



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
TECNOLÓGICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOCIEDADE, NATUREZA E
DESENVOLVIMENTO**

BRUNA CRISTINE MARTINS DE SOUSA

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE BIOLÓGICA DE EXTRATOS DE
PLANTAS DE *Dipteryx punctata* (S.F. Blake) Amshoff ORIUNDAS DE MOJUÍ DOS
CAMPOS, PARÁ**

**SANTARÉM - PA
2022**

BRUNA CRISTINE MARTINS DE SOUSA

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE BIOLÓGICA DE EXTRATOS DE
PLANTAS DE *Dipteryx punctata* (S.F. Blake) Amshoff ORIUNDAS DE MOJUÍ DOS
CAMPOS, PARÁ**

Tese submetida ao Programa de Pós-graduação
Stricto Sensu em Sociedade, Natureza e
Desenvolvimento para obtenção do título de
Doutora em Ciências Ambientais; Universidade
Federal do Oeste do Pará; Área de concentração:
Recursos Naturais, Biodiversidade e
Bioprospecção na Amazônia.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Almeida Vieira

Coorientadora: Prof^a. Dra. Denise Castro Lustosa

**SANTARÉM - PA
2022**

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

S725c Sousa, Bruna Cristine Martins de
 Composição química e atividade biológica de extratos de plantas de *Dip-
teryx punctata* (S.F. Blake) Amshoff oriundas de Mojuí dos Campos, Pará. /
Bruna Cristine Martins de Sousa. – Santarém, 2022.
 xxii, 171 p. : il.
 Inclui bibliografias.

 Orientador: Thiago Almeida Vieira
 Coorientadora: Denise Castro Lustosa
 Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Pró-Reitoria de
Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação Tecnológica, Programa de Pós-Graduação
Doutorado em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento.

1. Cumaru. 2. Fitoquímica. 3. Atividade biológica. I. Vieira, Thiago Almeida,
orient. II. Lustosa, Denise Castro, *coorient.* III. Título.

CDD: 23 ed.

634.99098115

Bibliotecária - Documentalista: Renata Ferreira – CRB/2 1440

BRUNA CRISTINE MARTINS DE SOUSA

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE BIOLÓGICA DE EXTRATOS DE
PLANTAS DE *Dipteryx punctata* (S.F. Blake) Amshoff ORIUNDAS DE MOJÚÍ DOS
CAMPOS, PARÁ**

Tese submetida ao Programa de Pós-graduação
Stricto Sensu em Sociedade, Natureza e
Desenvolvimento para obtenção do título de
Doutora em Ciências Ambientais; Universidade
Federal do Oeste do Pará; Área de concentração:
Recursos Naturais, Biodiversidade e
Bioprospecção na Amazônia.

Conceito:

Data de Aprovação: 28 de julho de 2022.

Dr. Thiago Almeida Vieira – Orientador
Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa)

Dra. Denise Castro Lustosa – Coorientadora
Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa)

Dr. Rogério Eiji Hanada
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa)

Dra. Lyvia Julienne Sousa Rêgo
Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB)

Dra. Helionora da Silva Alves
Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa)

Dr. Sergio de Melo
Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa)

Dr. José Max Barbosa Oliveira Júnior
Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa)

**SANTARÉM - PARÁ
2022**

DEDICATÓRIA

À Deus pelo grande milagre da vida, aos meus pais pelo amor incondicional e, aos meus familiares e amigos pela força e confiança.

AGRADECIMENTO

À Deus pelo dom da vida e pela oportunidade de concluir este doutorado.

À minha família, agradeço imensamente por serem verdadeiros anjos-da-guarda. Vocês estão enraizados em meu coração e fazem parte do que eu sou hoje.

À minha mãe, Nizomar Martins Sousa, a mão que me guia, meu exemplo de força, fé, coragem e dedicação. És parte fundamental na minha vida, amo-te demais.

Ao meu pai, Raimundo Augusto Costa de Sousa, por me proteger e sempre dar o suporte que preciso para continuar a caminhada.

Ao meu irmão, Augusto Bruno Martins de Sousa, pelo companheirismo que temos desde pequenos, pois nossa missão é a de nunca nos desampararmos.

Ao meu namorado Lucas Sbarze, pelo amor, força, parceria e incentivo em todos os momentos.

Às minhas avós, Maria da Luz Costa de Sousa e Beata Caldas Martins (In Memoriam), que sempre me encheram de proteção divina, estiveram presentes e atentas ao que me faltava e com certeza seus desejos se unem ao querer toda a felicidade do mundo para mim.

Aos meus avôs, Raimundo Costa (in Memoriam) e Francisco Silva (in Memoriam), que estiveram presentes em minha vida até os dois anos de idade, mas com absoluta certeza me guiam, me protegem e me acompanham até hoje, fazendo parte de mim, pois deixaram valiosos ensinamentos que me foram transmitidos pelos seus filhos, meus pais.

Aos meus tios e primos que sempre me incentivaram com palavras de força para que eu perseverasse.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Thiago Almeida Vieira, sou grata por todo apoio, carinho e atenção no decorrer deste trabalho e de sua concretização. Feliz demais por conhecer desde a graduação e estar vinculada cientificamente com uma pessoa tão maravilhosa.

À minha coorientadora, Prof^ª. Dra. Denise Castro Lustosa, que sempre confiou no meu potencial, no meu trabalho, me conhece há onze anos e sabe o quanto sou grata por todo apoio, amizade, incentivo e conhecimentos compartilhados.

Sou muito grata a vocês pela confiança, pela receptividade, pelo zelo, pelo incentivo, pela disponibilidade em me ajudar e principalmente pela amizade, tenham certeza de que vocês fazem parte da minha vida: Aluísio Vieira Gomes (Seu Aluísio), Antônio de Sousa Pereira (Seu Antônio), Emanuel Santana de Oliveira (Seu Bolão), José Nildo Morais da Rocha (Seu Juca), Maria Ilma Ferreira (Dona Ilma), Rosa Maria Neves Lima Oliveira (Dona Rosa – in Memoriam) e Arlison Bezerra.

Para a construção da tese, agradeço em especial aos produtores de cumaruzeiros nas comunidades de Água Fria, Terra de Areia e Boa Fé, município de Mojuí dos Campos, Amazônia Oriental, Brasil e a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Pará (EMATER-PA), em nome de Daniel do Amaral Gomes.

À professora Dra. Thais Almeida, Dr. Leandro Giacomin, Dr. Domingo Cardoso e Dra. Catarina de Carvalho pela deposição no herbário e identificação da espécie de estudo.

À grandiosa equipe do Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos Naturais (P&DBio), da Ufopa, em nome da professora e coordenadora Dra. Kelly Christina Ferreira Castro, professor Dr. Lauro Barata, Aline Kasper, Caroline Macêdo, Santana Castro, Jéssica Carine, Katiane Araújo, Ana Clara, Sidney Fraga, Aurélio Matheus e Gleisson Willen, grata pelo carinho, suporte e confiança.

Ao Laboratório de Farmacognosia e Fitoquímica, coordenado pelo Prof. Dr. Bruno Alexandre da Silva e a técnica em laboratório Alciene Ferreira da Silva Viana (Instituto de Saúde Coletiva - Isco), grata por todo o apoio.

