fotoperíodo de 12 h de luz natural e 12 h de escuridão (FERNANDES *et al.* 2017; SANTOS, 2015). As larvas de *A. aegypti*, foram identificadas de acordo com as suas características morfológicas.

Figura 9 - (A) Cultivo das larvas, (B)



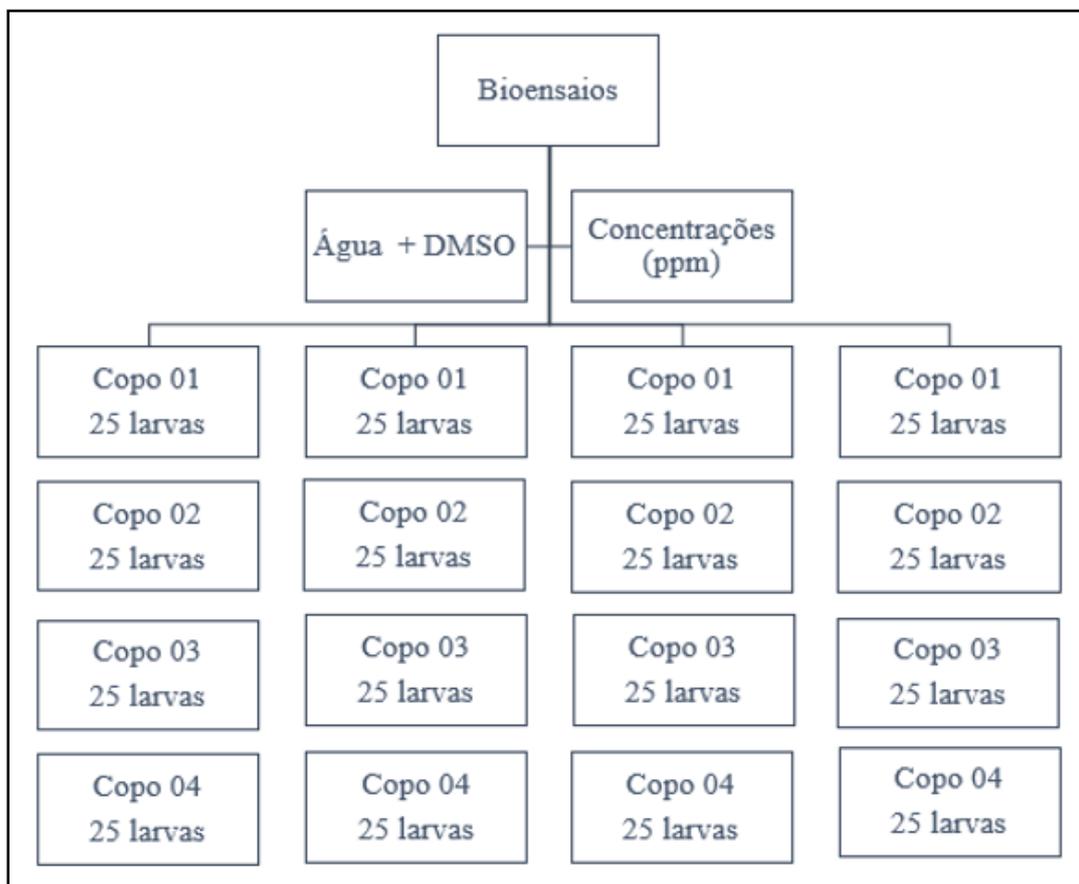
### 3.2.3 Bioensaio

O bioensaio foi realizado em diferentes concentrações com dimetilsulfóxido (DMSO), sendo preparado uma série de testes de diluição dos óleos, utilizando uma solução estoque e foram feitas diluições consecutivas até atingir a concentração ideal. Em cada concentração foi separada 100 ml da substância diluída na concentração específica e divididas em copos descartáveis translúcidos de 200 ml, sendo uma quantidade de 25 ml para cada copo, totalizando 04 copos e adicionado 25 larvas, num total de 100 larvas por concentração de acordo com os testes que foram realizados e a disponibilidade de larvas para o mesmo (SANTOS, 2015). Todos feitos com larvas de *A. aegypti*.

A atividade tóxica dos óleos foi avaliada com referência nas seguintes concentrações (1000, 750, 500, 400, 350, 250, 150, 125, 100, 75, 50, 40, 30, 20, 15, 14, 13, 12, 11, 10, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2 e 1ppm) de acordo com a efetividade previamente testada para cada concentração sendo que foi determinada através de testes consecutivos de letalidade de 100% de cada planta e a partir desta foi identificado as concentrações diminuindo esse valor. O teor de óleo essencial, óleo bruto foi expresso em partes por milhão (ppm). A partir dessas concentrações foi estabelecida uma investigação da aplicabilidade de cada óleo e seus efeitos constituintes realizando testes em triplicata. Como controle, foram utilizados 25 ml de água deionizada (26-28 °C) contendo de dimetilsulfóxido (DMSO), também em triplicata. As larvas foram analisadas por períodos de 24 horas.

Para contabilização das larvas mortas, foram usados os seguintes critérios: mortalidade total e imobilidade ou incapacidade de se mover para a superfície da água. As larvas foram expostas às soluções por 24 horas. Após 24 horas, foi contabilizada a mortalidade e calculada a concentração letal para 50 % das larvas ( $CL_{50}$ ), sendo consideradas critérios de morte de larvas completamente imóveis ou incapazes de se mover até a superfície da água o fluxograma dos bioensaios estão apresentados na (figura 10).

Figura 10 - Fluxograma dos bioensaios com larvas de mosquitos *Aedes aegypti*



### 3.2.4 Análise estatística

Para a análise estatística foram submetidos à análise de Probit, utilizando a estimativa LC<sub>50</sub>, (IC intervalo de confiança 95%) na detecção da ecotoxicidade larval em cada concentração e análise da porcentagem (%) de mortalidade. O estudo de regressão foi estimado em cada concentração dos óleos avaliados, seu grau de liberdade, erro-padrão da média, intervalo de confiança e a dose letal qui-quadrado.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os óleos brutos e essenciais apresentados no trabalho demonstram a efetividade no controle larvicida de larvas de terceiro estágio de *A. aegypti* em 24 horas. Após a inoculação dos extratos óleo-resinas, extrato bruto e óleos essenciais das espécies vegetais foram avaliadas as concentrações letais LC<sub>50</sub> e LC<sub>90</sub> na mortalidade das larvas do terceiro estágio de *A. aegypti* Tabela1. As espécies vegetais foram *A. glabra*, *A. occidentale*, *A. humile*, *C. brasiliense*, *C. reticulata*, *P. emarginatus* e *S. glutinosa*.

O óleo com maior potencial larvicida e menor ppm foi *A. humile* com LC<sub>50</sub> 10,81ppm e LC<sub>90</sub> 14,16ppm e o segundo, o *A. occidentale* LC<sub>50</sub> 12,08ppm e LC<sub>90</sub> 17,84ppm. *A. humile* apresentou P <0,05 foram considerados significativamente e grau de inclinação 10,91±5,08. As espécies que tiveram menor potencial foram *S. glutinosa* LC<sub>50</sub> 257,35ppm e LC<sub>90</sub> 521,66ppm e *C. reticulata* LC<sub>50</sub> 239,07ppm e LC<sub>90</sub> 509,75ppm. Não houve mortalidade na solução controle, contendo DMSO em concentrações equivalentes aos outros tratamentos.

Tabela 2: Dados de inclinação das curvas de concentração-mortalidade, CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub>,  $\chi^2$  e probabilidade dos óleos avaliados

Óleo	GL	N	Inclinação ±EPM	LC <sub>50</sub> (IC95%)	LC <sub>90</sub> (IC95%)	$\chi^2$ :	p- valor
<i>Annona glabra</i>	7	100	6,22±1,05	184,11	295,87	61,87	0,0005
<i>Anacardium occidentale</i>	6	100	7,57± 0,29	12,08	17,84	28,31	0,06
<i>Anacardium humile</i>	8	100	10,91±5,08	10,81	14,16	323,81	0,05
<i>Calophyllum brasiliense</i>	4	75	2,05±0,31	73,28	307,22	8,07	0,10
<i>Copaifera reticulata</i>	7	100	3,89±0,83	239,07	509,75	82,58	0,03
<i>Pterodon emarginatus</i>	8	100	2,77±0,41	46,94	136,17	61,35	0,23
<i>Swinglea glutinosa</i>	8	100	4,17±0,40	257,35	521,66	22,72	0,0001

GL: graus de liberdade; N: número de insetos usados no teste; EPM: erro-padrão da média; LC: concentração letal 50%; LC: concentração letal 90%; IC: intervalo de confiança;  $\chi^2$ : qui-quadrado; p-valor.

Em todas as concentrações observadas pode-se identificar uma agitação das larvas em reação a solução com movimentos laterais repetitivos e posterior comportamento letárgico em relação a concentração controle. *A. occidentale*, *A. humile*, *P. emarginatus* e na *S. glutinosa*

observou-se que, após a inoculação inicial das concentrações, a maioria das larvas já apresentava comportamento adverso ao contato com a solução com movimentações laterais repetitivas, e movimentos letárgicos em algumas delas que desciam até o fundo do copo e ali permaneciam sem conseguir submergir. Em outras concentrações, pode-se observar o mesmo comportamento mais com até 24 horas de inoculação comparando com a concentração controle.

Após 24 horas de experimento, observou-se também o escurecimento com *S. glutinosa*, do conteúdo interno do animal, tremores, convulsões e lentidão bem expressiva. Outros autores também relataram um comportamento letárgico e processo estrutural das células de algumas larvas de *A. aegypti* em relação a exposição a alguns tipos de plantas (CABRAL, 2015; SANTOS, 2015; VALLOTO *et al.*, 2011).

Os resultados do *A. occidentale* e *A. humile* foram as espécies vegetais que apresentaram as melhores concentrações letais Tabela 2. Essas duas espécies, apresentaram os melhores rendimentos de extração do óleo com solvente orgânico, na castanha *A. occidentale* com 20,01 ml/100g e *A. humile* com 19,09 ml/100g Tabela 3. Tal fator que coopera para a compreensão da proximidade da concentração letal e do rendimento das duas espécies ser tão próximas em razão dos componentes ativos em seus produtos metabólicos.

Tabela 3: Rendimento do óleo essencial, óleo bruto e extrato vegetal em função das concentrações letais de 50% de mortalidade LC<sub>50</sub> e LC<sub>90</sub> em 24 horas

<b>Matriz</b>	<b>Parte vegetal</b>	<b>Rendimento ml*(%)/100g</b>	<b>LC<sub>50</sub> (IC95%)</b>	<b>LC<sub>90</sub> (IC95%)</b>
<i>Annona glabra</i>	Fruto	0,107	184,11	295,87
<i>Anacardium occidentale</i>	Castanha (noz)	20,01	12,08	17,84
<i>Anacardium humile</i>	Castanha (noz)	19,8	10,81	14,16
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Semente	15,2	73,28	307,22
<i>Copaifera reticulata</i>	Caule	-	239,07	509,75
<i>Pterodon emarginatus</i>	Fava	19,25	46,94	136,17
<i>Swinglea glutinosa</i>	Fruto	0,70	257,35	521,66

LC: concentração letal 50%; LC: concentração letal 90%; IC: intervalo de confiança.

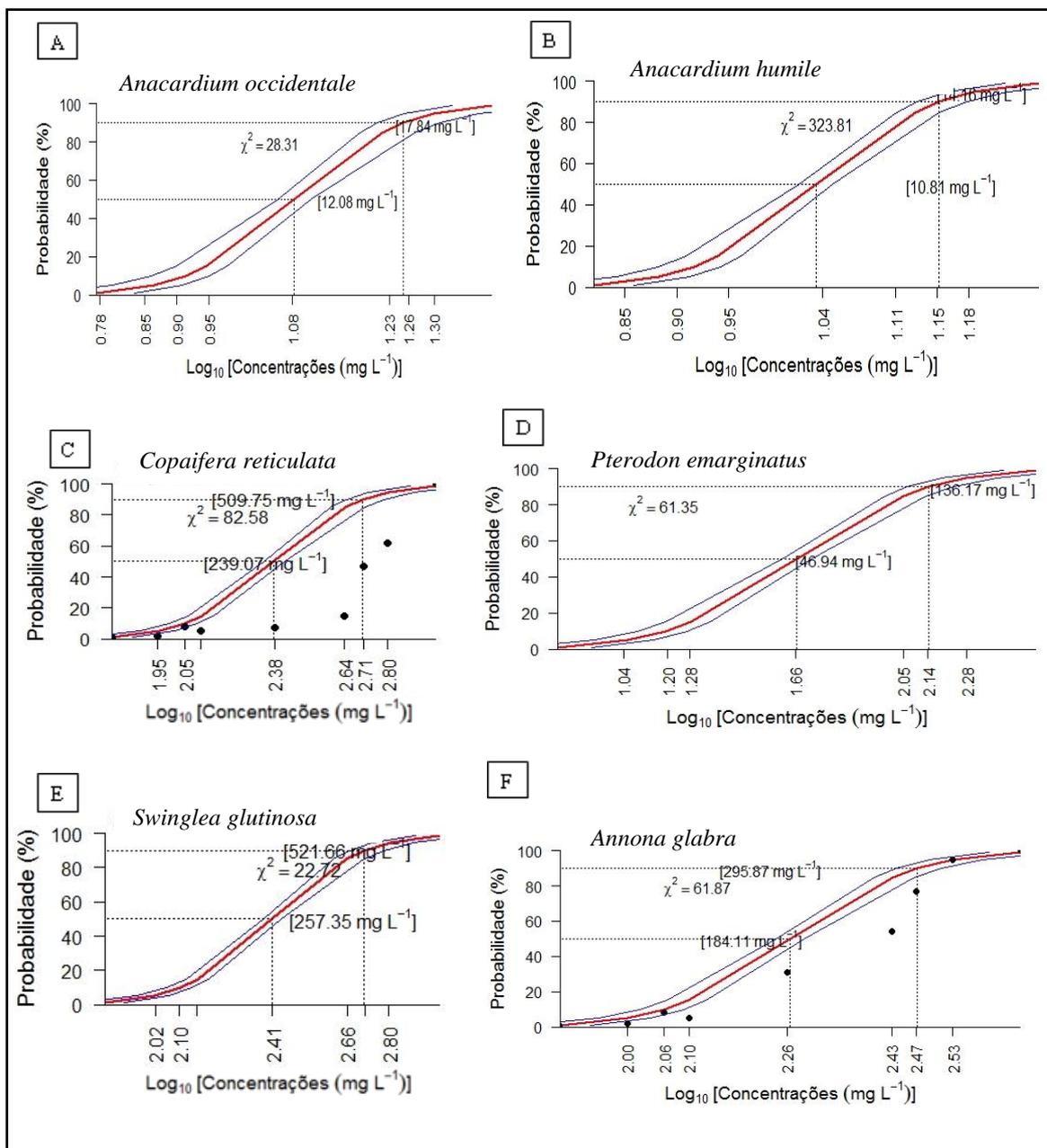
Na Tabela 3 é demonstrado o rendimento em função da concentração letal, sendo que o quantitativo e o qualitativo expresso da eficiência do extrato vegetal gera uma melhor aplicação desse extrato como biocomposto larvicida.