À brilhante equipe do Laboratório de Fitopatologia, coordenado pelo Prof. Dr. Robinson Severo, em nome de Leandro Shibutani, Lorena Silva e Geomarcos Paulino, obrigada pelo auxílio, vocês foram fundamentais.

A todos os amigos que estão comigo quando possível e necessário, e a todos os professores que tive oportunidade de conhecer e multiplicar o conhecimento. Sou muitíssimo grata pelos ensinamentos repassados com competência e dedicação.

EPÍGRAFE

“Quão indecifrável é a natureza... Sublime perfeição, grandeza divina, esplendor de emoção; magnífica complexidade, sopro de amor e gotas da mais pura fragilidade”.

A autora

RESUMO

O gênero *Dipteryx* abriga espécies conhecidas como cumaruzeiros, pertencentes à família Fabaceae e originárias de países da América Central e América do Sul. Dentre as espécies desse gênero, *Dipteryx odorata* destaca-se historicamente na Amazônia, pelo fornecimento e comercialização de múltiplos produtos como a madeira e as sementes, utilizadas para extração da cumarina, principal composto ativo. A espécie *Dipteryx punctata* também possui ampla distribuição na Região Norte do Brasil, no entanto, carece de estudos que detalhem sua composição fitoquímica e atividades biológicas. Neste sentido, este trabalho teve por objetivo avaliar o perfil químico e as atividades antioxidante e antifúngica de extratos etanólicos de *D. punctata*. Foi realizada uma revisão sistemática sobre o gênero *Dipteryx* utilizando como bases de dados a SciELO e a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). Para as avaliações química e biológica, o material vegetal foi coletado em cinco áreas produtoras de sementes de cumaru, em Mojuí dos Campos, Pará. Os extratos foram obtidos via Soxhlet, tendo como solvente etanol a 92,8% destilado, com duração total de oito horas, calculando-se o rendimento ao final. As análises químicas dos extratos foram realizadas por Cromatografia em Camada Delgada (CCD), Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG-EM), e determinação de fenólicos e flavonoides. A atividade antioxidante foi realizada pela captura de radicais livres DPPH. A atividade antifúngica dos extratos foi avaliada em condições *in vitro* e *in vivo*. No ensaio *in vitro*, os extratos e o padrão de cumarina foram testados nas concentrações: 10%, 20%, 30%, 40% e 50% (p: v), adicionadas em meio batata-dextrose-ágar (BDA), sobre o fungo *Colletotrichum musae*, agente causal da doença antracnose em banana. O controle consistiu no crescimento do fungo apenas em meio BDA. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial, com quatro repetições. As avaliações foram realizadas medindo-se o diâmetro médio das colônias, diariamente, durante oito dias. Com os dados das colônias, foram determinados o percentual de inibição do crescimento (PIC), índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) e a taxa de crescimento (Tx). No ensaio *in vivo*, os extratos e a cumarina foram testados nas concentrações de 40% e 50%, em aplicações preventiva e curativa. O delineamento experimental foi inteiramente

casualizado (DIC), em esquema fatorial, com três repetições. As avaliações foram realizadas medindo-se o diâmetro médio das lesões em intervalos de dois dias, até oito dias após a inoculação. Os dados obtidos nos ensaios antifúngicos foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando o software estatístico SISVAR 5.6. Estudos sobre o gênero *Dipteryx* encontram-se mais restritos às espécies *Dipteryx alata* e *Dipteryx odorata*. Os maiores rendimentos dos extratos foram obtidos para os resíduos e sementes dos frutos. Os extratos das folhas, galhos, resíduos e sementes apresentaram as classes de terpenos, taninos condensados e hidrolisáveis, flavonoides e cumarina, bem como potencial ação antioxidante. Os extratos dos galhos e resíduos dos frutos de *D. punctata* e o padrão de cumarina, ocasionaram as maiores inibições no crescimento do fitopatógeno *in vitro* e *in vivo*, todos os extratos foram eficazes, com destaque para a cumarina e para as aplicações preventivas das concentrações testadas. Os resultados obtidos para os extratos são promissores e fontes de investigação para desenvolvimento futuro de produtos naturais visando o controle da antracnose de maneira mais sustentável.

Palavras-chave: Cumaru. Extratos vegetais. Fitoquímica. Atividade antioxidante. Controle alternativo.

ABSTRACT

The genus *Dipteryx* harbors species known as cumaruzeiros, belonging to the Fabaceae family and originating in Central and South American countries. Among the species of this genus, *Dipteryx odorata* stands out historically in the Amazon, for the supply and commercialization of multiple products such as wood and seeds, used for the extraction of coumarin, the main active compound. The species *Dipteryx punctata* also has a wide distribution in the North region of Brazil, however, it lacks studies that detail its phytochemical composition and biological activities. In this sense, this work aimed to evaluate the chemical profile and the antioxidant and antifungal activities of ethanolic extracts of *D. punctata*. A systematic review was carried out on the genus *Dipteryx* using SciELO and the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD) as databases. For chemical and biological evaluations, plant material was collected in five areas producing cumaru seeds, in Mojuí dos Campos, Pará. The extracts were obtained via Soxhlet, using 92.8% distilled ethanol as solvent, with a total duration of eight hours, calculating the final yield. Chemical analyzes of the extracts were performed by Thin Layer Chromatography (TLC), Gas Chromatography coupled to Mass Spectrometry (GC-MS), and determination of phenolics and flavonoids. Antioxidant activity was performed by scavenging DPPH free radicals. The antifungal activity of the extracts was evaluated under in vitro and in vivo conditions. In the in vitro assay, the extracts and the coumarin standard were tested at concentrations: 10%, 20%, 30%, 40% and 50% (p: v), added in potato-dextrose-agar (PDA) medium, over the fungus *Colletotrichum musae*, the causal agent of anthracnose disease in bananas. The control consisted of fungal growth only in PDA medium. The experimental design was completely randomized (DCR), in a factorial scheme, with four replications. The evaluations were carried out by measuring the average diameter of the colonies, daily, for eight days. With the data from the colonies, the percentage of inhibition of growth (PIG), mycelial growth velocity index (MGVI) and the growth rate (Gr) were determined. In the in vivo assay, the extracts and coumarin were tested at concentrations of 40% and 50%, in preventive and curative applications. The experimental design was completely randomized (DCR), in a factorial scheme, with three replications. The evaluations were carried out by measuring the mean diameter

of the lesions at intervals of two days, up to eight days after inoculation. The data obtained in the antifungal assays were submitted to analysis of variance and compared by the Tukey test ($p \leq 0.05$), using the statistical software SISVAR 5.6. Studies on the genus *Dipteryx* are more restricted to the species *Dipteryx alata* and *Dipteryx odorata*. The highest yields of extracts were obtained for residues and fruit seeds. The extracts from leaves, branches, residues and seeds presented the classes of terpenes, condensed and hydrolysable tannins, flavonoids and coumarin, as well as potential antioxidant action. The extracts from the branches and residues of the fruits of *D. punctata* and the coumarin pattern, caused the greatest inhibitions in the growth of the phytopathogen in vitro and in vivo, all extracts were effective, with emphasis on coumarin and for the preventive applications of concentrations tested. The results obtained for the extracts are promising and sources of investigation for the future development of natural products aimed at controlling anthracnose in a more sustainable way.