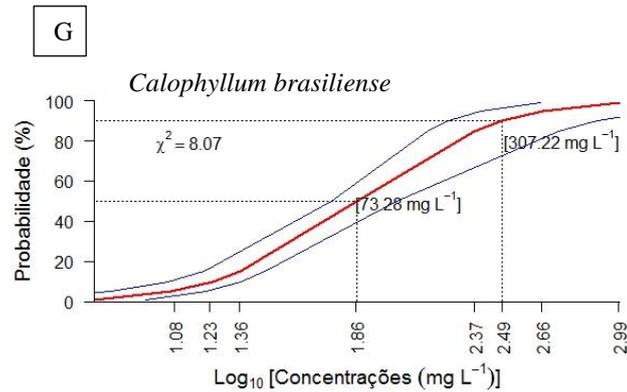
As concentrações com 100% de mortalidade de *A. occidentale* foram todas acima 25ppm e 15ppm e *A. humile* foram totalmente letais acima de 15ppm, sendo que em todos os testes para essas espécies variaram de 500 até 1ppm (Figura 11A e 11B). Após ser adicionadas as larvas no experimento com até 30 minutos, já se pode observar mortalidade larvas e já apresentavam inicialmente movimentação lateral repetitiva muito rápida, seguida de uma

dificuldade de movimentação e até mesmo mortalidade e, posterior, a inabilidade identificada com insimulo manual e identificando a mortalidade quando ficaram estiradas com o escurecimento do conteúdo interno.

Em concentrações de 5 e 10ppm, as larvas que sobreviveram demonstravam um comportamento bem atípico com muita dificuldade de submergir e resposta lenta aos estímulos até em 48 horas.

Figura 11 - Concentração letal expressas em ( $\text{mg l}^{-1}$ ): *Anacardium occidentale* (A), *Anacardium humile* (B), *Copaifera reticulata* (C), *Pterodon emarginatus* (D), *Swinglea glutinosa* (E) *Annona glabra* (F), *Calophyllum brasiliense* (G).





As concentrações letais de *A. occidentale* com hexano obteve LC<sub>50</sub> de 4,01 mg / l em (TORRES *et al.* 2015). Relatados concentrações letais 6,55ppm em (GUISSENI *et al.*, 2013). Valores que corroboram pela proximidade das concentrações encontradas nas aplicações de *A. occidentale* e *A. humile*. O ácido anacárdico representou 69% de concentração que variam entre CL<sub>50</sub> 0,07 mg/ml, 22,6 mg / l (DE ANDRADE PORTO *et al.*, 2013; DE CARVALHO *et al.*, 2019).

Outros autores citam compostos majoritários no óleo da castanha CL<sub>50</sub> 5,9 mg/l e o ácido anacárdico e o cardanol como substância mais efetiva Carvalho (2018). Outras concentrações mais baixas vistas CL<sub>50</sub> 1,020 mg. ml<sup>-1</sup> (MOTTI *et al.*, 2019). Em Oliveira *et al.* (2011) ressalta as concentrações letais de *A. occidentale* isolando ácidos anacárdicos, cardanóis e cardóis, apresentaram valores de LC<sub>50</sub> de 12,40ppm, 8,20ppm e 5,55ppm. Demonstrando as variações nas concentrações letas que variaram entre as faixas encontradas no estudo feito com óleo do *A. occidentale*.

O óleo do cajuzinho do cerrado o *A. humile* demonstrou as melhores relações entre letalidade LC<sub>50</sub> e rendimento sendo necessário mais estudos dos constituintes majoritários para definir os componentes químicos que mais interagem com a letalidade larval dos mosquitos vetores. Em Romano (2016), enfatiza que *A. humile* foi capaz de modificar a ovoposição e a eclosão de larvas expostas à solução.

De acordo com Romano *et al.* (2018) as concentrações letais foram LC<sub>50</sub> 6,63ppm. Observando as concentrações tanto com o óleo da castanha ou com o óleo essencial das folhas todos apresentam uma baixa concentração letal. Para De Andrade Filho *et al.* (2010) o óleo de folhas de apresentaram concentração de 20,9ppm. O extrato de *A. humile* demonstra eficiência inseticida contra outros organismos como insetos em concentrações de 1% (PISTORI *et al.*, 2013). Evidenciando aplicação em mais estudos subsequentes das duas espécies.

O óleo bruto de *C. reticulata* para o terceiro instar em *A. aegypti* foram apresentados na (Figura 11C), identificando potencial de letalidade de 100% nas concentrações de 500ppm, no

controle de larvas mais que a diferenciação dos estágios de coleta dos óleos, o tipo de solo, clima, características sazonais podem interferir no processo de qualificação nas inoculações observadas sendo bem diferentes apresentadas por alguns autores (SILVA, 2019). Em estudos de metabólicos em espécies de Copaíba, observaram alterações estruturais em larvas de *A. aegypti* em relação à diterpeno e taninos (SANTOS, 2015; VALLOTO *et al.*, 2011).

Frações hexânicas e metanoicas de Copaíba LC<sub>50</sub> de 147,2ppm e LC<sub>90</sub> 268.1ppm foram relatados por De Oliveira (2016). Frações que mais se aproximam dos resultados obtidos neste estudo, evidenciando o processo de utilização do material extraído e as suas partições feitas para serem inoculados. Valores que diferem dos resultados encontrados e apresentados na Tabela 1, obtendo um potencial como composto larvicida mais com uma alta concentração letal que dificulta a aplicação como composto usual.

As concentrações letais da sucupira, *P. emarginatus* (Figura 11D), em tratamento com extrato bruto do óleo das favas obteve mortalidade de 100% na concentração acima de 250ppm e as menos efetivas abaixo de 20ppm. O comportamento das larvas após o primeiro contato com a solução, pôde-se observar uma intensa agitação das larvas se debatendo lateralmente, após 24 horas de submersão as larvas não conseguem submergir com tanta frequência ficando mais no fundo do copo extremamente letárgicas não respondendo a estímulos manuais.

O óleo da sucupira obteve o terceiro melhor rendimento e uma concentração letal próxima aos dois óleos apresentados, sendo um óleo promissor pela facilidade de extração de suas favas.

Outros trabalhos demonstraram resultados satisfatórios, *P. emarginatus*, em nanoemulsões com óleo essencial de frutos, valor de CL<sub>50</sub> contra larvas 34,75 mg /l em 48 h de tratamento acompanhados de alterações morfológicas observadas nas larvas de *C. quinquefasciatus* (OLIVEIRA, 2017). A diferença no processo de extração mostrou uma variação na mortalidade entre Soxhlet com 71% e por fluido supercrítico 83% e também com alteração nos resultados com a utilização de solvente orgânico como hexano ou etanol e a temperatura e pressão (ZANIOL *et al.*, 2020).

Nanoemulsão de óleos essencial de *P. emarginatus* apresentou controle de larvicida de *Aedes aegypti* 73,3% de mortalidade em concentração de 150ppm (BEZERRA e SOUTO, 2016). Oliveira *et al.* (2016) demonstra constituintes com potencial efeito larvicida em *P. emarginatus* como Diterpenos Vouacapan.

Os trabalhos sobre *Pterodon* apresentaram uma variedade expressiva em relação às partes constituintes do extrato, óleo bruto ou essencial em relação a inoculação nas larvas e a

forma de extração, tipo de técnica apresentada modificam a forma com que a ação ativa do metabólico age sobre a larva em si. O óleo extraído neste trabalho apresentou em seu processo de extração utilizando prensagem e solvente orgânico (polar) de fácil volatilidade, não havendo a necessidade de utilizar fluídos supercríticos, temperatura elevada e nem solventes apolares no processo de extração possivelmente elevando o efeito qualitativo do composto na aplicação larval.

As concentrações letais do óleo essencial da casca do fruto da *S. glutinosa* apresentaram LC<sub>50</sub> 257,55ppm e LC<sub>90</sub> 521,66ppm (Figura 11E). A concentração que obteve a letalidade de 100% foi de 750ppm sendo que foi observado que na utilização de óleos essenciais pelo alto teor de volatilidade, alguns testes feitos após alguns dias depois, em larvas do mesmo estágio, obtiveram resultados diferentes em concentrações letais e até mesmo de letalidade em extrações feitas com o óleo devidamente acondicionado sendo que a mais eficiente apresentado no trabalho com a coleta do fruto e a inoculação nas larvas no mesmo dia, observando também que esta coleta foi feita em dezembro de 2020.

Outros trabalhos com larvas do terceiro e quarto estágio de *A. aegypti* em *S. glutinosa* parte da folha, apresentaram valores de doses bem diversificadas, possivelmente, em razão dessa diferença entre as metodologias aplicadas e partes vegetais escolhidas. Cabral (2015) avaliou o extrato bruto etanólico de *S. glutinosa* com CL<sub>50</sub> de 74,4ppm e foram observados efeitos tóxicos no intestino larval em análises morfológicas.

Composições de óleos essenciais como a mistura de *L. origanoides* e *S. glutinosa* também apresentaram resultados expressivos em relação à mortalidade CL<sub>50</sub> 38,40 mg / L (RIOS, 2017). Outros estudos LC<sub>50</sub> 30.00 a 35.77ppm no fruto tiveram o sabineno como composto majoritário e LC<sub>50</sub> 20,54ppm na folha com menor concentração que pode estar ligada à presença dos compostos b-pineno e  $\alpha$ -pineno (PEÑA CASTILO e PICO GUERRERO, 2015). Letalidade expressa em 65,7ppm (VERA *et al.*, 2014).

O óleo essencial do fruto da *A. glabra* (Figura 11F) também entrou na classe dos compostos adquiridos por “arraste de vapor” e teve como concentração letal de 100% das larvas foram de 500 até 400ppm e a menor foi de 50ppm, observando que a maior parte dessa mortalidade se deu perto das 24 horas de inoculação. A parte do fruto utilizada foi o fruto completo utilizando óleo essencial no processo, sendo inoculado no mesmo dia em que foi feita a coleta observando que, após o corte do fruto, rapidamente, ele começa a apresentar sinais de oxidação. Alguns trabalhos indicam uma maior eficiência em análises das sementes como larvicida.

O extrato da folha apresentou contra *A. aegypti* e *A. albopictus* LC<sub>50</sub> 5.94 mg/l e 5.00 mg / l, (WICKRAMARACHCHI e AMARASINGHE, 2020). Em testes com larvas de mosquito usando acetogeninas anonáceas verificou que possui propriedades pesticidas (HE *et al.*, 1997; RABELO *et al.*, 2016), que pode explicar as condicionantes mais apuradas das sementes como princípio ativo. No presente trabalho não se utilizaram as sementes como referência, mas sim todo constituinte do fruto como casca, polpa e sementes extraindo óleo essencial que por sua vez teve o segundo menor rendimento.

*C. brasiliense* (Landi) obteve resultados nas concentrações LC<sub>50</sub> 73,28ppm e LC<sub>90</sub> 307,22ppm (Figura 11G). Em busca extensiva por artigos relacionados à testes com larvas de mosquitos vetores de doenças tropicais, não foi encontrado quase nenhuma literatura relacionada ao combate de larvas, mosquitos vetores. As concentrações nesse experimento não apresentaram uma total emulsificação do óleo, deixando uma fase característica de sobrenadante, possivelmente, por partes do óleo que não dissolveu com o DMSO.

Pela falta de material e as tentativas de diversificar técnicas de diluição, foram testadas várias concentrações de DMSO, sendo que em nenhuma delas houve solubilidade completa do óleo de *C. brasiliense*. A dificuldade em achar referência foi fator limitante na obtenção de mais dados. Segundo Domeneghetti *et al.* (2018) os efeitos leishmanicida 30 µ g / ml de extrato hidroalcoólico em folhas de *C. brasiliense*. Gomez-Verjan *et al.* (2015) ressalta que trabalhos realizados sobre *C. brasiliense* tem, em sua maioria, voltados para a utilização da madeira para aplicação ecológica como reflorestamento e sementes de *C. inophyllum* como estudo de biocombustíveis.

### 3.4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstram o potencial de letalidade de LC<sub>50</sub> e LC<sub>90</sub> de todos os óleos testados como larvicida contra larvas do terceiro estágio de *A. aegypti*, possuindo metabólicos secundários que podem mostrar um recurso promissor com vários elementos bioquímicos disponíveis a serem explorados em novos contextos laboratoriais.

Observou-se que os óleos com os melhores potenciais larvicida e rendimento percentual no controle de larvas de terceiro estágio de *A. aegypti* foram *A. humile* e *A. occidentale* como matéria prima de baixo custo e de extração com solventes orgânicos de fácil acesso no cerrado brasileiro.

O trabalho demonstra que poderá existir uma variação muito grande na diferença entre a forma de extração, rendimento e concentração letal das partes vegetais e os compostos ali

inseridos faz-se necessário aprofundar mais nos compostos metabólicos das espécies com maior potencial de rendimento e de concentração letal contra mosquitos vetores de doenças tropicais.

### 3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIROLDI, K. G.; DA SILVA, V. R.; WUNDERVALD, L. B.; DE OLIVEIRA, M. S.; HOGETOP, J. *Aedes aegypti*, *Culex quinquefasciatus*: Soluções Ecosociais para o Controle de Vetores. In: MoExp-Mostra de Ensino, Extensão e Pesquisa do Campus Osório. 2018. Osório, RS. **Anais**. Osório, RS, 2018. p. 1-1.
- BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils—a review. **Food and chemical toxicology**, v. 46, n. 2, p. 446-475, 2008.
- BEZERRA, D. C.; SOUTO, R. N. P. Óleo essencial de *Pterodon emarginatus* como potencial matéria prima natural para o desenvolvimento de nanoemulsões larvicida. In: XXIV SIMPÓSIO DE PLANTAS MEDICINAIS DO BRASIL, 2016, Belo Horizonte. **Anais**. Belo Horizonte: 2016.
- BRAGA, I. A.; VALLE, D. *Aedes aegypti*: inseticidas, mecanismos de ação e resistência. **Serv. Saúde**, v.16, n.4, p. 279-293, out-dez, 2007.
- BRANDÃO, M. G.; DIAS, B. M.; SANTANA, I.; LEITE, V. V.; DE PAULA-SOUZA, J. Economia verde, sustentabilidade e as plantas úteis do Brasil: contribuição do agrônomo/naturalista mineiro Camilo de Assis Fonseca Filho. **Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG**, v. 23, n. 2, p. 165-191, 2014.
- BRENZAN, M. A.; NAKAMURA, C. V.; DIAS FILHO, B. P.; UEDA-NAKAMURA, T.; YOUNG, M. C. M.; CORTEZ, D. A. G. Antileishmanial activity of crude extract and coumarin from *Calophyllum brasiliense* leaves against *Leishmania amazonensis*. **Parasitology research**, v. 101, n. 3, p. 715-722, 2007.
- CABRAL, S. D. S. **Atividade larvicida do extrato bruto de *Swinglea glutinosa* evidenciada pelas alterações morfohistológicas em larvas de *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae)**. 2015. 42 f. Dissertação (Mestrado em Biologia da Relação Parasito-Hospedeiro) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.
- CARVALHO, G. H. F. D. **Caracterização química e avaliação do efeito inseticida de frações obtidas de *Anacardium occidentale* sobre vetores de doenças e insetos-pragas agrícolas**. 2018. Tese (doutorado) Universidade de Brasília, Faculdade de Medicina, Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas, Brasília, 2018.
- CETIN, H.; YANIKOGLU, A.; CILEK, J. E. Atividade larvicida de extratos hidrodestilados de plantas selecionadas contra o mosquito doméstico, *Culex pipiens*, um vetor do vírus do Nilo Ocidental. **Pesquisa de parasitologia**, v. 108, n. 4, p. 943-948, 2011.