Keywords: Cumaru. Plant extracts. Phytochemistry. Antioxidant activity. Alternative control.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Gráfico 1 - Produção de amêndoas de cumaru (toneladas) obtida na extração vegetal, nos anos de 2010 a 2020. Fonte: IBGE, 2021a.....6
- Figura 1 - *Dipteryx punctata* em Mojuí dos Campos. **A.** Distribuição das árvores em formações cultivadas. **B.** Tronco cilíndrico. **C.** Galhos com ausência de exsudato e folhas compostas, pinadas, com folíolos ovais e alternos. **D.** Inflorescência do tipo panícula. **E.** Frutos do tipo drupa, oblongo-ovais. **F.** Resíduos e sementes. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....11
- Gráfico 2 - Publicações sobre espécies do gênero *Dipteryx*, nos anos de 1980 a 2021. Fonte: SCIELO, 2022.....29
- Gráfico 3 - Periódicos com publicações sobre o gênero *Dipteryx*, nos anos de 1980 a 2021. Fonte: SCIELO, 2022.....31
- Gráfico 4 - Áreas temáticas que nortearam os artigos publicados sobre o gênero *Dipteryx*, no período de 1980 a 2021. Fonte: SCIELO, 2022.....32
- Gráfico 5 - Espécies do gênero *Dipteryx* com publicações no período de 1980 a 2021. Fonte: SCIELO, 2022.....33
- Gráfico 6 - Pesquisas em teses e dissertações sobre espécies do gênero *Dipteryx*, nos anos de 1993 a 2022. Fonte: BDTD, 2022.....43
- Gráfico 7 - Áreas temáticas que nortearam as pesquisas disponíveis sobre o gênero *Dipteryx*, no período de 1993 a 2022. Fonte: BDTD, 2022.....44
- Gráfico 8 - Espécies do gênero *Dipteryx* com estudos concluídos no período de 1993 a 2022. Fonte: BDTD, 2022.....45
- Gráfico 9 - Instituições de Ensino Brasileiras que abrigaram as pesquisas científicas sobre o gênero *Dipteryx*. **A.** Região Norte. **B.** Região Centro-Oeste. **C.** Região Sudeste. **D.** Região Sul. Fonte: BDTD, 2022.....47
- Mapa 1 - Localização Geográfica das cinco áreas de coleta em Mojuí dos Campos, Pará, Brasil. Fonte: Google Earth, 2022.....60
- Figura 2 - Cultivo de *Dipteryx punctata* em sistemas agroflorestais localizados em Mojuí dos Campos. **A.** Área 1. **B.** Área 2. **C.** Área 3. **D.** Área 4. **E.** Área 5. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....60
- Figura 3 - Caracterização fitoquímica dos extratos das folhas de *Dipteryx punctata*. Placas de CCD eluídas em acetato de etila: hexano (70:30). **A.** Revelação com vanilina sulfúrica a 1% (terpenos). **B.** Revelação com vanilina clorídrica a 1% (taninos condensados). **C.** Revelação com cloreto férrico a 1% (taninos hidrolisáveis). **D.** Revelação com cloreto de alumínio a 5% (flavonoides). **Padrões:** T = terpeno (beta-cariofileno); C = chá verde e Q = quercetina. **Extratos:** F1 = folhas

da área 1; F2 = folhas da área 2; F3 = folhas da área 3; F4 = folhas da área 4 e F5 = folhas da área 5. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....68

Figura 4 - Caracterização fitoquímica dos extratos dos galhos de *Dipteryx punctata*. Placas de CCD eluídas em acetato de etila: hexano (70:30). **A.** Revelação com vanilina sulfúrica a 1% (terpenos). **B.** Revelação com vanilina clorídrica a 1% (taninos condensados). **C.** Revelação com cloreto férrico a 1% (taninos hidrolisáveis). **D.** Revelação com cloreto de alumínio a 5% (flavonoides). **Padrões:** T = terpeno (beta-cariofileno); C = chá verde e Q = quercetina. **Extratos:** G1 = galhos da área 1; G2 = galhos da área 2; G3 = galhos da área 3; G4 = galhos da área 4 e G5 = galhos da área 5. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....68

Figura 5 - Caracterização fitoquímica dos extratos dos resíduos de *Dipteryx punctata*. Placas de CCD eluídas em acetato de etila: hexano (70:30). **A.** Revelação com vanilina sulfúrica a 1% (terpenos). **B.** Revelação com vanilina clorídrica a 1% (taninos condensados). **C.** Revelação com cloreto férrico a 1% (taninos hidrolisáveis). **D.** Revelação com cloreto de alumínio a 5% (flavonoides). **Padrões:** T = terpeno (beta-cariofileno); C = chá verde e Q = quercetina. **Extratos:** R1 = resíduos da área 1; R2 = resíduos da área 2; R3 = resíduos da área 3; R4 = resíduos da área 4 e R5 = resíduos da área 5. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....68

Figura 6 - Caracterização fitoquímica dos extratos das sementes de *Dipteryx punctata*. Placas de CCD eluídas em acetato de etila: hexano (70:30). **A.** Revelação com vanilina sulfúrica a 1% (terpenos). **B.** Revelação com vanilina clorídrica a 1% (taninos condensados). **C.** Revelação com cloreto férrico a 1% (taninos hidrolisáveis). **D.** Revelação com cloreto de alumínio a 5% (flavonoides). **Padrões:** T = terpeno (beta-cariofileno); C = chá verde e Q = quercetina. **Extratos:** S1 = sementes da área 1; S2 = sementes da área 2; S3 = sementes da área 3; S4 = sementes da área 4 e S5 = sementes da área 5. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....68

Figura 7 - Caracterização fitoquímica dos extratos de *Dipteryx punctata*. Placas de CCD eluídas em acetato de etila: hexano (70:30) e reveladas com hidróxido de potássio a 1%. **A.** Extratos das folhas. **B.** Extratos dos galhos. **C.** Extratos dos resíduos. **D.** Extratos das sementes. **Padrão:** CR = cumarina (1,2-benzopirona) e **Locais:** 1 = área 1; 2 = área 2; 3 = área 3; 4 = área 4 e 5 = área 5. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....69

Figura 8 - Teste de fenólicos totais dos extratos de *Dipteryx punctata*. **A.** Extrato das folhas. **B.** Extrato dos galhos. **C.** Extrato dos resíduos. **D.** Extrato das sementes. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....70

Figura 9 - Teste de flavonoides totais dos extratos de *Dipteryx punctata*. **A.** Extrato das folhas. **B.** Extrato dos galhos. **C.** Extrato dos resíduos. **D.** Extrato das sementes. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....70

Figura 10 - Atividade antioxidante dos extratos de *Dipteryx punctata* em função das cinco maiores concentrações testadas em cada parte da planta. **A.** Extrato das folhas. **B.** Extrato dos galhos. **C.** Extrato dos resíduos. **D.** Extrato das sementes. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....83

Gráfico 10 - Consumo de DPPH em função do aumento das concentrações dos extratos etanólicos de *Dipteryx punctata*. **A.** Extrato das folhas. **B.** Extrato dos galhos. **C.** Extrato dos resíduos. **D.** Extrato das sementes. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....83