CHAGAS, L.; RAMOS, R.; FERREIRA, M.; SOARES, L. APLICAÇÃO DE PLANEJAMENTO SIMPLEX CENTROIDE PARA PADRONIZAÇÃO DE SOLUÇÕES EXTRATIVAS DAS FOLHAS DE ANACARDIUM OCCIDENTALE L. In: 5º Encontro Brasileiro para Inovação Terapêutica. 2017, Campinas. **Anais**. Campinas: Galoá, 2017. p.323-326.

DE ANDRADE FILHO, N. N.; ROEL, A. R.; DE ANDRADE PORTO, K. R.; SOUZA, R. O.; COELHO, R. M.; PORTELA, A. Toxicity of aqueous extract of anacardium humile leaves on bemisia tuberculata. **Ciência Rural**, v. 40, n. 8, p. 1689-1694, 2010.

DE ANDRADE PORTO, K. R.; ROEL, A. R.; MACHADO, A. A.; CARDOSO, C. A. L.; DE OLIVEIRA, J. M. Atividade inseticida do líquido da castanha de caju sobre larvas de Aedes aegypti (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 11, n. 4, 2013.

DE BESSA, N. G. F.; BORGES, J. C. M.; BESERRA, F. P.; CARVALHO, R. H. A.; PEREIRA, M. A. B.; FAGUNDES, R.; ALVES, A. Prospecção fitoquímica preliminar de plantas nativas do cerrado de uso popular medicinal pela comunidade rural do assentamento vale verde-Tocantins. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, n. 4, p. 692-707, 2013.

DE CARVALHO, G. H. F.; DE ANDRADE, M. A.; DE ARAÚJO, C. N.; SANTOS, M. L.; DE CASTRO, N. A.; CHARNEAU, S.; BASTOS, I. M. D. Larvicidal and pupicidal activities of eco-friendly phenolic lipid products from Anacardium occidentale nutshell against arbovirus vectors. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 6, p. 5514-5523, 2019.

DE MENDONÇA, F. A. C. Activities of some Brazilian plants against larvae of the mosquito Aedes aegypti. **Fitoterapia**, v. 76, n. 7-8, p. 629-636, 2005.

DE MORAIS, S. M.; FACUNDO, V. A.; BERTINI, L. M.; CAVALCANTI, E. S. B.; DOS ANJOS JÚNIOR, J. F.; FERREIRA, S. A.; DE SOUZA NETO, M. A. Chemical composition and larvicidal activity of essential oils from Piper species. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 35, n. 10, p. 670-675, 2007.

DE OLIVEIRA, D. A. B. Uso do neem e seus componentes moleculares no controle do mosquito Aedes aegypti. **Revista Científica do ITPAC, Araguaína**, v.8, n.2, Pub. 2, 2015.

DE OLIVEIRA, J. A.; GARCIA, L.; DA SILVA, H. H. G.; DA SILVA, I. G. Toxicity of hexanic and methanolic fractions from copaifera reticulata ducke (Leguminosae–Caesalpinoidea) against Aedes aegypti Linnaeus (Diptera–Culicidae), in field assays. **Revista de Patologia Tropical/Journal of Tropical Pathology**, v. 45, n. 2, p. 203-211, 2016.

DE SOUZA, L. J. **Dengue, Zika e Chikungunya–Diagnóstico, Tratamento e Prevenção**. 1º ed. Rio de Janeiro, Editora Rubio, 2016. p.2-9.

DOMENEGHETTI, L.; DEMARCHI, I. G.; CAITANO, J. Z.; PEDROSO, R. B.; SILVEIRA, T. G. V.; LONARDONI, M. V. C. Calophyllum brasiliense modula a resposta imune e promove a morte intracelular de Leishmania amazonensis. **Mediadores da inflamação**, v. 2018, 2018.

FAHN, A. Structure and function of secretory cells. **Advances in Botanical Research**, Academic Press, v. 31, p. 37-75, 2000.

FERNANDES, D. A. **Estudo fitoquímico de Helicteres velutina K. Schum (Sterculiaceae) e avaliação do seu potencial larvicida contra Aedes aegypti L. (Diptera: Culicidae)**. 2017. 136 f. Dissertação (Mestrado em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

FILLINGER, U.; LINDSAY, S. W. Larval source management for malaria control in Africa: myths and reality. **Malaria Journal**, v. 10, n. 1, p. 353, 2011.

FONSECA, V.; LIBIN, P. J.; THEYS, K.; FARIA, N. R.; NUNES, M. R.; RESTOVIC, M. I.; DE OLIVEIRA, T. A computational method for the identification of Dengue, Zika and Chikungunya virus species and genotypes. **PLoS neglected tropical diseases**, v. 13, n. 5, p. e0007231, 2019.

GASPARIN, P. P.; ALVES, N. C. C.; CHRIST, D.; COELHO, S. R. M. Qualidade de folhas e rendimento de óleo essencial em hortelã pimenta (*Mentha x Piperita* L.) submetida ao processo de secagem em secador de leito fixo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, p. 337-344, 2014.

GOMEZ-VERJAN, J.; GONZALEZ-SANCHEZ, I.; ESTRELLA-PARRA, E.; REYES-CHILPA, R. Tendências na pesquisa química e farmacológica nas árvores tropicais *Calophyllum brasiliense* e *Calophyllum inophyllum*, um contexto global. **Scientometrics**, v. 105, n. 2, p. 1019-1030, 2015.

GONÇALVES, C. W. B.; DA SILVA, F. C.; MILHOMEM, C. H. C.; VASCONCELOS, M. M. R.; SILVEIRA, J. M.; PITA, D. F. Q.; DE BRITO, A. K. L. Análise de aspectos epidemiológicos da dengue no estado do Tocantins. **Revista de Patologia do Tocantins**, v. 6, n. 4, p. 7-7, 2019.

GOVINDARAJAN, M.; BENELLI, G. Larvicidas ecológicos de plantas indianas: eficácia do acetato de lavandulil e biclogermacreno na malária, dengue e vetores de mosquitos da encefalite japonesa. **Ecotoxicologia e Segurança Ambiental**, v. 133, p. 395-402, 2016.

GUISSONI, A. C. P.; SILVA, I. G.; GERIS, R.; CUNHA, L. C. D.; SILVA, H. H. G. D. Larvicidal activity of *Anacardium occidentale* as an alternative to control *Aedes aegypti* and its toxicity in *Rattus norvegicus*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, n. 3, p. 363-367, 2013.

HE, K., ZENG, L.; YE, Q.; SHI, G.; OBERLIES, N. H.; ZHAO, G. X.; MCLAUGHLIN, J. L. Comparative SAR evaluations of annonaceous acetogenins for pesticidal activity. **Pesticide science**, v. 49, n. 4, p. 372-378, 1997.

ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annu. Rev. Entomol.**, v. 51, p. 45-66, 2006.

JARAMILLO-COLORADO, B. E.; PALACIO-HERRERA, F. M.; DUARTE-RESTREPO, E. Antioxidant and biological activities of essential oil from Colombian *Swinglea glutinosa* (Blanco) Merr fruit. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 42, p. e51639-e51639, 2020.

KENNAN, R. H. **Freetown 1800 to 1870 from a Sanitarian Point of View**. Dublin: John Falconer, 1910. 45p.

LAFONT, J. J.; PORTACIO, A. A. Extracción y caracterización fisicoquímica del aceite de la semilla (almendra) del marañón (*Anacardium occidentale* L). **Información tecnológica**, v. 22, n. 1, p. 51-58, 2011.

LIMA, E. P.; OLIVEIRA FILHO, A. M. D.; LIMA, J. W. D. O.; RAMOS JÚNIOR, A. N.; CAVALCANTI, L. P. D. G.; PONTES, R. J. S. Resistência do *Aedes aegypti* ao temefós em municípios do estado do Ceará. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 39, n. 3, p. 259-263, 2006.

LIU, Y.; LILLEPOLD, K.; SEMENZA, J. C.; TOZAN, Y.; QUAM, M. B.; ROCKLÖV, J. Reviewing estimates of the basic reproduction number for dengue, Zika and chikungunya across global climate zones. **Environmental research**, v. 182, p. 109-114, 2020.

LUCENA, L. C.; SOUTO, A. A.; LUCENA, L. C.; MARQUES, T. N. AVALIAÇÃO DO PERFIL EPIDEMIOLÓGICO DOS CASOS DE DENGUE NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL, TOCANTINS. **Revista de Patologia do Tocantins**, v. 6, n. 1, p. 18-23, 2019.

LUNA, J. E. D.; MARTINS, M. F., ANJOS, A. F. D.; KUWABARA, E. F.; NAVARRO-SILVA, M. A. Susceptibilidade de *Aedes aegypti* aos inseticidas temephos e cipermetrina, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 38, p. 842-843, 2004.

MANIERO, V. C.; SANTOS, M. O.; RIBEIRO, R. L.; DE OLIVEIRA, P. A.; DA SILVA, T. B.; MOLERI, A. B.; CARDOZO, S. V. Dengue, chikungunya e zika vírus no brasil: situação epidemiológica, aspectos clínicos e medidas preventivas. **Almanaque multidisciplinar de pesquisa**, v. 1, n. 1, 2016.

MOTA, M.; BATISTA, A.; DA CUNHA, A. L. B.; DOS SANTOS, S. M.; DE SOUZA, D. J. F.; PINTO, A. D. S.; CHAVES, F. Atividade larvicida de óleos essenciais de quatro espécies de Piper. In: VII SBOE-Simpósio Brasileiro de Óleos Essenciais, 2013, Santarém. **Embrapa Amazônia Ocidental-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. Santaém, PA: 2013.

MOTTI, P. R.; KARLA, R. D. A.; MACHADO, A. A.; ROEL, A. R.; BOSCO, D. DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO LETAL DA FORMULAÇÃO A BASE DO LÍQUIDO DA CASTANHA DO CAJU EM LARVAS DE *Aedes aegypti* LINNAEUS (DIPTERA: CULICIDAE). In: Reunião Anual da SBPC, 71, 2019, Campo Grande. **Anais**. Campo Grande: UFMS, 2019. p. 1-3.

MUKHOPADHYAY, A. K.; HATI, A. K.; TAMIZHARASU, W.; BABU, P. S. Larvicidal properties of cashew nut shell liquid (*Anacardium occidentale* L) on immature stages of two mosquito species. **Journal of vector borne diseases**, v. 47, n. 4, p. 257, 2010.

OLIVEIRA, M. S. C.; DE MORAIS, S. M.; MAGALHÃES, D. V.; BATISTA, W. P.; VIEIRA, Í. G. P., CRAVEIRO, A. A.; DE LIMA, G. P. G. Antioxidant, larvicidal and antiacetylcholinesterase activities of cashew nut shell liquid constituents. **Acta Tropica**, v. 117, n. 3, p. 165-170, 2011.

- OLIVEIRA, A. E.; DUARTE, J. L.; AMADO, J. R.; CRUZ, R. A.; ROCHA, C. F.; SOUTO, R. N.; CARVALHO, J. C. Desenvolvimento de uma nanoemulsão larvicida com óleo de *Pterodon emarginatus* Vogel. **PLoS One**, v. 11, n. 1, p. e0145835, 2016.
- OLIVEIRA, A. E.; DUARTE, J. L.; CRUZ, R. A.; SOUTO, R. N.; FERREIRA, R. M.; PENICHE, T.; FERNANDES, C. P. *Pterodon emarginatus* oleoresin-based nanoemulsion as a promising tool for *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) control. **Journal of Nanobiotechnology**, v. 15, n. 1, p. 1-11, 2017.
- RYAN, M. F.; BYRNE, O. Coevolução inseto-planta e inibição da acetilcolinesterase. **Jornal de ecologia química**, v. 14, n. 10, p. 1965-1975, 1988.
- ROMANO, C. A. **Atividade inseticida do líquido da castanha de anacardium humile (anacardiaceae) sobre aedes aegypti**. 2016. 49 f. Dissertação (Mestrado em Biologia da Relação Parasito-Hospedeiro) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.
- ROMANO, C. A. Insecticidal activity of *Anacardium humile* (Anacardiaceae) nut shell liquid against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Revista de Patologia Tropical**, Goiânia, v. 47, n. 3, p. 183-194, jul./sep. 2018.
- PAVELA, R. Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides: A review. **Industrial Crops and Products**, v. 76, p. 174–187, dez. 2015a.
- PAVELA, R. Acute toxicity and synergistic and antagonistic effects of the aromatic compounds of some essential oils against *Culex quinquefasciatus* Say larvae. **Parasitology research**, v. 114, n. 10, p. 3835-3853, 2015b.
- PEÑA CASTILLO, O. C.; PICO GUERRERO, T. L. **Evaluación de la posible actividad larvicida de aceites esenciales frente a el aedes aegypti vector transmisor del dengue**. 2015. Trabajo de pregrado, Universidad Santo Tomás, Bucaramanga, Colombia, 2015.
- PISTORI, M. G. B.; ROEL, A. R.; VALÉRIO, J. R.; OLIVEIRA, M. C. M.; GRISOTO, E.; MATIAS, R. Effect of *Anacardium humile* St. Hill (Anacardiaceae) Aqueous Extract on *Mahanarva fimbriolata* (Stal, 1854) (Hemiptera: Cercopidae). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 4, p. 413-417, 2013.
- PORTO, K. R. D. A.; ROEL, A. R.; SILVA, M. M. D.; COELHO, R. M.; SCHELEDER, E. J. D.; JELLER, A. H. Atividade larvicida do óleo de *Anacardium humile* Saint Hill sobre *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera, Culicidae). **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 41, n. 6, p. 586-589, 2008.
- RABELO, S. V.; QUINTANS, J. D. S. S.; COSTA, E. V.; DA SILVA ALMEIDA, J. R. G.; JÚNIOR, L. J. Q. *Annona* species (Annonaceae) oils. **Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety**, p. 221-229, 2016.
- RÍOS, N.; STASHENKO, E. E.; DUQUE, J. E. Evaluation of the insecticidal activity of essential oils and their mixtures against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 61, n. 4, p. 307-311, 2017.
- RODRIGUES, M. D. S. P.; COSTA, M. D. C. N.; BARRETO, F. R.; BRUSTULIN, R.; PAIXÃO, E. S.; TEIXEIRA, M. G. Repercussões da emergência do vírus Zika na saúde da

população do estado do Tocantins, 2015 e 2016: estudo descritivo. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 29, p. e2020096, 2020.

SÁ, E. L. R. D.; RODOVALHO, C. D. M.; SOUSA, N. P. R. D.; SÁ, I. L. R. D.; BELLINATO, D. F.; DIAS, L. D. S.; LIMA, J. B. P. Evaluation of insecticide resistance in *Aedes aegypti* populations connected by roads and rivers: the case of Tocantins state in Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 114, 2019. p. 1-9.

SANTOS, D. B. D. **Atividade larvicida da *Copaifera langsdorffii* (Leguminosae), evidenciada pelas alterações morfohistológicas em *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae)**. 2015. Dissertação (mestrado em Biologia das Interações Parasito-Hospedeiro) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2015.

SILVA, A. B.; DA SILVA, T. P.; DE ARAÚJO NETO, O. F.; TOLEDO, G. P.; DE SOUZA AGUIAR, R. W.; CAMPOS, F. S. DETECÇÃO DE Flavivirus-like NO ESTADO DE TOCANTINS, BRASIL. In: IV SICTEG-Semana Integrada de Ciência e Tecnologia de Gurupi, 2018, Gurupi, TO. **Tópico temático**. Gurupi: 2018.

SILVA, J. E. A. **Caracterização química, avaliação antimicrobiana e o desenvolvimento de uma formulação com o óleo de *Copaifera reticulata* Ducke**. 2019. 58 f. Dissertação (Dissertação em Biociências) – Programa de Pós-Graduação em Biociências, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2019.