Figura 11 - Colônias de *Colletotrichum musae* submetidas aos extratos de *Dipteryx punctata* e ao padrão de cumarina, nas concentrações de 10%, 20%, 30%, 40% e 50%. **A.** Extrato das folhas da área 4: controle (1); concentrações (2, 3, 4, 5 e 6). **B.** Extrato dos galhos da área 2: controle (1); concentrações (2, 3, 4, 5 e 6). **C.** Extrato dos resíduos da área 1: controle (1); concentrações (2, 3, 4, 5 e 6). **D.** Extrato das sementes da área 4: controle (1); concentrações (2, 3, 4, 5 e 6). **E.** Padrão de cumarina: controle (1); concentrações (2, 3, 4, 5 e 6). Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....102

Gráfico 11 - Índice de velocidade do crescimento micelial (IVCM) de *Colletotrichum musae* submetido aos diferentes extratos etanólicos de *Dipteryx punctata* e ao padrão de cumarina. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....106

Gráfico 12 - Índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) de *Colletotrichum musae* submetido a diferentes concentrações dos extratos etanólicos de *Dipteryx punctata* e do padrão de cumarina. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....107

Gráfico 13 - Análise de regressão do Índice de velocidade do crescimento micelial (IVCM) de *Colletotrichum musae* submetido a diferentes concentrações dos extratos etanólicos de *Dipteryx punctata* e do padrão de cumarina. **A.** Extrato das folhas. **B.** Extrato dos galhos. **C.** Extrato dos resíduos. **D.** Extrato das sementes. **E.** Padrão de cumarina. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....108

Gráfico 14 - Taxa de crescimento micelial de *Colletotrichum musae* submetido aos diferentes extratos etanólicos de *Dipteryx punctata* e ao padrão de cumarina. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....109

Gráfico 15 - Taxa de crescimento micelial de *Colletotrichum musae* submetido a diferentes concentrações dos extratos etanólicos de *Dipteryx punctata* e do padrão de cumarina. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....110

Gráfico 16 - Análise de regressão da Taxa de crescimento micelial de *Colletotrichum musae* submetido a diferentes concentrações dos extratos etanólicos de *Dipteryx punctata* e do padrão de cumarina. **A.** Extrato das folhas. **B.** Extrato dos galhos. **C.** Extrato dos resíduos. **D.** Extrato das sementes. **E.** Padrão de cumarina. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....111

Gráfico 17 - Efeito da aplicação preventiva dos extratos etanólicos de *Dipteryx punctata* e do padrão de cumarina sobre o diâmetro das lesões, nas quatro avaliações realizadas durante o ensaio. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....113

Figura 12 - Frutos de banana não tratados e tratados preventivamente com padrão de cumarina e, inoculados com *Colletotrichum musae*. **A.** Frutos pulverizados com água e inoculados com fitopatógeno (controle). **B.** Frutos pulverizados com cumarina (40%) e inoculados com o fitopatógeno. **C.** Frutos pulverizados com cumarina (50%)

e inoculados com fitopatógeno, em quatro avaliações. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....114

Gráfico 18 - Efeito da aplicação curativa dos extratos etanólicos de *Dipteryx punctata* e do padrão de cumarina sobre o diâmetro das lesões, nas quatro avaliações realizadas durante o ensaio. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....116

Figura 13 - Frutos de banana inoculados com *Colletotrichum musae* e não tratados e tratados curativamente com o padrão de cumarina. **A.** Frutos inoculados com fitopatógeno (controle) e pulverizados com água. **B.** Frutos inoculados com o fitopatógeno e pulverizados com cumarina (40%). **C.** Frutos inoculados com fitopatógeno e pulverizados com cumarina (50%). Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....117

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Espécies do gênero <i>Dipteryx</i> e países de ocorrência. Fonte: ¹ THE PLANT LIST (2013); ¹ CARVALHO; LIMA; CARDOSO (2020a); ¹ WFO (2022); ² ILDIS (2018); ² TROPICOS.ORG (2022).....	10
Tabela 2 - Indicadores para análise dos artigos da base de dados SciELO. Fonte: VINKLER (1988); RAZERA; MATOS; BASTOS (2019).....	28
Tabela 3 - Indicadores para análise das teses e dissertações (BDTD). Fonte: VINKLER (1988); RAZERA; MATOS; BASTOS (2019).....	28
Tabela 4 - Objeto de estudo dos artigos publicados sobre o gênero <i>Dipteryx</i> , disponíveis na plataforma SciELO. Fonte: SCIELO, 2022.....	35
Tabela 5 - Produtos extrativos citados nos artigos publicados sobre o gênero <i>Dipteryx</i> , disponíveis na plataforma SciELO. Fonte: SCIELO, 2022.....	35
Tabela 6 - Métodos de extração descritos nos artigos publicados sobre o gênero <i>Dipteryx</i> , disponíveis na plataforma SciELO. Fonte: SCIELO, 2022.....	36
Tabela 7 - Métodos cromatográficos descritos nos artigos publicados sobre o gênero <i>Dipteryx</i> , disponíveis na plataforma SciELO. Fonte: SCIELO, 2022.....	37
Tabela 8 - Análises físico-químicas e composição química dos objetos de estudo e produtos extrativos descritos nos artigos publicados sobre o gênero <i>Dipteryx</i> , disponíveis na plataforma SciELO. Fonte: SCIELO, 2022.....	39
Tabela 9 - Aspectos biológicos, farmacológicos, agrônômicos e florestais abordados nos artigos publicados sobre o gênero <i>Dipteryx</i> , disponíveis na plataforma SciELO. Fonte: SCIELO, 2022.....	40
Tabela 10 - Aspectos sociais, ambientais e econômicos abordados nos artigos publicados sobre o gênero <i>Dipteryx</i> , disponíveis na plataforma SciELO. Fonte: SCIELO, 2022.....	42
Tabela 11 - Rendimento médio dos extratos etanólicos das diferentes partes de <i>Dipteryx punctata</i> provenientes de sistemas agroflorestais de Mojuí dos Campos, Amazônia Brasileira. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....	66
Tabela 12 - Análise química por cromatografia em camada delgada (CDD) dos extratos etanólicos das diferentes partes de <i>Dipteryx punctata</i> provenientes de sistemas agroflorestais de Mojuí dos Campos, Amazônia Oriental, Brasil. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....	67
Tabela 13 - Análise dos compostos fenólicos e flavonoides totais dos extratos etanólicos de <i>Dipteryx punctata</i> . Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....	70

Tabela 14 - Compostos químicos identificados nos extratos etanólicos das folhas de <i>Dipteryx punctata</i> , nas cinco áreas de coleta do município de Mojuí dos Campos, Amazônia Oriental, Brasil. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....	73
Tabela 15 - Compostos químicos identificados nos extratos etanólicos dos galhos de <i>Dipteryx punctata</i> , nas cinco áreas de coleta do município de Mojuí dos Campos, Amazônia Oriental, Brasil. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....	75
Tabela 16 - Compostos químicos identificados nos extratos etanólicos dos resíduos de <i>Dipteryx punctata</i> , nas cinco áreas de coleta do município de Mojuí dos Campos, Amazônia Oriental, Brasil. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....	77
Tabela 17 - Compostos químicos identificados nos extratos etanólicos das sementes de <i>Dipteryx punctata</i> , nas cinco áreas de coleta do município de Mojuí dos Campos, Amazônia Oriental, Brasil. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....	80
Tabela 18 - Análise da atividade antioxidante dos extratos etanólicos de <i>Dipteryx punctata</i> pelo método de captura de radicais livres DPPH. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....	84
Tabela 19 - Diâmetro médio das colônias de <i>Colletotrichum musae</i> submetidas aos extratos etanólicos de <i>Dipteryx punctata</i> e ao padrão de cumarina, em diferentes concentrações. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....	103
Tabela 20 - Percentual de inibição do crescimento (PIC) de <i>Colletotrichum musae</i> submetido a diferentes concentrações dos extratos etanólicos de <i>Dipteryx punctata</i> e do padrão de cumarina. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....	105
Tabela 21 - Diâmetro médio das lesões de antracnose ocasionadas por <i>Colletotrichum musae</i> em frutos de banana com aplicação preventiva dos extratos etanólicos de <i>Dipteryx punctata</i> e do padrão de cumarina. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....	112
Tabela 22 - Diâmetro médio das lesões de antracnose ocasionadas por <i>Colletotrichum musae</i> em frutos de banana com aplicação curativa dos extratos etanólicos de <i>Dipteryx punctata</i> e do padrão de cumarina. Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.....	115

LISTA DE SIGLAS

- ABTS+ - ácido 2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico
- BDA - batata-dextrose-ágar
- BDTD - Biblioteca Brasileira de Teses e Dissertações
- BHT - Butil-Hidroxi-Tolueno
- CCD - Cromatografia em Camada Delgada
- CGxCG-TdV/EM - Cromatografia Gasosa bidimensional abrangente acoplada à Espectrometria de Massas por tempo de voo
- CG/DIC - Cromatografia Gasosa equipada com detector de ionização de chama
- CG-EM - Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas
- CGL-EM - Cromatografia Gás-Líquido acoplada a Espectrometria de Massas
- CLAE/DAD - Cromatografia Líquida com detector de arranjo de diodo
- CLAE/UV - Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com detecção Ultravioleta
- CUPRAC - *Cupric ions Cu²⁺ reducing antioxidant power*
- DIC - Delineamento Experimental Inteiramente Casualizado
- DPPH - 1,1-difenil-2-picrilhidrazil
- FAO - *Food and Agriculture Organization of the United Nations*
- FRAP - *Ferric-Reducing Ability of Plasma*
- HDL - High density lipoprotein
- IAA - Índice de Atividade Antioxidante
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IC - Indicadores de Citação
- ILDIS - *International Legume Database and Information Service*
- INPA - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
- IP - Indicadores de Publicação
- LDL - Low density lipoprotein
- ORAC - *Oxygen radical absorbance capacity*
- PUC-GO - Pontifícia Universidade Católica de Goiás
- RMN¹H - Ressonância Magnética Nuclear
- SAFs - Sistemas Agroflorestais
- SciELO - Scientific Electronic Library Online

SisGen - Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado

TEAC - *Trolox Equivalent Antioxidant Capacity*

TRAP - *Total Radical – Trapping Antioxidant Parameter*

UEG - Universidade Estadual de Goiás

UEM - Universidade Estadual de Maringá

UFAM - Universidade Federal do Amazonas

UFG - Universidade Federal de Goiás

UFGD - Universidade Federal da Grande Dourados

UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais

UFMS - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

UFMT - Universidade Federal de Mato Grosso

UFOP - Universidade Federal de Ouro Preto

UFOPA - Universidade Federal do Oeste do Pará

UFPA - Universidade Federal do Pará

UFPB - Universidade Federal da Paraíba

UFPR - Universidade Federal do Paraná

UFRA - Universidade Federal Rural da Amazônia

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco

UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

UFSM - Universidade Federal de Santa Maria

UFT - Universidade Federal do Tocantins

UFTM - Universidade Federal do Triângulo Mineiro

UFV - Universidade Federal de Viçosa

UFVJM - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

UNB - Universidade de Brasília

UNESP - Universidade Estadual Paulista

UNIFAL - Universidade Federal de Alfenas

UNIOESTE - Universidade Estadual do Oeste do Paraná

USP - Universidade de São Paulo

WFO - *World Flora Online*

LISTA DE ABREVIATURAS

ARP% - Área de pico em porcentagem

CV% - Coeficiente de variação em porcentagem

g.cm^{-3} - grama por centímetro cúbico

IC50 - *Half Maximal Inhibitory Concentration*

$\mu\text{g.mL}^{-1}$ - micrograma por mililitro

mg.mL^{-1} - miligrama por mililitro

mg EAG g^{-1} - miligramas de equivalentes de ácido gálico por grama de amostra

mg ER g^{-1} - miligramas de equivalentes de rutina por grama de amostra

$\mu\text{mol ET g}^{-1}$ - micromoles de equivalentes de Trolox por grama de amostra liofilizada

p: v - Percentual de massa por volume

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivo geral.....	3
1.2 Objetivos específicos.....	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Gênero <i>Dipteryx</i>	4
2.1.1 Cumaruzeiros como produto extrativista.....	4
2.1.2 Aspectos industriais das espécies do gênero <i>Dipteryx</i>	6
2.1.3 Cumaruzeiros em Sistemas Agroflorestais (SAF's).....	7
2.1.4 <i>Dipteryx punctata</i> (S.F. Blake) Amshoff.....	9
2.2 Óleos e extratos vegetais.....	11
2.2.1 Atividade antioxidante de produtos naturais pelo método do DPPH.....	14
2.2.2 Histórico do controle alternativo de fitopatógenos.....	16
2.3 A cultura da banana (<i>Musa</i> spp.).....	18
2.3.1 <i>Colletotrichum musae</i> (Berk & Curt.) von Arx.....	20
2.3.2 Óleos e extratos utilizados no controle da antracnose.....	21
3 CAPÍTULO I – O GÊNERO <i>Dipteryx</i>: ASPECTOS BIOLÓGICOS, QUÍMICOS, SOCIAIS, AMBIENTAIS E ECONÔMICOS.....	24
RESUMO.....	25
ABSTRACT.....	25
3.1 Introdução.....	26
3.2 Material e Métodos.....	27
3.2.1 Dados sobre o gênero <i>Dipteryx</i>	27
3.2.2 Análise dos dados.....	29
3.3 Resultados e Discussão.....	29
3.3.1 Base de Dados SciELO.....	29
3.3.2 Dados da Biblioteca Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD).....	43
3.4 Conclusão.....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
4 CAPÍTULO II – ANÁLISE FITOQUÍMICA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DOS EXTRATOS ETANÓLICOS DE <i>Dipteryx punctata</i> (S.F. Blake) Amshoff.....	55
RESUMO.....	56
ABSTRACT.....	56