STASHENKO, E.; MARTÍNEZ, J. R. Study of Essential Oils Obtained from Tropical Plants Grown in Colombia. In: Essential Oils-Oils of Nature. Ed. BoD – **Books on Demand**, 2019. p. 403-451.

SUTTHANONT, N.; CHOOCHOTE, W.; TUETUN, B.; JUNKUM, A., JITPAKDI, A.; CHAITHONG, U.; PITASAWAT, B. Chemical composition and larvicidal activity of edible plant-derived essential oils against the pyrethroid-susceptible and-resistant strains of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Journal of Vector Ecology**, v. 35, n. 1, p. 106-115, 2010.

TORRES, R. C.; GARBO, A. G.; WALDE, R. Z. M. L. Characterization and bioassay for larvicidal activity of *Anacardium occidentale* (cashew) shell waste fractions against dengue vector *Aedes aegypti*. **Parasitology research**, v. 114, n. 10, p. 3699-3702, 2015.

VALLE, D.; PIMENTA, D. N.; AGUIAR, R. Zika, dengue e chikungunya: desafios e questões. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 25, p. 419-422, 2016.

VERA, S. S.; ZAMBRANO, D. F.; MÉNDEZ-SANCHEZ, S. C.; RODRÍGUEZ-SANABRIA, F.; STASHENKO, E. E.; LUNA, J. E. D. Óleos essenciais com atividade inseticida contra larvas de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Parasitology Research**, v. 113, n. 7, p. 2647-2654, 2014.

VASANTHA-SRINIVASAN, P.; SENTHIL-NATHAN, S.; THANIGAIVEL, A.; EDWIN, E. S.; PONSANKAR, A.; SELIN-RANI, S.; AL-DHABI, N. A. . Developmental response of *Spodoptera litura* Fab. to treatments of crude volatile oil from *Piper betle* L. and evaluation of toxicity to earthworm, *Eudrilus eugeniae* Kinb. **Chemosphere**, v. 155, p. 336-347, 2016.

WICKRAMARACHCHI, S. R.; AMARASINGHE, L. D. Annona glabra Leaf Extract as a Dengue Mosquito Larvicide. 2020. **Institute of Chemistry Ceylon**, Vol. 37 No. 3, September. P. 61-63, 2020.

ZAHRAN, H. E. D. M.; ABOU-TALEB, H. K.; ABDELGALEIL, S. A. Adulticidal, larvicidal and biochemical properties of essential oils against Culex pipiens L. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 20, n. 1, p. 133-139, 2017.

ZANI, L. B.; MOROZESK, M.; BONOMO, M. M.; ROCHA, L. D.; CORTE, V. B. A utilização e o potencial das sementes florestais. **Natureza On Line**, v. 11, n. 3, p. 118-124, 2013.

ZANIOL, F.; CALISTO, J. F.; COZZER, G.; FERRO, D. M.; DIAS, J. L.; RODRIGUES, L. G.; OLIVEIRA, J. V. Comparative larvicidal effect of Pterodon spp. extracts obtained by different extraction methods. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 166, p. 104993, 2020.

ZANOTTO, P. M. D. A.; LEITE, L. C. D. C. The challenges imposed by Dengue, Zika, and Chikungunya to Brazil. **Frontiers in immunology**, v. 9, p. 1964, 2018.

#### 4 AVALIAÇÃO DOS CONSTITUENTES FITOQUÍMICOS ENCONTRADOS NOS EXTRATOS OLEOSOS DE *Anacardium humile* E *Anacardium occidentale*

##### RESUMO

No cerrado brasileiro, encontra-se espécies nativas que compreendem a família Anacardiaceae com propriedades conhecidas de metabólitos secundários frequentemente utilizados nos ramos alimentício, farmacológico e industrial em muitas regiões do Brasil. O objetivo deste trabalho foi analisar os constituintes fitoquímicos das espécies *Anacardium occidentale* L. e *Anacardium humile* St. Hill, provenientes do Cerrado brasileiro, coletados na região sul da cidade de Gurupi no Estado do Tocantins. O método analítico inclui como técnica de análise a cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GCMS) do óleo bruto extraído da castanha do caju extraído com a utilização de solvente orgânico. Foram identificados como componentes majoritário fenol com teor de 58,10% em *Anacardium occidentale* e 3-((4,7)-Heptadeca-4,7-dien-1-yl) phenol com teor de 66,93%. No *Anacardium humile* também foi detectado ácido anacárdico, cardóis, cardanois, ácido palmítico, ácido oleico, ácido vacênico e ácido tridecanóico, dentre outros componentes minoritários. A análise da espectrometria de massa (GCMS) demonstrou metabólitos presentes no líquido da castanha do caju já identificados na literatura em outras espécies como sendo componentes importante na ação contra insetos e microrganismos patogênicos.

**Palavras-chaves:** Anacardiaceae; óleo vegetal; compostos bioativos; caju; cerrado.

#### EVALUATION OF PHYTOCHEMICAL CONSTITUENTS FOUND IN THE OIL EXTRACTS OF *Anacardium humile* AND *Anacardium Occidentale*

##### ABSTRACT

In the Brazilian cerrado, there are native species that comprise the Anacardiaceae family with known properties of secondary metabolites frequently used in the food, pharmacological and industrial sectors in many regions of Brazil. The objective of this work was to analyze the phytochemical constituents of the species *Anacardium occidentale* L. and *Anacardium humile* St. Hill, from the Brazilian Cerrado, collected in the southern region of the city of Gurupi in the State of Tocantins. The analytical method includes as analytical technique the gas chromatography coupled to mass spectrometry (GCMS) of crude oil extracted from cashew nuts extracted with the use of organic solvent. Phenol with a content of 58.10% in *Anacardium occidentale* and 3-((4,7)-Heptadeca-4,7-dien-1-yl) phenol with a content of 66.93% in *Anacardium humile* were identified as major components. and it was also detected anacardic acid, cardols, cardanols, palmitic acid, oleic acid, vaccenic acid and tridecanoic acid, among others in both species. The analysis of mass spectrometry (GCMS) showed metabolites present in cashew nut liquid already identified in the literature as an important insecticidal bioactive compound against insects and pathogenic microorganisms.

**Keywords:** Anacardiaceae; vegetable oil; bioactive compounds; cashew, cerrado.

## 4.1 INTRODUÇÃO

A exploração de recursos naturais da fauna e da flora, está em pauta na sociedade, que está atenta aos produtos de origem orgânica, em contrapartida aos produtos químicos geradores de prejuízos ambientais. Soluções viáveis como biocompostos produzidos por plantas do cerrado brasileiro, aplica neste conceito com o potencial metabólico a ser explorado nas pesquisas científicas. Nesta prospecção a cada dia mais compostos fitoquímicos de origem vegetal, se faz justo ao ponto em que a visão socioambiental avança nas análises destas potencialidades ecologicamente menos agressivas e com lucros humanitários no controle de vetores de doenças.

No Brasil em sua vasta extensão territorial com recursos florestais e diversidade de biomas, em especialmente no Norte e Nordeste sua flora gera muitos compostos ativos, com propriedade científica, econômica e cultural, a se destacar o caju como peça fundamental da produção nacional de castanha.

À família das Anacardiaceae possuem árvores de clima tropical, característica da América pertencente á alguns representantes como *Anacardium occidentale*, cultivada também em países da África e Ásia com maior produtividade na Índia (GÓMEZ-CARAVACA *et al.*, 2010).

No Brasil ela desempenha um papel importante no processo alimentício, farmacológico, agroindustrial e cultural de muitas comunidades que se apropriam dos recursos do cajueiro gerando renda e empregos em muitos locais inclusive no Nordeste (COSTA *et al.*, 2000).

Segundo Aragão (2015) é a única espécie cultivada comercialmente dos *Anacardium* por sua maior produtividade. O cajueiro pode atingir até 20 metros de altura, podendo se adaptar em diversos terrenos como terras arenosas e seus constituintes possuem características adstringentes, potencial contra diabetes e infecções, ressaltam Chaves *et al.* (2010).

As diversas partes do *Anacardium humile* St. Hill conhecido como cajuzinho-do-cerrado, um arbusto de pequeno porte, vem sofrendo com ações antrópicas em relação ao fogo por serem mais rasteiras (ALVES *et al.*, 2011). Podem ser utilizadas nos principais processos farmacológicos em efeito contra fungos do tipo *Candida albicans* (ROYO *et al.*, 2015). Em Nery *et al.* (2010) relatam o controle de endoparasitas nematoides com fitoquímicos do *A. humile* com taninos, flavonóides e alcaloides das folhas.

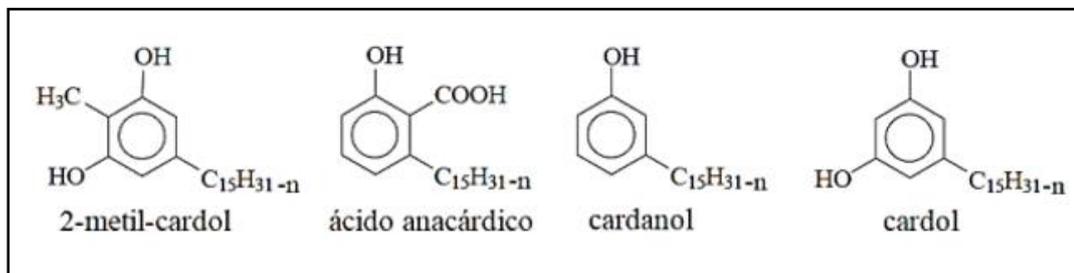
Os fenóis obtidos no processo de extração têm potencial farmacológico como substitutos sintéticos de compostos naturais, substituindo posições em hidroácidos. Compostos fenólicos

não-isopreno tem origem biosintética e podem constituir uma classe especial encontrada em várias espécies de plantas (GONZAGA, 2008).

A castanha do caju possui um quantitativo fitoquímico bem expressivo tais como: carotenoides, ácidos fenólicos e polifenóis, fatores que são influenciados por condições bióticas e abióticas incluindo tipo do vegetal, genótipo, tratamentos de colheita e armazenamento ou até o processo da torra que pode acarretar maior resistência ao calor nos isoflavonas e flavonóis segundo (BOLLING *et al.*, 2011; LOCHAB *et al.*, 2014; RODRIGUES, 2006 TREVISAN *et al.*, 2006).

A composição com alquifenóis se distribuem por várias partes do caju como castanha e líquido da casca, ácido anacárdico e cardóis (Figura 12) apresentam níveis significativo de redução de tocoferóis em detrimento da torra da castanha relativos ao tratamento e beneficiamento do caju (GÓMEZ-CARAVACA *et al.*, 2010). Fontes bioquímicas mais seguras e alternativas biológica fazem crescer a demanda por biodegradáveis como: cardanos, alquifenol na cadeia reprodutiva e industrial do caju (COSSA, 2015).

Figura 12 - Compostos químicos encontrados na castanha das (Anacardiaceae)



Fonte: Oliveira (2016).

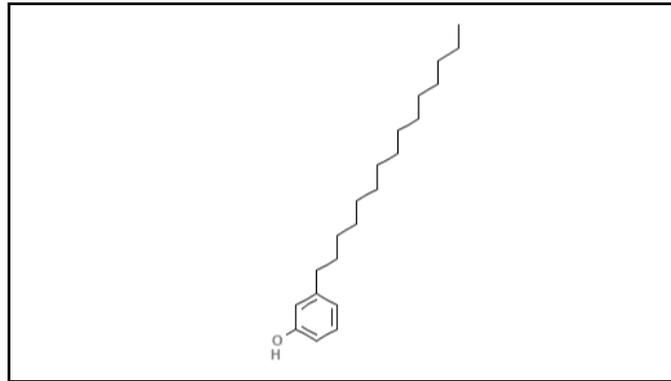
O extrato oleoso também demonstra outras atividades como ação de controle biológico com bactérias, com solventes resultantes da pirólise, com ação de hidrocarbonetos provindos da quebra de alquifenóis relacionando o tempo, como fator importante na obtenção do potencial desejado (BOLLING *et al.*, 2011).

A purificação do cardanol pode ser utilizada como aditivos, surfactantes, pesticidas, antioxidantes, lubrificantes com propriedades físicoquímicas de dupla ligação, compondo derivados antioxidantes resistente ao calor e hidrofobicidade (COSSA, 2015), bem como, na produção de ração para animais com a utilização de partes danificadas após o processamento industrial (TREVISAN *et al.*, 2006). A estrutura do cardanol tem semelhança com produtos

petroquímicos sendo considerados como propriedade de matéria prima renovável e biodegradável (DE OLIVEIRA, 2013).

Outras citotoxicidades foram relatadas em Gonzaga (2008), com compostos 3-pentadecil fenol isolados de extrato oleoso de *A. occidentale* (Figura 13). A substância 3-pentadecil não possui cheiro agressivo, possui pouca volatilidade e alto ponto de ebulição sendo um derivado do cardanol (DE OLIVEIRA, 2013).

Figura 13 - Compostos químicos encontrados na castanha das (Anacardiaceae), 3-pentadecil fenol

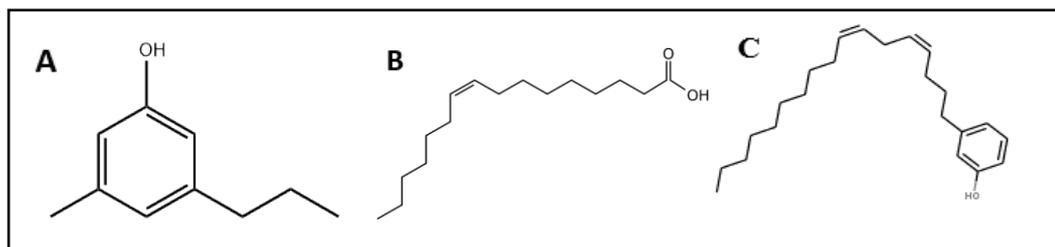


Fonte: Adaptado de National Center for Biotechnology Information (2021).

O cardanol em mistura e ligação com fenóis, com posições de ligação dupla e anéis fenólicos, obtêm uma estabilização térmica em temperaturas elevadas podendo ter várias aplicabilidades industriais (GONÇALVES 2018).

Outras Anacardiaceae como *Spondias purpúrea* (Ciriguela) em análise por CGMS, apresentaram importantes conteúdos fenólicos e flavonoides 9,17-Octadecadienal, 3 - ((4Z, 7Z) -Heptadeca-4,7-dien-1 -il) fenol, (Z) -3- (Heptadec-10-en-1-il) fenol e ácido n-hexadecanoico conhecido como (ácido palmítico) (Figura 14) (ELUFIOYE e BERIDA, 2018). O ácido N-hexadecanóico é utilizado nos cosméticos e possui ação aromática (CHEN *et al.*, 2018).

Figura 14 - Compostos químicos encontrados na castanha das (Anacardiaceae): 3-Methyl-5-propylphenol (A), Ácido Hexadecanóico (B) e 3 - ((4Z, 7Z) -Heptadeca-4,7-dien-1 -il) fenol (C)



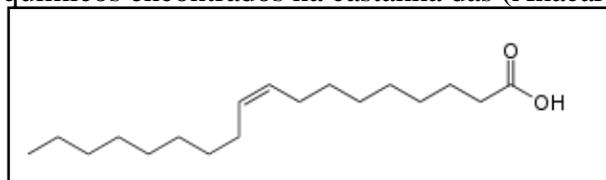
Fonte: Adaptado de National Center for Biotechnology Information (2021).

Com grande potencial socioeconômico a castanha tem em sua composição cerca de 70% do líquido da casca da castanha composto por ácido anacárdico que pode contaminar a amêndoa durante o processamento do caju comprometendo sua comercialização e cardóis com participação de 10% da castanha (AGOSTINI-SILVA *et al.*, 2005).