4.1 Introdução.....	57
4.2 Material e Métodos.....	58
4.2.1 Áreas de coleta.....	58
4.2.2 Descrição das áreas de coleta.....	58
4.2.3 Fatores abióticos das áreas de coleta.....	59
4.2.4 Coleta do material vegetal.....	61
4.2.5 Obtenção e rendimento dos extratos vegetais de folhas, galhos e frutos de <i>Dipteryx punctata</i>	61
4.2.6 Cromatografia em Camada Delgada (CCD).....	62
4.2.7 Determinação de fenólicos e flavonoides totais.....	62
4.2.8 Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG-EM).....	63
4.2.9 Atividade antioxidante dos extratos de <i>Dipteryx punctata</i> pela captura de radicais livres DPPH.....	63
4.3 Resultados e Discussão.....	64
4.3.1 Rendimento dos extratos etanólicos de <i>Dipteryx punctata</i>	64
4.3.2 Cromatografia em Camada Delgada (CCD).....	66
4.3.3 Determinação de fenólicos e flavonoides totais.....	69
4.3.4 Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG-EM).....	71
4.3.5 Atividade antioxidante dos extratos de <i>Dipteryx punctata</i> pela captura de radicais livres DPPH.....	81
4.4 Conclusão.....	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
5 CAPÍTULO III - BIOATIVIDADE DE EXTRATOS ETANÓLICOS DE <i>Dipteryx punctata</i> SOBRE <i>Colletotrichum musae</i>.....	93
RESUMO.....	94
ABSTRACT.....	94
5.1 Introdução.....	96
5.2 Material e Métodos.....	97
5.2.1 Coleta e obtenção dos extratos vegetais de <i>Dipteryx punctata</i>	97
5.2.2 Obtenção do isolado de <i>Colletotrichum musae</i>	98
5.2.3 Atividade antifúngica, <i>in vitro</i> , dos extratos de <i>Dipteryx punctata</i> e cumarina....	98
5.2.4 Atividade antifúngica, <i>in vivo</i> , dos extratos de <i>Dipteryx punctata</i> e cumarina....	99
5.2.5 Análise estatística.....	100

5.3 Resultados e Discussão.....	100
5.3.1 Atividade antifúngica, <i>in vitro</i> , dos extratos de <i>Dipteryx punctata</i> e cumarina....	100
5.3.2 Atividade antifúngica, <i>in vivo</i> , dos extratos de <i>Dipteryx punctata</i> e cumarina.....	112
5.4 Conclusão.....	118
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	119
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	123
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	124
APÊNDICES.....	135

1 INTRODUÇÃO

A Amazônia possui uma variedade de espécies vegetais que apresentam valor econômico agregado aos produtos florestais tanto madeireiros, quanto não madeireiros, que conferem trabalho e renda às diversas comunidades da região. Dentre essas espécies encontram-se os cumaruzeiros (*Dipteryx* spp.).

O gênero *Dipteryx* pertence à família Fabaceae (Leguminosae), subfamília Faboideae (Papilionoideae) e tribo Dipterygeae (BARHAM, 2005). É constituído pelas espécies *Dipteryx alata* Vogel, *Dipteryx charapilla* (J.F. Macbr.) Ducke, *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke, *Dipteryx lacunifera* Ducke, *Dipteryx magnifica* (Ducke) Ducke, *Dipteryx micrantha* Harms, *Dipteryx odorata* (Aubl.) Forsyth f., *Dipteryx oleifera* Benth., *Dipteryx polyphylla* Huber, *Dipteryx punctata* (S.F. Blake) Amshoff e *Dipteryx rosea* Spruce ex Benth. (THE PLANT LIST, 2013; CARVALHO; LIMA; CARDOSO, 2020a; TROPICOS.ORG, 2022; WFO, 2022).

Dentre as espécies do gênero, *D. odorata* é a mais conhecida na Amazônia; possui sementes com um perfume peculiar que lembra o da baunilha e o *foin coupé*, (feno recentemente cortado), sendo, historicamente, muito procurada para a extração de cumarina, utilizada na aromatização de tabacos de cachimbos e como fixadora de essências em perfumes (OHANA, 1998; PESCE, 2009). Atualmente, suas sementes ganharam espaço na gastronomia na preparação de pratos finos e produção de doces, pudins e sorvetes.

Outra espécie conhecida botanicamente, mas que carece de estudos sobre os aspectos biológicos, químicos e industriais é *D. punctata*. Apresenta como sinônimos botânicos *Coumarouna punctata* (S.F. Blake), *Coumarouna trifoliolata* (Ducke) e *Dipteryx trifoliolata* (Ducke) Ducke, sendo popularmente denominada como cumaru, cumaru-ferro, cumaru-amarelo, sarrapia, sarrapia-mona, sarrapia-real, *tonka bean* e *yape*; ocorre na Colômbia, Guiana, Guiana Francesa, Jamaica, México, Porto Rico, Suriname, Trindade e Tobago e Venezuela; no Brasil, distribui-se geograficamente nos estados do Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia e Roraima (ILDIS, 2018; TROPICOS.ORG, 2022).

Nas regiões tropicais, os cumaruzeiros (*Dipteryx* spp.) são árvores bastante requisitadas em plantios agroflorestais e para reflorestamentos, tendo em vista que apresentam rápido crescimento e frutificação precoce, de quatro a cinco anos de idade (CARVALHO, 2009). Os Sistemas Agroflorestais (SAF's) mais destacados são

os sistemas taungya (cultivo de espécies agrícolas durante os primeiros anos de estabelecimento das espécies florestais), silvipastoris, quintais agroflorestais e os sistemas multiestratificados comerciais (associação de árvores, cultivos perenes e anuais, normalmente de valor comercial, que formam diversos estratos verticais), sendo estes dois últimos mais comuns na Amazônia. Os sistemas multiestratificados permitem que os agricultores familiares obtenham renda de diferentes espécies e produtos ao longo do ano (VIEIRA et al., 2007).

Espécies vegetais também são empiricamente relatadas com propriedades cosmeceúicas, farmacológicas, microbiológicas entre outras, e pesquisadas cientificamente. Neste contexto, óleos e extratos vegetais apresentam-se como importantes fontes de substâncias biologicamente ativas e, portanto, potenciais para o desenvolvimento de produtos.

No contexto farmacológico, a investigação de produtos naturais com ação antioxidante tem-se destacado atualmente, pois radicais livres em excesso no organismo apresentam efeitos altamente danosos, favorecendo o aparecimento de diversas patologias (HALLIWELL; GUTTERIDGE; CROSS, 1992).

Quanto aos aspectos microbiológicos, preparações fitossanitárias utilizando metabólitos secundários das plantas, representam uma extensão da própria função que exercem nas plantas, isto é, protegê-las de bactérias e fungos fitopatogênicos (JANSSEN; SCHEFFER; SVENDSEN, 1987).

As doenças em plantas, geralmente, são controladas por métodos de tratamento convencionais, ou seja, por meio de pulverizações e adição de fungicidas sintéticos nas lavouras, o que pode gerar uma série de consequências para o meio ambiente como, erosão, contaminação dos solos, das águas, alimentos e desequilíbrio ecológico, além de impactos negativos para a sociedade como, intoxicações e mortalidade do homem, de animais silvestres e domésticos (COSTA et al., 2012).

Os principais fatores responsáveis pelos problemas decorrentes do uso de produtos químicos são a aplicação em doses excessivas e/ou a utilização de forma inadequada (BETTIOL; MORANDI, 2009). Além do que, o controle químico aplicado como medida isolada, não atua de forma satisfatória na redução das perdas provocadas por diversas doenças (PERUCH et al., 2009), o que tem incentivado a busca por novos produtos e tecnologias alternativas de controle que sejam capazes

de reduzir o uso de compostos químicos na produção de alimentos (FELIPINI; DIPIERO, 2009; SILVA et al., 2010a).

Apesar de muitas espécies vegetais amazônicas já terem sido estudadas em relação à biologia, composição química, bioativos e, potencialidades desses compostos pela ação antioxidante e no controle de fitopatógenos, pouco se sabe sobre *D. punctata*, uma espécie importante no contexto social, ambiental e econômico do estado do Pará. Neste sentido, objetivou-se avaliar o perfil químico e atividades antioxidante e antifúngica de extratos etanólicos de *D. punctata*.