A característica bioativa do ácido anacárdico componente comum nas anacardiaceae funciona como armadilha física com toxinas ajudando na resistência contra pragas (SCHULTZ *et al.*, 2006). Possui ação contra o desenvolvimento de tumores cancerígenos (BOWEN *et al.*, 2015; SCHNEKENBURGER e DIEDERICH, 2015). O ácido anacárdico demonstrou efeito de toxicidade em mortalidade larval contra *A. aegypti* utilizando *A. occidentalis* (DE ANDRADE PORTO *et al.*, 2013).

Ácido palmítico e o ácido esteárico são possuem cadeia longa, saturada e o ácido oleico (Figura 15) representa lipídeos também encontrado na castanha do caju com cadeias longa denominado 9-octadecenóico destaca Gazzola *et al.* (2006).

Figura 15 - Compostos químicos encontrados na castanha das (Anacardiaceae): Ácido oleico



Fonte: Adaptado de National Center for Biotechnology Information (2021).

A hipótese do trabalho é que as espécies *A. occidentale* e *A. humile* com o melhor rendimento e concentração letal que melhor se expressou nas larvas de mosquitos *A. aegypti* utilizando extrato oleoso castanha de caju, possa pela determinação da composição dos elementos do óleo por meio da cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GCMS), definir os componentes majoritários e todos os outros presentes no extrato oleoso.

O presente estudo tem como objetivo avaliar as propriedades dos elementos químicos majoritários precursores da eficiência larvicida do *Anacardium occidentale* e *Anacardium humile* St. Hill, em razão da letalidade e rendimento.

## 4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo ocorreu em duas etapas; uma no Laboratório de Ciências Florestais e Ambientais, localizado no prédio do CEMAF (Centro de Monitoramento Ambiental e Manejo do Fogo) da Universidade Federal do Tocantins Campus de Gurupi, e a cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GCMS) no Laboratório De Métodos De Extração e Separação Universidade Federal De Goiás - UFG. O processo de extração envolveu espécies vegetais, nativas do cerrado, e com extração por solvente orgânico o extrato oleoso de: *A. occidentale* e *A. humile* extração foi executada conforme descrito por (SILVA *et al.*, 2018).

Após a queda os pseudo-fruto foram selecionados nas condições visuais descartando aqueles com injurias mecânicas, biológicas. Foram coletadas 500g do material, lavado com solução detergente neutro, limpos com água corrente e seco pelo período de três dias, em temperatura ambiente  $29 \pm 1^\circ\text{C}$ . Após esse período foram retirando 100g do pseudofruto (incluindo tegumento da casca e a noz), foi triturado no (liquidificador industrial de 4 litros), transferidas cada um para um erlenmeyer de 500 ml com 250 ml de solvente orgânico (acetona), filtrado duas vezes em papel filtro e agitado constantemente na temperatura ambiente. O óleo das sementes denominado líquido da castanha do caju (extrato oleoso) foi acondicionado em erlenmeyers cobertos com papel alumínio e guardados sob refrigeração à  $\pm 7^\circ\text{C}$  (LIMA *et al.*, 2000; SANTOS, 2017).

As análises foram realizadas em cromatógrafo a gás Agilent 7890B acoplado a espectrômetro de massas 7000D. O gás Hélio foi utilizado como gás de arraste com velocidade linear média de 30,405 cm/s. A temperatura do injetor foi de  $300^\circ\text{C}$  no modo Split a 1:100 para volume de injeção de 0,2  $\mu\text{L}$  de amostra. Utilizou-se coluna HP-5MS (30 m x 0,25 mm x 0,25  $\mu\text{m}$ ). O forno operou inicialmente a temperatura de  $100^\circ\text{C}$  com taxa de aquecimento de  $5^\circ\text{C}/\text{min}$  até  $160^\circ\text{C}$ , depois a  $1^\circ\text{C}/\text{min}$  até  $170^\circ\text{C}$  e  $10^\circ\text{C}/\text{min}$  até  $250^\circ\text{C}$ , totalizando 50 minutos de análise. A temperatura da interface foi mantida a  $250^\circ\text{C}$  e a fonte de íons em  $230^\circ\text{C}$ . O MS operou em modo Scan com faixa m/z de 17 a 400 daltons.

## 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise dos elementos químicos encontrados no extrato oleoso da castanha do caju estão apresentados na Tabela 4. A determinação qualitativa e semiquantitativa de ácidos graxos e terpenos das duas espécies foram os elementos majoritários encontrados no *Anacardium humile* foram cardanol 3-((4,7)-Heptadeca-4,7-dien-1-yl)phenol com teor 66,93%, seguidos do segundo Ácido 9-Octadecenóico que foi o teor de 16,11%.

Tabela 4: Identificação dos picos cromatográficos e o teor percentual do óleo de *Anacardium humille*

<b>Identificação</b>	<b>Tr (Min)</b>	<b>Teor (%)</b>
Ácido Hexadecanóico	26	1,57
Ácido 9-Octadecenóico	28,9	16,11
Ácido vacênico	29,1	5,36
3-((4,7)-Heptadeca-4,7-dien-1-yl)phenol	33,1	66,93
Phenol, 3-pentadecyl	33,3	2,91
5-(Pentadec-8-en-1-yl)benzene-1,3-diol	39,4	7,11

Tr – Tempo de retenção (min), Teor (%) – percentual.

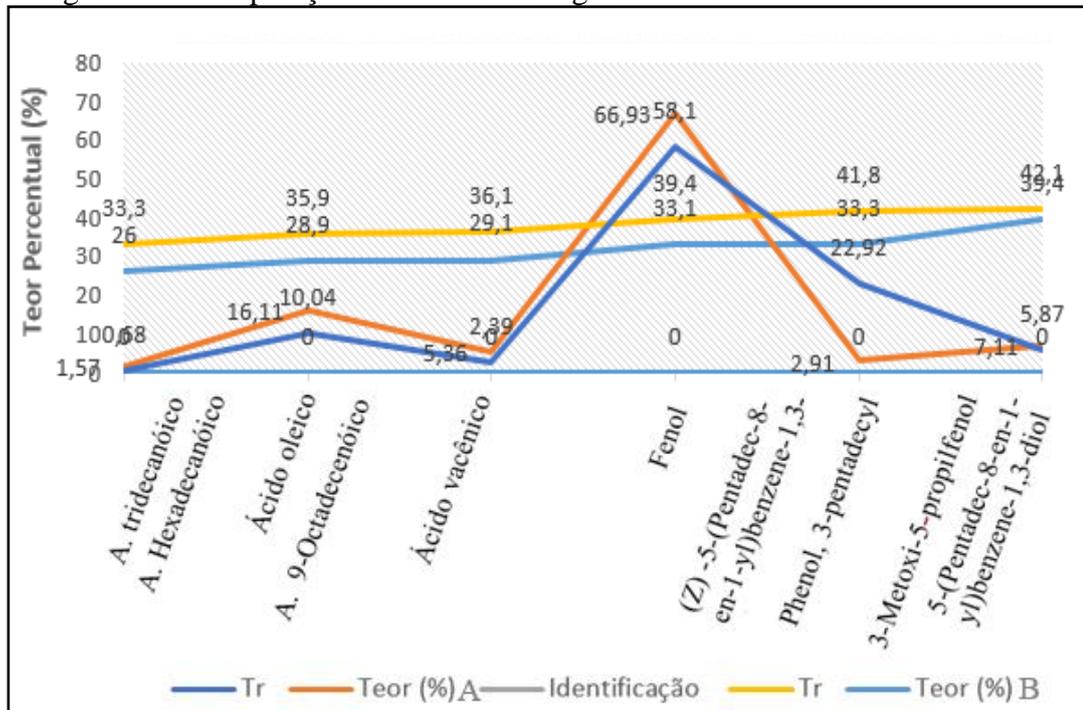
Para o *Anacardium occidentale* Tabela 5 os elementos majoritários foram Fenol com teor 58,10% seguido do segundo cardol (Z)-5-(Pentadec-8-en-1-yl)benzene-1,3-diol com teor 22,92%.

Tabela 5: Identificação dos picos cromatográficos e o teor percentual do óleo de *Anacardium occidentale*

<b>Identificação</b>	<b>Tr (Min)</b>	<b>Teor (%)</b>
Ácido tridecanóico	33,3	0,68
Ácido oleico	35,9	10,04
Ácido vacênico	36,1	2,39
Fenol	39,4	58,10
(Z)-5-(Pentadec-8-en-1-yl)benzene-1,3-diol	41,8	22,92
3-Metoxi-5-propilfenol	42,1	5,87

Tr – Tempo de retenção (min), Teor (%) – percentual.

O teor percentual de cada composto dos extratos oleosos de *A. humile* e *A. occidentale* pode ser visto na Figura 16. Existe diferença significativa na composição fitoquímica de cada elemento com a proximidade na composição do cardanol e fenol como elemento majoritário, nas duas espécies.

Figura 16 - Comparação entre os cromatogramas do *A. humile* e *A. occidentale*

Os compostos variaram nas duas espécies apresentando resultados próximos para os fenóis, cardanol 3-((4,7)-Heptadeca-4,7-dien-1-yl)phenol com teor de 66,93% em *A. humille*, e fenol 58,10% em *A. occidentale* em relação ao percentual quantitativo. O ácido oleico ou ácido 9-Octadecenóico foi maior seu teor 16,11% no *A. humille* em relação a outra espécie que apresentou teor de 10,4%. O cardol (5-(Pentadec-8-en-1-yl)benzene-1,3-diol) obteve teor de 7,11% em *A. humile* que foi menor que o cardol ((Z)-5-(Pentadec-8-en-1-yl)benzene-1,3-diol) do *A. occidentale*, com teor de 22,92% demonstrando a variação do composto nas duas espécies.

Outros compostos foram identificados também em menor quantidade o Ácido Hexadecanóico (ácido palmítico) 1,57%, ácido vacênico com 5,36%, cardanol 3-pentadecilfenol com teor de 2,91% e cardol 5-(Pentadec-8-en-1-yl)benzene-1,3-diol com teor 7,11%, em *A. humile* sendo que em *A. occidentale* quem teve menor teor foi o ácido tridecanóico com teor de 0,68% seguido por ácido vacênico com 2,39% e 3-Metoxi-5-propilfenol com 5,87%.

A composição do cardol ((Z)-5-(Pentadec-8-en-1-yl)benzene-1,3-diol) do *A. occidentale* teve o segundo melhor rendimento como um dos elementos majoritários em relação ao *A. humile*.

O grupo carboxílico ácido anacárdico tem a tendência a conversão para o cardanol por causa da ação térmica exercida (PARAMASHIVAPPA *et al.*, 2001; RODRIGUES, 2006).

Segundo Cossa (2015) a extração por solventes em temperaturas mais amenas proporciona uma menor quantidade de cardanol e um teor elevado de ácido anacárdico. Segundo Agostini-Silva *et al.* (2005) cerca de 70% do extrato da castanha teve sua composição de ácido anacárdico diferente dos cardóis apresentando do processo com 10%.

Os componentes principais na castanha do caju descritos por alguns autores são derivados do ácido anacárdico, cardanol, cardol, com cadeias laterais saturadas com atividade potencialmente aplicável como antioxidante, larvicida, potencializando o melhor efeito do cardanol principalmente contra larvas do mosquito *A. aegypti*, (KUBO *et al.*, 1986; OLIVEIRA *et al.*, 2011).

Em estudos do extrato oleoso extraído da castanha do caju demonstrou como conteúdo oleoso o cardanol 65%, cardol 20%, material polimérico 10%, e traços de metilcardol (COSSA, 2015). Os compostos identificados como ácidos anacárdicos 62,9%, cardanóis 6,99% e cardóis 23,98% com a caracterização do ácido anacárdico em concentrações letais contra larva do *A. aegypti* com LC<sub>50</sub> de 12,40ppm, o cardol com LC<sub>50</sub> de 5,55ppm e cardanol com CL<sub>50</sub> 8,20ppm reafirmam os bioativos desse óleo (OLIVEIRA *et al.*, 2011; OLIVEIRA 2021). Valores que diferem em quantidade de composto majoritário que sugere que os processos de extração variável entre os estudos podem estar associados ao tipo e metodologia aplicável. A metodologia de análise é robusta, com um dos melhores limites de detecção e quantificação.

Os cardanóis ou alquifenóis com cadeias insaturadas e saturadas o cardol e cardanol composto apolar típico de plantas da família Anacardiaceae, incluindo o cardanol 3-((4,7)-Heptadeca-4,7-dien-1-yl)phenol. Relatado também em Negri *et al.*, (2019) lipídeos fenólicos cardanóis 3-((4,7)-Heptadeca-4,7-dien-1-yl)phenol e 3-pentadecilfenol como constituinte majoritário no própolis da espécie *Scaptotrigona aff.* Postiça com efeitos antioxidante, larvicida dos cardanóis. E tratamento fito patogênico associado cardanol (DA SILVA *et al.*, 2019).

O componente cardanol retirado do extrato oleoso do caju é composto por vários graus de instauração de cadeia lateral, entre eles 3-pentadecilfenol, 3- (8Z-pentadecenil) –fenol, 3 - (8Z, 11Z-pentadecadienil) -fenol e 29% de 3- (8Z, 11Z, 14-pentadecatrienil) –fenol (BALACHANDRAN *et al.*, 2013; DE OLIVEIRA, 2013). Poucos trabalhos foram encontrados relatando cardanol em *A. humile* que sugere que o tamanho relativamente maior da castanha do *A. occidentale* possa influir na produção ou interesse dessas duas espécies.

O ácido anacárdico testado no teor de 69% de *A. Humile* representou um LC<sub>50</sub> de 0,07 mg.ml<sup>-1</sup> e 0,009 mg.ml<sup>-1</sup> contra *A. aegypti* (DE ANDRADE PORTO *et al.*, 2013). Ácido anacárdico e cardol demonstraram efeito larvicida *C. quinquefasciatus* com LC<sub>50</sub> de 5,3 mg/L

para o ácido anacárdico e 6,7 mg/L para o cardol (CARVALHO, 2018). Valores próximos ao do *A. humile* e *A. occidentale* apresentados neste trabalho corroborando para os fenóis majoritários também expressos em outros autores e nos dados referentes aos capítulos anteriores deste trabalho.

Para Lochab *et al.* (2014) a composição do extrato oleoso em meio a extração natural e a térmica mais comum dentre o processo industrial alguns elementos são aumentados devido ação térmica do cardanol que varia de 60% in- natura para 68% com descarboxilação do ácido anacárdico. Relatado também em Rios (2008) a mudança do ácido anacardico e cardanol referente ao aumento da temperatura. Elufioye e Berida (2018) identificaram composições químicas em Anacardiaceae *Spondias purpúrea* para determinar os fenólicos como 3 - ((4Z, 7Z) -Heptadeca-4,7-dien-1 -il) fenol (cardanóis) com teor de 12% ácido n-hexadecanoico com 7,07% e 9,17-Octadecadienal 5,43%.

O ácido anacárdico apresentou alta correlação sob influência de ação da temperatura e precipitação e umidade relativa do ar influenciando nos altos teores de ácido anacárdico, trazendo característica palatáveis de adstringência ao caju, mas aumentando o quantitativo de bioativos, acumulados Agostini-Costa *et al.* (2004). Descrito também em Costa *et al.* (2000) a relação palatável do ácido anacárdico e diferenciando o teor do mesmo em extrato oleoso natural e extrato descarboxilado. Apresentando também compostos fenólicos como ácido anacárdico na casca do caule de *A. occidentale* (CHAVES *et al.*, 2010).

O extrato de folhas de *A. humile* teve resultados com o isolamento de ácido oleanólico, ácidos triterpênicos ácido oleanólico, ácido ursólico, ácido betulínico e ácido anacárdico que caracterizam o quantitativo de metabólicos secundários de defesa contra patógenos (MATIAS *et al.*, 2013).

A composição de ácido oleico foi menor em *A. occidentale* 10,04% do que 16,11% em *A. humile* assim como os valores de ácidos anacárdicos. Altos teores de ácidos graxos insaturados, ácido oleico, em *A. occidentale* teve parâmetros entre 60 a 65%, ácido linoleico 19% e ácido palmítico com 10% utilizando técnica de solvente orgânico e Soxhlet (LAFONT e PORTACIO, 2011; LIMA *et al.*, 2004; NOBRE *et al.*, 2015; RICO *et al.*, 2016).

Ácido vacênico é considerado um ácido graxo importante da gordura dos animais ruminantes, que pode ser convertido em ácido linoleico segundo (TURPEINEN *et al.*, 2002). O ácido vacênico por ser um isômero do ácido oleico, pode proporcionar benefícios a saúde humana (FIELD *et al.*, 2009).

Foram encontradas poucas referencias em relação ao 3-Metoxi-5-propilfenol, descrita como composto encontrado em líquens com ação antimicrobiana (SHIROMI *et al.*, 2021). Identificado também em musgo de carvalho *Euernia prunastri* (TER HEIDE *et al.*, 1975).

Visto também em Urrea-Victoria e Sequeda-Castañeda (2011) *A. excelsum* ácido oleico, ácido octadecanóico; ácido 9-octadecenóico; 3-pentadecilfenol, elementos metabólicos com potencial microbianos e conservantes alimentares. Em *A. excelsum* foi relatado compostos como; ácido (Z) -9-octadecenóico, ácido hexadecanóico, ácido linolênico, 3-pentadecil-fenol em (PEPPLE *et al.*, 2020; SEQUEDA-CASTAÑEDA *et al.*, 2021).

O composto do extrato oleoso de *A. occidentale* 3-pentadecilfenol, também foi identificado em Yuliana *et al.* (2014). O ácido tridecanóico foi citado como um dos elementos em resultados de análise de bagaço de pedúnculo de caju como atividade antioxidante (BROINIZI *et al.*, 2008).

Componentes majoritários de ácido hexadecanóico com teor 57,59% em casca de cajuete (Cuité) obteve bons resultados na atividade larvicida contra *A. aegypti* (ABREU, 2015). Elemento identificado em *A. humile* em pequena concentração com teor de 1,57%.

Em Rico *et al.* (2016) analisaram perfil de ácidos graxos de diversas amostras de caju e observou constância no teor do ácido hexadecanóico ou palmítico e ácido heptadecanóico em diferentes localidades, e pouca variação no teor de ácido vacênico com constância majoritário de ácido oleico. Fatores abióticos podem inferir condições metabólicos de estresse hídrico em *A. occidentale* com redução gradativa da massa constituinte de lipídeos na castanha do caju (OLIVEIRA *et al.*, 2021). O teor de cada componente também pode variar em razão da espécie da planta e do local que ela se encontra (MORAIS *et al.*, 2017).

As diferentes metodologias de extração a frio a quente, torrefação ou até o tipo específico de solvente orgânico no processo de manufatura do óleo, extrato bruto, essencial ou composto isolado separadamente influi no metabólico secundário apresentado naquela extração isso demonstrado nos valores divergentes principalmente de ácidos anacárdico e cardois apresentados no trabalho e nos outros autores apresentados.

Em Oliveira (2016) sugere a relação da polaridade alta do ácido anacárdico e cardol como compostos apolares ou anfifílica no processo de extração a frio e com solventes polares em extrato oleoso de caju. Até mesmo o tempo de processamento do óleo ou solvente específico, ouve mudança na composição e teor de metabólicos como ácidos anacárdicos e cardois extraídos com metanol ou polímeros (PHANI KUMAR *et al.*, 2002; YULIANA *et al.*, 2014). A escolha do composto solvente na extração dos polifenóis e fitoesteróis tem

significância quanto a quantificação dos fotoquímicos da análise da noz (BOLLING *et al.*, 2011).

Em Carioca *et al.* (2005) citam dois processos de extração do extrato técnico com 60 a 65% de cardanol, cardol de 15 a 20%, e extraído por solvente apresentou 60 a 65% de ácido anacárdico cardol de 15 a 20% e cardanol 10%. Segundo Schulze-Kaysers *et al.* (2015) o cardol é encontrado principalmente casca da castanha do caju, e as nozes em pequenas quantidades, relatando frequentes exposições de dermatite com o contato com o pseudofruto como a causa provável da relação dessa dermatite com o cardol e ácido anacárdico.

#### 4.4 CONCLUSÕES

A análise da cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GCMS), demonstrou a composição dos óleos das espécies e *A. humile* e *A. occidentale*, determinando os compostos majoritários 3-((4,7)-Heptadeca-4,7-dien-1-yl) phenol e ácido oleico, em *A. humile* e Fenol e (Z)-5-(Pentadec-8-en-1-yl)benzene-1,3-diol em *A. occidentale*

Dentre os compostos identificados nas duas espécies são: ácido anacárdico, cardóis, cardanois, ácido palmítico, ácido oleico, ácido vacênico e ácido tridecanóico, dentre outros, que demonstram a correlação com os principais bioativos citados na literatura com potencial larvicida.

A propriedade dos elementos bioativos encontrados no extrato oleoso de espécies nativas do cerrado tocantinense será de grande importância em pesquisas posteriores no isolamento dos compostos e testes em vetores de doenças tropicais como larvas mosquitos *A. aegypti* na produção de bioinseticidas utilizando esses metabólitos secundários.

#### 4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, G.D.L. **Avaliação da atividade larvicida de *Crescentia cujete* (Cuité) frente ao *Aedes aegypti* L. (Culicidae)**. 2015. 54 fl. (Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia), Curso de Bacharelado em Farmácia, Centro de Educação e Saúde, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, Paraíba, 2015.
- AGOSTINI-COSTA, T. D. S.; JALES, K. A.; GARRUTI, D. D. S.; PADILHA, V. A.; LIMA, J. B. D.; AGUIAR, M. D. J.; PAIVA, J. R. D. Teores de ácido anacárdico em pedúnculos de cajueiro *Anacardium microcarpum* e em oito clones de *Anacardium occidentale* var. *nanum* disponíveis no Nordeste do Brasil. **Ciência Rural**, v. 34, n. 4, p. 1075-1080, 2004.
- AGOSTINI-SILVA, T. D. S.; JALES, K. A.; DE OLIVEIRA, M. E. B.; GARRUTI, D. D. S. Determinação espectrofotométrica de ácido anacárdico em amêndoas de castanha de

caju. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Comunicado Técnico**, Brasília, DF, 2005. p. 10.

ALVES, H. P. S.; REIS, E. F.; CARVALHO, R. S.; PINTO, J. F. N. Variabilidade Morfológica de Frutos e Pseudofrutos de Acessos de Cajuzinho-do-Cerrado (*Anacardium Humile* A. St. Hill). In: 6º Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 2011, Búzios. **Anais**. Búzios: SBMP, 2011. p. 1-5.

ARAGÃO, J.A.D.S. **Análise e aplicações biotecnológicas de proteínas ligantes à quitina de sementes de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* var. *nanum*)**. 2015. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Campus de Sobral, Universidade Federal do Ceará, Sobral, 2015.

BALACHANDRAN, V. S.; JADHAV, S. R.; VEMULA, P. K.; JOHN, G. Recent advances in cardanol chemistry in a nutshell: from a nut to nanomaterials. **Chemical Society Reviews**, v. 42, n. 2, p. 427-438, 2013.

BOLLING, B. W.; CHEN, C. Y. O.; MCKAY, D. L.; BLUMBERG, J. B. Tree nut phytochemicals: composition, antioxidant capacity, bioactivity, impact factors. A systematic review of almonds, Brazils, cashews, hazelnuts, macadamias, pecans, pine nuts, pistachios and walnuts. **Nutrition research reviews**, v. 24, n. 2, p. 244-275, 2011.

BROINIZI, P. R. B.; ANDRADE-WARTHA, E. R. S. D.; SILVA, A. M. D. O.; TORRES, R. P., AZEREDO, H. M. C.; ALVES, R. E.; MANCINI-FILHO, J. Propriedades antioxidantes em subproduto do pedúnculo de caju (*Anacardium occidentale* L.): efeito sobre a lipoperoxidação e o perfil de ácidos graxos poliinsaturados em ratos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, p. 773-781, 2008.

CARIOCA, J. O. B.; VASCONCELOS, G. F. C.; ABREU, R. F. A.; MONTEIRO, C. T. F. Processo de purificação do líquido da castanha do caju (LCC) para isolamento do cardanol. In: **Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, Salvador, BA, 2005**. Disponível em: <[http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/3/trabalhos/IBP0670\\_05.pdf](http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/3/trabalhos/IBP0670_05.pdf)>. Acesso em 2 de novembro de 2016).

CARVALHO, G. H. F. D. **Caracterização química e avaliação do efeito inseticida de frações obtidas de *Anacardium occidentale* sobre vetores de doenças e insetos-pragas agrícolas**. 2018. Tese (doutorado) —Universidade de Brasília, Faculdade de Medicina, Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas, Brasília, 2018.

CHAVES, M. H.; ANTÔNIA M. G. L. C.; LOPES, J. A. D.; COSTA, D. A. D.; OLIVEIRA, C. A. A. D.; COSTA, A. F.; BRITO JÚNIOR, F. E. M. Fenóis totais, atividade antioxidante e constituintes químicos de extratos de *Anacardium occidentale* L., Anacardiaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 1, p. 106-112, 2010.

CHEN, W. H.; WANG, C. W.; KUMAR, G.; ROUSSET, P.; HSIEH, T. H. Effect of torrefaction pretreatment on the pyrolysis of rubber wood sawdust analyzed by Py-GC/MS. **Bioresource technology**, v. 259, p. 469-473, 2018.

COSSA, T. M. **Síntese, caracterização e atividade biológica de ligantes e complexos de cobre (II) baseados no cardanol para o controle de mosquitos (diptera-culicidae)**. 2015.

Dissertação de mestrado, Programa de PósGraduação em Química da Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS, 2015.

COSTA, T. D. S. A.; DOS SANTOS, J. R.; GARRUTI, D. D. S.; FEITOSA, T. Caracterização, por cromatografia em camada delgada, dos compostos fenólicos presentes em pedúnculos de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 18, n. 1, 2000.

DA SILVA, A. L. B.; ALVES, C. R.; MATOS, D. M. A.; DO VALE ABREU, K.; OLIVEIRA, M. R. F.; DE LIMA, S. N. L.; MAIA, S. S. V. ESTUDO COMPARATIVO DO CARDANOL E SEU ANÁLOGO NO TRATAMENTO DO FITOPATÓGENO LASIODIPLODIA THEOBROMAE. In: PEREIRA, A.I.A. **As ciências exatas e da terra e a interface com vários saberes**. Ponta Grossa: ed. Atena, 2019. p. 1-388–416.

SCHULTZ, D. J.; WICKRAMASINGHE, N. S.; KLINGE, C. M. Anacardic Acid Biosynthesis and Bioactivity. In: ROMEO, J. T. (Ed.). **Recent Advances in Phytochemistry**. Florida: Elsevier, v. 40, 2006. p. 131-156.

DE ANDRADE PORTO, K. R.; ROEL, A. R.; MACHADO, A. A.; CARDOSO, C. A. L.; DE OLIVEIRA, J. M. Atividade inseticida do líquido da castanha de caju sobre larvas de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 11, n. 4, 2013.

DE OLIVEIRA S. R. **REAÇÕES DE SUBSTITUIÇÃO ELETROFÍLICA NO CARDANOL E DERIVADOS HIDROGENADOS. EFEITO DE IMPUREZAS NA REATIVIDADE DE MATÉRIAS-PRIMAS RENOVÁVEIS BRASILEIRAS**. 2013. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Rio de Janeiro, 2013.

ELUFIOYE, T. O.; BERIDA, T. I. GC-MS analysis and antioxidant activity of *Spondias purpurea* L (Anacardiaceae). **Pharmacognosy Journal**, v. 10, n. 5, 2018.

FIELD, C. J.; BLEWETT, H. H.; PROCTOR, S.; VINE, D. Human health benefits of vaccenic acid. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 34, n. 5, p. 979-991, 2009.

GAZZOLA, J.; GAZZOLA, R.; COELHO, C.; WANDER, A.; CABRAL, J. D. O. A amêndoa da castanha-de-caju: composição e importância dos ácidos graxos-produção e comércio mundiais. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, XLIV, 2006, Fortaleza. **Anais**. Florianópolis: Embrapa, 2006. p. 1-4.

GÓMEZ-CARAVACA, A. M.; VERARDO, V.; CABONI, M. F. Chromatographic techniques for the determination of alkyl-phenols, tocopherols and other minor polar compounds in raw and roasted cold pressed cashew nut oils. **Journal of Chromatography A**, v. 1217, n. 47, p. 7411-7417, 2010.

GONÇALVES, R. V. **Desenvolvimento de materiais politérmicos empregando fenóis naturais provenientes do líquido da casca da castanha de caju**. Tese (Doutorado)

Programa de PósGraduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais (PGETEMA) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2018.

GONZAGA, W. A. **Preparação e avaliação farmacológica de derivados dos lipídios fenólicos do líquido da casca da castanha de caju**. 2008. Dissertação (mestrado) — Universidade de Brasília, Faculdade de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Brasília, 2008.

KUBO, I.; KOMATSU, S.; OCHI, M. Molluscicides from the cashew *Anacardium occidentale* and their large-scale isolation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 34, n. 6, p. 970-973, 1986.

LAFONT, J. J.; PORTACIO, A. A. Extracción y caracterización fisicoquímica del aceite de la semilla (almendra) del marañón (*Anacardium occidentale* L). **Información tecnológica**, v. 22, n. 1, p. 51-58, 2011.

LIMA, C. A. A.; PASTORE, G. M.; LIMA, E. D. P. de A. Estudo da atividade antimicrobiana dos ácidos anacárdicos do óleo da casca da castanha de caju (CNSL) dos clones de cajueiro-anão-precoce CCP-76 e CCP-09 em cinco estágios de maturação sobre microrganismos da cavidade bucal. **Food Science and Technology**, v. 20, n. 3, p. 358-362, 2000.

LIMA, A. C.; GARCIA, N. H. P.; LIMA, J. R. Obtenção e caracterização de dois produtos principais do caju. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 22, n. 1, 2004.

LOCHAB, B.; SHUKLA, S.; VARMA, I. K. Naturally occurring phenolic sources: monomers and polymers. **RSC advances**, v. 4, n. 42, p. 21712-21752, 2014.

MATIAS, R.; ROEL, A. R.; ANDRADE FILHO, N. N.; SCHLEDER, E. E. D.; YASUNAKA, D. S.; CARDOSO, C. A. Controle de mosca-branca em mandioca cultivada em casa de vegetação tratada com extrato de *Anacardium humile* (Anacardiaceae). **Biosci. j. (Online)**, v. 29, n. 6, p. 1815-1822, 2013.

MORAIS, S. M.; SILVA, K. A.; ARAUJO, H.; VIEIRA, I. G.; ALVES, D. R.; FONTENELLE, R. O.; SILVA, A. Anacardic acid constituents from cashew nut shell liquid: NMR characterization and the effect of unsaturation on its biological activities. **Pharmaceuticals**, v. 10, n. 1, p. 31, 2017.