O estudo foi dividido em três capítulos: I) Revisão sistemática do gênero *Dipteryx* e seus aspectos biológicos, químicos, sociais, ambientais e econômicos; II) Análise química e atividade antioxidante dos extratos etanólicos obtidos das folhas, galhos e frutos de *D. punctata* e III) Atividade antifúngica dos extratos etanólicos de *D. punctata* sobre *Colletotrichum musae* agente causal da doença antracnose em banana (*Musa* spp.).

1.1 Objetivo geral

Avaliar o perfil químico e as atividades antioxidante e antifúngica de extratos etanólicos de *Dipteryx punctata*, obtidos de plantas de Mojuí dos Campos, Pará.

1.2 Objetivos específicos

- ✓ Realizar uma revisão sistemática do gênero *Dipteryx*, abordando atividade biológica, análise química e aspectos sociais, ambientais e econômicos vinculados às espécies desse gênero;
- ✓ Obter o rendimento e avaliar os constituintes majoritários dos extratos etanólicos das folhas, galhos e frutos de *D. punctata*;
- ✓ Analisar quais concentrações são capazes de inibir 50% do radical DPPH;
- ✓ Testar diferentes concentrações dos extratos e do padrão de cumarina nos ensaios antifúngicos *in vitro* a fim de detectar a bioatividade;
- ✓ Selecionar a(s) melhor(es) concentração(ões) para realização dos ensaios *in vivo* e identificar a melhor estratégia para aplicação (preventiva ou curativa) dos extratos e do padrão de cumarina em frutos de banana.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Gênero *Dipteryx*

Dipteryx abriga espécies conhecidas como cumaruzeiros, pertence à família botânica Fabaceae (Leguminosae), e é constituído pelas espécies *Dipteryx alata* Vogel, *Dipteryx charapilla* (J.F. Macbr.) Ducke, *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke, *Dipteryx lacunifera* Ducke, *Dipteryx magnifica* (Ducke) Ducke, *Dipteryx micrantha* Harms, *Dipteryx odorata* (Aubl.) Forsyth f., *Dipteryx oleifera* Benth., *Dipteryx polyphylla* Huber, *Dipteryx punctata* (S.F. Blake) Amshoff e *Dipteryx rosea* Spruce ex Benth. (THE PLANT LIST, 2013; CARVALHO; LIMA; CARDOSO, 2020a; TROPICOS.ORG, 2022; WFO, 2022) (Tabela 1).

Este gênero é originário de países da América Central e América do Sul, e apresenta espécies que possuem valor econômico agregado aos produtos florestais madeireiros e não madeireiros. A espécie *D. odorata* é historicamente procurada na Amazônia para obtenção da madeira e extração de cumarina das sementes, principal composto ativo (OHANA, 1998; PESCE, 2009).

2.1.1 Cumaruzeiros como produto extrativista

O Pará destaca-se como polo de exportação madeireira na Amazônia, e segundo a Associação das Indústrias Exportadoras de Madeiras do Estado do Pará, de janeiro de 2021 até maio de 2021, 104.452.937 Kg de produtos madeireiros foram comercializados, gerando faturamento de R\$ 542.889.691,00 (AIMEX, 2021). Dentre as espécies exploradas e de alto valor neste setor, encontram-se os cumaruzeiros (*Dipteryx* spp.).

A espécie *D. odorata*, possui madeira densa a muito densa (0,95 g.cm⁻³ a 1,19 g.cm⁻³), pesada, de boa qualidade e imputrescível, resistente a fungos, insetos e brocas marinhas (CARVALHO, 2009). É amplamente utilizada na indústria de construção naval (LE COINTE, 1947; PESCE, 2009) e, na indústria de implementos agrícolas para a produção de carroças, carrocerias, eixos de moinhos e mancais (LE COINTE, 1947; ZOGHBI; ANDRADE; MAIA, 2000). Na construção civil é empregada para a fabricação de vigas, caibros, estacas, esteios, moirões, tábuas para assoalhos (LORENZI, 1998) e, ainda pode ser usada em artigos laminados de

marcenaria, na fabricação de torneados, cabos de ferramentas, molduras, móveis e tonéis (VARELA; FAÇANHA, 1987; SAMPAIO, 2000; CARVALHO, 2009).

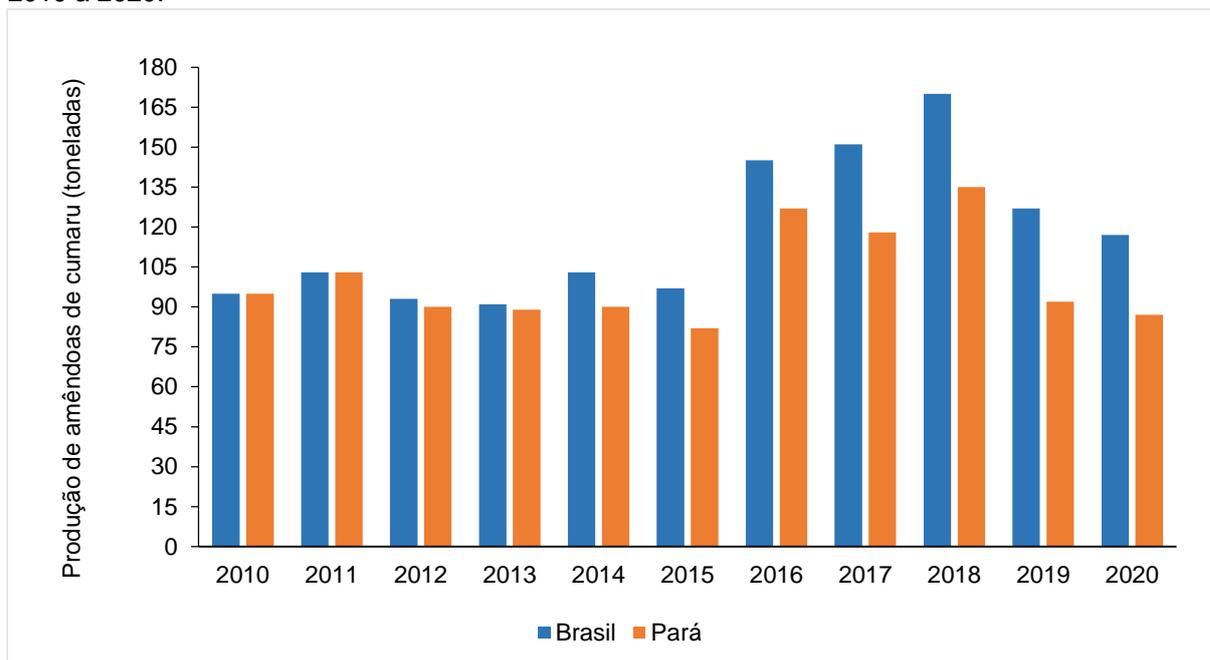
Outro setor histórico e demandante do cumaru é o mercado das amêndoas (sementes processadas). Dados de 2010 apontam que o Brasil comercializou 95 toneladas (t) de amêndoas de cumaru provenientes do Pará, gerando uma renda de R\$ 744.000,00. De 2011 a 2015, a produção média foi de 97 t (IBGE, 2021a) (Gráfico 1).