National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary. Available: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>>. Accessed 12 December, 2021.

NEGRI, G.; SILVA, C. C. F.; COELHO, G. R.; NASCIMENTO, R. M. D.; MENDONÇA, R. Z. Cardanols detected in non-polar propolis extracts from *Scaptotrigona aff. postica* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, 2019.

NERY, P. S.; NOGUEIRA, F. A.; MARTINS, E. R.; DUARTE, E. R. Effects of *Anacardium humile* leaf extracts on the development of gastrointestinal nematode larvae of sheep. **Veterinary Parasitology**, v. 171, n. 3-4, p. 361-364, 2010.

NOBRE, A. D. O.; MAGALHAES, H. C. R.; LIMA, J. R. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E ACEITAÇÃO SENSORIAL DO ÓLEO DE AMÊNDOA DE CASTANHA

DE CAJU (ANACARDIUM OCCIDENTALE): COMPARAÇÃO COM ÓLEOS COMERCIAIS. **Journal of Fruits and Vegetables**, v. 1, n. 1, p. 1-4, 2015.

OLIVEIRA, M. S. C.; DE MORAIS, S. M.; MAGALHÃES, D. V.; BATISTA, W. P.; VIEIRA, Í. G. P.; CRAVEIRO, A. A.; DE LIMA, G. P. G. Antioxidant, larvicidal and antiacetylcholinesterase activities of cashew nut shell liquid constituents. **Acta Tropica**, v. 117, n. 3, p. 165-170, 2011.

OLIVEIRA, N. F. **Isolamento dos constituintes do Tegumento da Castanha de Cajú (TCC) e avaliação do seu potencial como antioxidante natural**. 2016 Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

OLIVEIRA, M. S. C.; SARAIVA, L. F. M.; DE LIMA, E. A.; MENDES, L. L. C.; CARNEIRO, M. T. A.; DE PAULA, F. M. Metabolism of lipid and fatty acid composition of early dwarf cashew (*Anacardium occidentale* L.) leaves under water deficiency. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 48489-48499, 2021.

PARAMASHIVAPPA, R.; KUMAR, P. P., VITHAYATHIL, P. J.; RAO, A. S. Novel method for isolation of major phenolic constituents from cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut shell liquid. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 5, p. 2548-2551, 2001.

PEPPLE, N. M.; EKORIKO, W. U.; IDIH, F. M.; CHIDOZIE, V. O. Chemo preventive effect of methanol extract of *Anacardium occidentale* nut shell on ultra-violet radiation induced skin damage. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 14, n. 9, p. 488-495, 2020.

PHANI KUMAR, P.; PARAMASHIVAPPA, R.; VITHAYATHIL, P. J.; SUBBA RAO, P. V.; SRINIVASA RAO, A. Process for isolation of cardanol from technical cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut shell liquid. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 16, p. 4705-4708, 2002.

RICO, R.; BULLÓ, M.; SALAS-SALVADÓ, J. Nutritional composition of raw fresh cashew (*Anacardium occidentale* L.) kernels from different origin. **Food science & nutrition**, v. 4, n. 2, p. 329-338, 2016.

RIOS, M. A. S. **Síntese e Aplicabilidade de Antioxidantes derivados do Cardanol hidrogenado**. Tese (Doutorado – área de concentração Química Inorgânica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

RODRIGUES, F. H. A. **Ação antioxidante de derivados do líquido da castanha de cajú (LCC) sobre a degradação termooxidativa do POLI (1, 4-CIS-ISOPRENO)**. 2006. Tese (Doutorado em Química Inorgânica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

ROYO, V. D. A.; MERCADANTE-SIMÕES, M. O.; RIBEIRO, L. M.; DE OLIVEIRA, D. A., AGUIAR, M. M. R.; COSTA, E. R.; FERREIRA, P. R. B. Anatomy, histochemistry, and antifungal activity of *Anacardium humile* (*Anacardiaceae*) leaf. **Microscopy and Microanalysis**, v. 21, n. 6, p. 1549-1561, 2015.

SANTOS, E. D. S. **Otimização de um método extrativo a partir dos frutos de *Pterodon pubescens* BENTH. Com vistas a obtenção de extratos e formulações com atividade**

**antileishmania**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2017.

SCHNEKENBURGER, M.; DIEDERICH, M. Nutritional Epigenetic Regulators in the Field of Cancer. In: GRAY, E. **Epigenetic Cancer Therapy**. Boston: ed. cademic Press, 2015. p. 393-425.

SCHULZE-KAYSERS, N.; FEUEREISEN, M. M.; SCHIEBER, A. Phenolic compounds in edible species of the Anacardiaceae family—a review. **RSC Advances**, v. 5, n. 89, p. 73301-73314, 2015.

SEQUEDA-CASTAÑEDA, L. G.; CELIS-ZAMBRANO, C. A.; TORRENEGRA, R. D. Bioassay-guided fractionation in *Anacardium excelsum* (bert. & balb. ex kunth) skeels (anacardiaceae). **Pharmacologyonline**, v. 1, p. 426-446, 2021.

SHIROMI, P. S. A. I.; HEWAWASAM, R. P.; JAYALAL, R. G. U.; RATHNAYAKE, H.; WIJAYARATNE, W. M. D. G. B.; WANNIARACHCHI, D. Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Two Sri Lankan Lichens, *Parmotrema rampoddense*, and *Parmotrema tinctorum* against Methicillin-Sensitive and Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus*. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2021, 2021.

TER HEIDE, R.; PROVATOROFF, N.; TRAAS, P. C.; DE VALOIS, P. J.; VAN DER PLASSE, N.; WOBLEN, H. J.; TIMMER, R. Qualitative analysis of the odoriferous fraction of oakmoss (*Evernia prunastri*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 23, n. 5, p. 950-957, 1975.

TREVISAN, M. T. S. PFUNDSTEIN, B. HAUBNER, R. WÜRTELE, G. SPIEGELHALDER, B.; BARTSCH, H.; OWEN, R. W. Characterization of alkyl phenols in cashew (*Anacardium occidentale*) products and assay of their antioxidant capacity. **Food and Chemical toxicology**, v. 44, n. 2, p. 188-197, 2006.

TURPEINEN, A. M.; MUTANEN, M.; ARO, A., SALMINEN, I.; BASU, S.; PALMQUIST, D. L.; GRIINARI, J. M. Bioconversion of vaccenic acid to conjugated linoleic acid in humans. **The American journal of clinical nutrition**, v. 76, n. 3, p. 504-510, 2002.

URREA-VICTORIA, V.; SEQUEDA-CASTAÑEDA, L. G. Evaluación de los extractos de *Anacardium excelsum* (Anacardiaceae) como alternativa hacia la preservación de alimentos. **Vitae**, v. 19, n. 1, p. S394-S396, 2012.

YULIANA, M.; NGUYEN-THI, B. T.; FAIKA, S.; HUYNH, L. H.; SOETAREDJO, F. E.; & JU, Y. H. Separation and purification of cardol, cardanol and anacardic acid from cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut-shell liquid using a simple two-step column chromatography. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v. 45, n. 5, p. 2187-2193, 2014.

## 5 AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Monitoramento Ambiental e Manejo do Fogo (CEMAF), aos Professores, orientadores, técnicos de laboratório e colegas de mestrado.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A relevância dos compostos provenientes do bioma cerrado, com sua composição fitoquímica em meio a diversidade de plantas, proporciona uma interação fitossanitária que pode prover para sociedade em geral, recursos valiosos a serem explorados para o controle de patologias causadas principalmente por vetores de doenças tropicais dentre outras, como é o caso dos mosquitos transmissores.

As espécies do cerrado *A. occidentale* e *A. humile*, utilizando a castanha apresentou melhores rendimentos de extração demonstrada na técnica por solvente orgânico. Letalidade de LC<sub>50</sub> e LC<sub>90</sub> dos oleos analisados no estudo tem funcionabilidade larvicida, sendo que duas espécies se destacaram como *A. occidentale* e *A. humile* contra larvas do terceiro estágio de *A. aegypti*. Cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GCMS) demonstrou que em *A. humile* e *A. occidentale*, determinando os compostos majoritários 3-((4,7)-Heptadeca-4,7-dien-1-yl) phenol e ácido oleico, em *A. humile* e Fenol e (Z)-5-(Pentadec-8-en-1-yl)benzene-1,3-diol em *A. occidentale*

O cerrado dispõe de uma variedade de compostos metabólicos em diversas partes vegetais, que inclui o processo de identificação, extração e inoculação no processo alvo, em que o papel dos pesquisadores em inovar os processos de identificação desses compostos tem como foco a importância desse bioma para a humanidade. O contexto socioambiental também se expressa no tocante a utilização de compostos naturais em detrimento aos químicos, o que eleva ainda mais os resultados obtidos com o presente trabalho, que está inserido na temática do desenvolvimento sustentável.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARASINGHE, L. D.; WICKRAMARACHCHI, P. A. S. R.; ABERATHNA, A. A. A. U.; SITHARA, W. S.; DE SILVA, C. R. Estudo comparativo da atividade larvicida de nanopartículas de prata sintetizadas em verde e extrato aquoso de *Annona glabra* (Annonaceae) no controle de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). **Heliyon**, v. 6, n. 6, p. e04322, 2020.

ANGELLA, F.C. O. **Avaliação da atividade antioxidante em extratos de frutas típicas do cerrado brasileiro**. 2014. Dissertação (Mestrado em Química Analítica e Inorgânica) - Instituto de Química de São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2014.

BARBOSA, D. B. **Avaliação das atividades antimicrobiana, antioxidante e análise preliminar da mutagenicidade do extrato aquoso das folhas de *Anacardium humile* St. Hill. (Anacardiaceae).** 2008. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

BASTOS, R. P. Anfíbios do cerrado. **Herpetologia no Brasil II**, v. 1, n. 87, p. 100, 2007.

BERNABÉ-ANTONIO, A.; ÁLVAREZ-BERBER, LP; ÁLVAREZ-BERBER, F. Biological Importance of Phytochemicals from *Calophyllum brasiliense* Cambess. **Annual Research & Review in Biology**, v.4, n10, p. 1502-1517, 2014.

BIBA, V. S.; AMILY, A.; SANGEETHA, S.; REMANI, P. Anticancer, antioxidant and antimicrobial activity of Annonaceae family. **World J. Pharm. Pharm. Sci**, v. 3, p. 1595-1604, 2014.

BRENZAN, M. A.; NAKAMURA, C. V.; DIAS FILHO, B. P.; UEDA-NAKAMURA, T.; YOUNG, M. C. M.; CORTEZ, D. A. G. Antileishmanial activity of crude extract and coumarin from *Calophyllum brasiliense* leaves against *Leishmania amazonensis*. **Parasitology research**, v. 101, n. 3, p. 715-722, 2007.

BUENO-SÁNCHEZ, J. G.; MARTÍNEZ-MORALES, J. R.; STASHENKO, E. E.; RIBÓN, W. Anti-tubercular activity of eleven aromatic and medicinal plants occurring in Colombia. **Biomédica**, v. 29, n. 1, p. 51-60, 2009.

BUSTAMANTE, K. G. L.; LIMA, A. D. F.; SOARES, M. L.; FIUZA, T. S.; TRESVENZOL, L. M. F.; BARA, M. T. F.; PAULA, J. R. Evaluation of antimicrobial activity of crude ethanol extract from the bark of "sucupira branca" (*Pterodon emarginatus* Vogel)-Fabaceae. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 12, n. 3, p. 341-345, 2010.

CABRAL, S. D. S. **Atividade larvívica do extrato bruto de *Swinglea glutinosa* evidenciada pelas alterações morfohistológicas em larvas de *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae).** 2015. 42 f. Dissertação (Mestrado em Biologia da Relação Parasito-Hospedeiro) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

CARVALHO, R. D. S.; PINTO, J. F. N.; REIS, E. F. D.; SANTOS, S. C.; DIAS, L. A. D. S. Variabilidade genética de cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile* ST. HILL.) Por meio de marcadores RAPD. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 1, p. 227-233, 2012.

COCHRANE, C. B.; NAIR, P. R.; MELNICK, S. J.; RESEK, A. P.; RAMACHANDRAN, C. Anticancer effects of *Annona glabra* plant extracts in human leukemia cell lines. **Anticancer research**, v. 28, n. 2A, p. 965-971, 2008.

CORREIA, S. J.; DAVID, J. P.; DAVID, J. M. Metabólitos secundários de espécies de Anacardiaceae. **Química Nova**, v. 29, n. 6, p. 1287-1300, 2006.

CORONADO, L. E. S.; PATERNINA, G. A.; ACOSTA, S. E.; BERMÚDEZ, A. A. Extracción y caracterización de pectinas a partir del fruto de Limón *Swinglea* (*Swinglea glutinosa*). **Revista Sennova: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación**, v. 2, n. 1, p. 70-83, 2016.

**CRUZ, S. A. B. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE TÓXICA E DO PERFIL FITOQUÍMICO DE DUAS ESPÉCIES DA FAMÍLIA FABACEAE: BOWDICHIA VIRGILIOIDES KUNTH E PTERODON EMARGINATUS VOGEL. 2016. 56 f.**

Trabalho de conclusão de curso de Licenciatura em Química - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Anápolis, 2018.

DA COSTA GAMA, R.; DE CARVALHO SANTANA, T. T.; SILVA, T. G. N.; DE ANDRADE, V. C. L.; DE SOUZA, P. B. Fitossociologia e estrutura diamétrica de um fragmento de Cerrado sensu stricto, Formoso do Araguaia, Tocantins. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 4, p. 501-507, 2018.

DA SILVA, N. L. A.; MIRANDA, F. A. A.; DA CONCEIÇÃO, G. M. Triagem fitoquímica de plantas de Cerrado, da área de proteção ambiental municipal do Inhamum, Caxias, Maranhão. **Scientia Plena**, v. 6, n. 2, 2010.

DE ANDRADE FILHO, Nézio Nery et al. Toxicity of aqueous extract of anacardium humile leaves on bemisia tuberculata. 2010.

DE ANDRADE PORTO, K. R.; ROEL, A. R.; MACHADO, A. A.; CARDOSO, C. A. L.; DE OLIVEIRA, J. M. Atividade inseticida do líquido da castanha de caju sobre larvas de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 11, n. 4, 2013.

DE CARVALHO, G. H. F.; DE ANDRADE, M. A.; DE ARAÚJO, C. N.; SANTOS, M. L.; DE CASTRO, N. A.; CHARNEAU, S.; BASTOS, I. M. D. Larvicidal and pupicidal activities of eco-friendly phenolic lipid products from *Anacardium occidentale* nutshell against arbovirus vectors. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 6, p. 5514-5523, 2019.

DE REZENDE, F. M.; ROSADO, D.; MOREIRA, F. A.; DE CARVALHO, W. R. S. Vias de síntese de metabólitos secundários em plantas. In: HIDALGO, E. M. P. (Org.). **VI Botânica no Inverno 2016**. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2016. p. 93-104.

DOS SANTOS, D. A.; VIEIRA, P. C.; SILVA, M. F. G. F.; FERNANDES, J. B.; RATTRAY, L.; CROFT, S. L. Antiparasitic activities of acridone alkaloids from *Swinglea glutinosa* (Bl.) Merr. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 20, n. 4, p. 644-651, 2009.

DUTRA, R. C.; PITTELLA, F.; FERREIRA, A. S.; LARCHER, P.; FARIAS, R. E.; BARBOSA, N. R. Efeito cicatrizante das sementes de *Pterodon emarginatus* Vogel em modelos de úlceras dérmicas experimentais em coelhos. **Latin American Journal of Pharmacy**, v. 28, n. 3, p. 375-382, 2009.

FERREIRA, S. B.; DANTAS, I. C.; CATÃO, R. M. R. Avaliação da atividade antimicrobiana do óleo essencial de sucupira (*Pterodon emarginatus* Vogel). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 2, p. 225-230, 2014.

FRANCISCO, S.G. Uso do óleo de copaíba (*Copaifera officinalis*) em inflamação ginecológica. **Femina**, v.33, n.2, p.89-93, 2005.

GERIS, R.; SILVA, I. G. D.; SILVA, H. H. G. D.; BARISON, A.; RODRIGUES-FILHO, E.; FERREIRA, A. G. Diterpenos de *Copaifera reticulata* Ducke com atividade larvicida contra *Aedes aegypti* (L.) (Diptera, Culicidae). **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 50, n. 1, p. 26-28, 2008.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.

GOMES, S. P.; FAVERO, S. Avaliação de óleos essenciais de plantas aromáticas com atividade inseticida em *Triatoma infestans* (Klug, 1834) (Hemiptera: Reduviidae). **Acta Scientiarum. Health Sciences**, v. 33, n. 2, p. 147-151, 2011.

GOMEZ-VERJAN, J.; GONZALEZ-SANCHEZ, I.; ESTRELLA-PARRA, E.; REYES-CHILPA, R. Trends in the chemical and pharmacological research on the tropical trees *Calophyllum brasiliense* and *Calophyllum inophyllum*, a global context. **Scientometrics**, v. 105, n. 2, p. 1019-1030, 2015.

GUISSONI, A. C. P.; SILVA, I. G.; GERIS, R.; CUNHA, L. C. D.; SILVA, H. H. G. D. Larvicidal activity of *Anacardium occidentale* as an alternative to control *Aedes aegypti* and its toxicity in *Rattus norvegicus*. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, v. 15, n. 3, p. 363-367, 2013.

HUERTA-REYES, M.; DEL CARMEN BASUALDO, M.; ABE, F.; JIMENEZ-ESTRADA, M., SOLER, C.; REYES-CHILPA, R. HIV-1 Inhibitory Compounds from *Calophyllum brasiliense* Leaves. **Notes**, v. 27, n. 9, p. 1471-1475, 2004.

JARAMILLO-COLORADO, B. E.; PALACIO-HERRERA, F. M.; DUARTE-RESTREPO, E. Antioxidant and biological activities of essential oil from Colombian *Swinglea glutinosa* (Blanco) Merr fruit. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 42, p. e51639-e51639, 2020.

JUNIOR, V. F. V.; PINTO, A. C. O gênero *Copaifera* I. **Quim. Nova**, v. 25, n. 2, p. 273-286, 2002.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

LIMA, C. G. D. R.; CARVALHO, M. D. P.; NARIMATSU, K. C. P.; SILVA, M. G. D.; QUEIROZ, H. A. D. Atributos físico-químicos de um Latossolo do cerrado brasileiro e sua relação com características dendrométricas do eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 163-173, 2010.

LIMA, J. E. F. W. Situação e perspectivas sobre as águas do cerrado. **Ciência e cultura**, v. 63, n. 3, p. 27-29, 2011.

LIMA, J. R.; PINTO, G. A. S; MAGALHAES, H. C. R. Óleo da amêndoa de castanha-de-caju: métodos de extração. **Embrapa Agroindústria Tropical-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, Fortaleza, p. 4-11, 2018. 1 ed.

MARQUELLI, R. P. **O desenvolvimento sustentável da agricultura no cerrado brasileiro**. 2003. 54 f. Monografia (Especialização *Lato Sensu* em Gestão Sustentável da

Agricultura Irrigada) - ISAEFGV/Ecobusiness School, Universitário de Brasília, Brasília, 2003.

MARTINS, N. F. Estudo fitoquímico de *Anacardium humile* associado ao controle de formigas cortadeiras *Atta sexdens rubropilosa*. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 5, p. 41, 2011.

MEDEIROS, M. B. D.; WALTER, B. M. T. Composição e estrutura de comunidades arbóreas de cerrado stricto sensu no norte do Tocantins e sul do Maranhão. **Revista Árvore**, v. 36, n. 4, p. 673-683, 2012.

MEDEIROS, B. J. L. D. **Estudo pré-clínico do Extrato Hidroetanólico de *Calophyllum brasiliense* Cambess.: atividade hipoglicemiante e toxicidade**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) – Departamento de Pós-Graduação, Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2014.

MUKHOPADHYAY, A. K.; HATI, A. K.; TAMIZHARASU, W.; BABU, P. S. Larvicide properties of cashew nut bark liquid (*Anacardium occidentale* L) in immature stages of two mosquito species. **Journal of vector-borne diseases**, see 47, n. 4, p. 257, 2010.

NNAMANI, C. V.; OSAYI, E. E.; ATAMA, C. I.; NWACHUKWU, C. Larvicidal effects of leaf, bark and nutshell of *Anacardium occidentale* on the larvae of *Anopheles gambiae* in Ebonyi State, Nigeria. **Animal Research International**, v. 8, n. 1, p. 1353-1358, 2011.

NOGUEIRA, C. D. C.; FERREIRA, M. N.; RECODER, R. S.; CARMIGNOTTO, A. P.; VALDUJO, P. H.; LIMA, F. C. T. D.; RODRIGUES, M. T. Vertebrados da Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins: faunística, biodiversidade e conservação no Cerrado brasileiro. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, p. 329-338, 2011.

OIRAM FILHO, F. **Isolamento em escala preparativa de ácidos anacárdicos provenientes do líquido da casca da castanha do caju (LCC)**. 2017. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) -Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

OLIVEIRA, A. E.; DUARTE, J. L.; AMADO, J. R.; CRUZ, R. A.; ROCHA, C. F.; SOUTO, R. N.; CARVALHO, J. C. Development of a larvicidal nanoemulsion with *Pterodon emarginatus* Vogel oil. **PLoS One**, v. 11, n. 1, p. e0145835, 2016.

OLIVEIRA, A. E.; DUARTE, J. L.; CRUZ, R. A.; SOUTO, R. N.; FERREIRA, R. M.; PENICHE, T.; FERNANDES, C. P. *Pterodon emarginatus* oleoresin-based nanoemulsion as a promising tool for *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) control. **Journal of Nanobiotechnology**, v. 15, n. 1, p. 1-11, 2017.

PAMPHILE, J. A.; COSTA, A. T.; ROSSETO, P.; POLONIO, J. C.; PEREIRA, J. O.; AZEVEDO, J. L. APLICAÇÕES BIOTECNOLÓGICAS DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS EXTRAÍDOS DE FUNGOS ENDOFÍTICOS: O CASO DO *Colletotrichum* sp. **REVISTA UNINGÁ**, v. 53, n. 1, 2017.

PIRES, C. T. A.; BRENZAN, M. A.; SCODRO, R. B. D. L.; CORTEZ, D. A. G.; LOPES, L. D. G.; SIQUEIRA, V. L. D.; CARDOSO, R. F. Atividade anti-*Mycobacterium tuberculosis* e citotoxicidade de *Calophyllum brasiliense* Cambess (Clusiaceae). **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 109, n. 3, p. 324-329, 2014.

PIVELLO, V. R. Invasões biológicas no cerrado brasileiro: efeitos da introdução de espécies exóticas sobre a biodiversidade. **Ecologia. info**, v. 33, 2011.

PORTO, K. R. D. A.; ROEL, A. R.; SILVA, M. M. D.; COELHO, R. M.; SCHELEDER, E. J. D.; JELLER, A. H. Atividade larvívica do óleo de *Anacardium humile* Saint Hill sobre *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera, Culicidae). **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 41, n. 6, p. 586-589, 2008.

PORTO, R. G. C. L.; FETT, R.; ARÊAS, J. A. G.; BRANDAO, A. D. C. A. S.; MORGANO, M. A.; SOARES, R. A. M.; DOS REIS MOREIRA-ARAÚJO, R. S. Bioactive compounds, antioxidant activity and minerals of Caju (*Anacardium humile* St. Hill) during the ripening. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 48, p. 4924-4930, 2016.

PURCARO, R.; SCHRADER, K. K.; BURANDT, C.; DELLAGRECA, M.; MEEPAGALA, K. M. Algicide constituents from *Swinglea glutinosa*. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 57, n. 22, p. 10632-10635, 2009.

REIS, A. F.; SCHMIELE, M. Características e potencialidades dos frutos do Cerrado na indústria de alimentos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, 2019.

REYES-CHILPA, R.; ESTRADA-MUÑIZ, E.; APAN, T. R.; AMEKRAZ, B.; AUMELAS, A.; JANKOWSKI, C. K.; VÁZQUEZ-TORRES, M. Efeitos citotóxicos de cumarinas do tipo mamea de *Calophyllum brasiliense*. **Ciências da Vida**, v. 75, n. 13, p. 1635-1647, 2004.

REYES-CHILPA, R.; ESTRADA-MUÑIZ, E.; APAN, T. R.; AMEKRAZ, B.; AUMELAS, A.; JANKOWSKI, C. K.; VÁZQUEZ-TORRES, M. Cytotoxic effects of mamea type coumarins from *Calophyllum brasiliense*. **Life Sciences**, v. 75, n. 13, p. 1635-1647, 2004.

RÍOS, N.; STASHENKO, E. E.; DUQUE, J. E. Evaluation of the insecticidal activity of essential oils and their mixtures against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 61, n. 4, p. 307-311, 2017.

ROCHA, M. S.; FIGUEIREDO, R. W. D.; ARAÚJO, M. A. D. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. D. R. Caracterização físico-química e atividade antioxidante (in vitro) de frutos do cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 933-941, 2013.

ROCHA, G. S.; MATSUMOTO, R. S.; LOMBARDI, A. T.; LIMA, M. I. S. Potential effects of fungicide and algicide extracts of *Annona glabra* L. (Annonaceae) on the microalgae *Raphidocelis subcapitata* and on the oomycete *Pythium*. In: Anais da Academia Brasileira de Ciências. 2017, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: 2017. p. 2101-2111.

RODRIGUES, F.; PIMENTA, V.; BRAGA, K. M.; ARAÚJO, E. Obtenção de extratos de plantas do cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 23, 2016.

ROMANO, C. A. **Atividade insetívica do líquido da castanha de *anacardium humile* (anacardiaceae) sobre *aedes aegypti***. 2016. 49 f. Dissertação (Mestrado em Biologia da Relação Parasito-Hospedeiro) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

RONDON, F. C. M.; BEVILAQUA, C. M. L.; ACCIOLY, M. P.; MORAIS, S. M. D.; ANDRADE-JÚNIOR, H. F. D.; CARVALHO, C. A. D.; MAGALHÃES, H. C. R. In vitro

- efficacy of *Coriandrum sativum*, *Lippia sidoides* and *Copaifera reticulata* against *Leishmania chagasi*. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 21, n. 3, p. 185-191, 2012.
- SACHETTI, C. G.; FASCINELI, M. L.; SAMPAIO, J. A.; LAMEIRA, O. A.; CALDAS, E. D. Avaliação da toxicidade aguda e potencial neurotóxico do óleo-resina de copaíba (*Copaifera reticulata* Ducke, Fabaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 4, p. 937-941, 2009.
- SANTOS, A. P.; ZATTA, D. T.; MORAES, W. F.; BARA, M. T. F.; FERRI, P. H.; SILVA, M. D. R. R.; PAULA, J. R. Composição química, atividade antimicrobiana do óleo essencial e ocorrência de esteróides nas folhas de *Pterodon emarginatus* Vogel, Fabaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 6, p. 891-896, 2010.
- SIEBRA, C. A.; NARDIN, J. M.; FLORÃO, A.; ROCHA, F. H.; BASTOS, D. Z.; OLIVEIRA, B. H.; WEFFORT-SANTOS, A. M. Potencial antiinflamatório de *Annona glabra*, Annonaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 1A, p. 82-88, 2009.
- SILVA, L. A. G. C. Biomas presentes no estado do Tocantins. **Consultoria Legislativa Nota Técnica Câmara dos Deputados**, Brasília, DF, Brasil, 2007. p. 2-9.
- SILVA, C. E. M. Ordenamento Territorial no Cerrado brasileiro: da fronteira monocultora a modelos baseados na sociobiodiversidade. **Desenvolvimento e meio ambiente**, v. 19, p. 89-109, 2009.
- SILVA F., FERREIRA S., DUARTE A., MENDONÇA D. I.; DOMINGUES F. C. Atividade antifúngica de *Coriandrum sativum* óleo essencial, o seu modo de acção contra *Candida* espécies e potencial sinergismo com anfotericina B. **Phytomedicine**, v. 19, n. 1, p. 42-47, 2011a.
- SILVA, E. S. **Análise dos aspectos socioeconômicos, fito-demográficos, genéticos e físico-químicos da extração do óleo-resina de *Copaifera reticulata* em duas comunidades da Flona do Tapajós, Pará**. 2011. 98f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2011b.
- SILVA, A. A. S.; ALEXANDRE, J. B.; VIEIRA, L. G.; RODRIGUES, S. P.; FALCÃO, M. J. C.; DE MORAIS, S. M. Estudo fitoquímico e atividades leishmanicida, anticolinérgica e antioxidante de extratos de *Annona glabra* L. (*araticum* panã). **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 36, n. 2, 2015.
- SOUSA, D. V. D. **Separação do ácido anacárdico a partir do líquido da casca da castanha de caju (LCC)**. 2017. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Bacharelado) -Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
- STEVENS, P. F. A revision of the Old World species of *Calophyllum* (Guttiferae). **Journal of the Arnold arboretum**, v. 61, n. 2, p. 117-424, 1980.
- SUFFREDINI, I. B.; VARELLA, A. D.; YOUNES, R. N. *Calophyllum brasiliense* Cambess (Clusiaceae) extracts showed antimicrobial activity and cytotoxicity, in vitro. **J. Health Sci. Inst**, v. 32, p. 184-189, 2014.

TORRES, R. C.; GARBO, A. G.; WALDE, R. Z. M. L. Larvicidal activity of *Anacardium occidentale* against *Aedes aegypti*. **Philippine Journal of Science**, v. 144, n. 2, p. 101-105, 2015.

VILLASUSO, R. J.; CAMPO, F. P.; ZALDÍVAR, M. R. H.; FIALLO, V. R. F.; PALENZUELA, J. B. V. Caracterización agronómica de una accesión de *Swinglea glutinosa* (Blanco) Merr, (Rutaceae). **Agrisost**, v. 21, n. 2, p. 12-22, 2015.

WICKRAMARACHCHI, S. R.; AMARASINGHE, L. D. *Annona glabra* Leaf Extract as a Dengue Mosquito Larvicide. **The Tri-Annual Publication of the Institute of Chemistry Ceylon**, v. 37, n. 3, p. 60, 2020.

ZHANG, Y. H.; PENG, H. Y.; XIA, G. H.; WANG, M. Y.; HAN, Y. Anticancer effect of two diterpenoid compounds isolated from *Annona glabra* Linn. **Acta Pharmacologica Sinica**, v. 25, p. 937-942, 2004.

ZIECH, R. E.; FARIAS, L. D.; BALZAN, C.; ZIECH, M. F.; HEINZMANN, B. M.; LAMEIRA, O. A.; VARGAS, A. C. D. Atividade antimicrobiana do oleorresina de copaíba (*Copaifera reticulata*) frente a *Staphylococcus coagulase positiva* submetendo a casos de otite em cães. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, n. 7, p. 909-913, 2013.