No ano de 2016 foram vendidas no Brasil 145 t de amêndoas de cumaru (R\$ 4.049.000,00), sendo 12,4% oriundas do estado do Amazonas e 87,6% do Pará (Gráfico 1). As sementes do Pará são provenientes do Baixo Amazonas, distribuídas entre os municípios de Alenquer (62 t), Curuá (16 t), Monte Alegre (2 t), Óbidos (11 t), Oriximiná (15 t) e Santarém (1 t), e do Sudeste Paraense (20 t), microrregião de São Félix do Xingu, município de Cumaru do Norte (IBGE, 2021a).

No Brasil em 2018, verificou-se um aumento na comercialização das amêndoas de cumaru (170 toneladas) e no valor da produção (R\$ 4.105.000,00), enquanto que nos anos de 2019 e 2020 houve baixa na produção e no preço do produto, sendo estes de 127 t (R\$ 2.991.000,00) e 117 t (R\$ 2.625.000,00), respectivamente (Gráfico 1). No ano de 2020, os estados de Pernambuco e Minas Gerais foram responsáveis pela produção de 1 tonelada cada, e a região Norte pela produção de 115 t (R\$ 2.624.000,00), sendo o Pará produtor de 75,7%, gerando uma renda de R\$ 2.360.000,00, seguido do Amazonas, com 28 toneladas. Santarém permanece com a comercialização de 1 tonelada de amêndoas desde 2012, sendo a renda de R\$ 18.000,00 neste mesmo ano (IBGE, 2021a).

As matérias-primas de cumaru provenientes do Pará são preparadas com menor cuidado e misturadas, o que pode influenciar diretamente na distribuição de madeiras e sementes de diferentes espécies de cumaru, como também no seu valor de mercado (PESCE, 2009). Neste sentido, é importante expandir o conhecimento sobre o gênero *Dipteryx* e dos seus potenciais econômicos em diferentes frentes de mercado.

Gráfico 1 – Produção de amêndoas de cumaru (toneladas) obtida na extração vegetal, nos anos de 2010 a 2020.



Fonte: IBGE, 2021a.

2.1.2 Aspectos industriais das espécies do gênero *Dipteryx*

Espécies do gênero *Dipteryx* são bastante procuradas para extração da cumarina simples de suas sementes (1,2-benzopirona), que foi isolada pela primeira vez dos frutos de *D. odorata*, por Vogel, em 1820 (SULLIVAN, 1982; CORRÊA, 2014).

A cumarina possui aroma que se assemelha a baunilha e, esse composto era utilizado para flavorizar tabacos de cachimbos (OHANA, 1998; PESCE, 2009). Atualmente é muito utilizada na indústria de perfumaria e cosmética como fixadora de essências (LE COINTE, 1947; LOUREIRO; SILVA; ALENCAR, 1979; CARVALHO, 2009; SILVA et al., 2010b). É também usada para disfarçar odores desagradáveis e encontrada em preparações de drogas, especialmente anticoagulantes, como o bis-hidroxycumarina (dicumarol) e varfarina; o dicumarol age como antagonista (bloqueador) da vitamina K, fator dependente de coagulação e, a varfarina é um fármaco usado na prevenção das trombozes, ambos amplamente empregados como raticidas (ARAÚJO; ECHEVERRIA; PASTORE JÚNIOR, 2004; CARVALHO, 2009).

Na indústria alimentícia, as sementes de cumaru ganharam espaço através da preparação de licores, whisky e vermute, e na gastronomia pela preparação de pratos finos, além da produção e aromatização de doces e sorvetes (OHANA, 1998;

PESCE, 2009). A semente de *D. odorata in natura* é preferida por 93,1% dos consumidores no município de Santarém, Pará, tendo em vista sua utilização tradicional para cura de enfermidades (RÊGO et al., 2017).

O extrato aquoso da casca do fruto de cumaru é utilizado, na medicina popular, como antiespasmódico e geralmente tônico, no combate a tosse, gripes e problemas pulmonares (CARVALHO, 2009; PESCE, 2009; RIOS; PASTORE JÚNIOR, 2011). A partir do cozimento dos frutos e das sementes, obtém-se um tipo de fortificante que age como eficiente moderador dos batimentos cardíacos e respiratórios (LE COINTE, 1947; LOUREIRO; SILVA; ALENCAR, 1979; CARVALHO, 2009), além de atuar sobre o sistema nervoso cérebro-espinhal em razão do seu efeito anestésico e, apresentar propriedades diaforéticas e emenagogas (PRANCE; SILVA, 1975; PASTORE JÚNIOR; BORGES, 1998; CARVALHO, 2009).

2.1.3 Cumaruzeiros em Sistemas Agroflorestais (SAF's)

Os Sistemas Agroflorestais são caracterizados pelo cultivo simultâneo ou escalonado, no espaço e no tempo, de árvores com espécies agrícolas anuais, plurianuais ou perenes, na presença ou não de animais (NAIR, 2007; ABDO; VALERI; MARTINS, 2008). Nesses sistemas diversificados de produção é possível combinar os benefícios da produção de alimentos, forragem, energia, madeira, óleos entre outros, com os serviços de conservação do solo, manutenção da fertilidade, ciclagem de nutrientes, controle de erosão, fixação de nitrogênio e uma maior estabilidade do microclima na propriedade agrícola (NAIR, 2007).

A classificação dos SAF's baseia-se nos tipos de combinações entre os componentes do sistema, sendo estes os mais simplificados: Sistema silviagrícola; Sistema silvipastoril; Sistema agrossilvipastoril (LUNZ; FRANKE, 1998). As vantagens desses sistemas perpassam desde a conservação do meio ambiente, melhor utilização dos recursos naturais disponíveis (luz, água e nutrientes), provável redução de pragas e doenças, e longevidade do sistema; até a melhoria da renda e da dieta alimentar em diferentes períodos do ano, e qualidade de vida do agricultor (LUNZ; FRANKE, 1998; ARCO-VERDE, 2008).

A escolha dos arranjos, bem como, o conhecimento sobre a procedência das espécies que comporão o sistema são fatores indispensáveis para se atingir altas produtividades (TONINI; ARCO-VERDE, 2005).

Na Região Oeste do Pará a agricultura familiar tem grande relevância, pois a maioria dos alimentos produzidos são consumidos pela população urbana, como milho, mandioca, arroz, feijão, coco, banana, cacau, café, laranja, limão, tangerina, maracujá, melancia, fibra do curauá, pimenta do reino e açaí, além do cultivo de espécies florestais vinculadas a medicina tradicional e a indústria cosmética, como o cumaru (*Dipteryx* spp.), copaíba (*Copaifera* spp.) e andiroba (*Carapa guianensis*) (ROCHA, 2014).

A associação de espécies florestais nos sistemas auxiliam como cerca viva, fonte energética e renda alternativa pelo comércio de madeira e subprodutos (ABDO; VALERI; MARTINS, 2008). Nesse sentido, os produtos florestais oriundos de sistemas agroflorestais colaboram para a sustentabilidade e minimização dos efeitos causados por impactos ambientais negativos, como a exploração predatória da madeira (RÊGO, 2014).

O gênero *Dipteryx* também é bastante requisitado em plantios agroflorestais e para reflorestamentos, tendo em vista que apresentam rápido crescimento e frutificação precoce (CARVALHO, 2009), boa taxa de crescimento a pleno sol (TONINI; OLIVEIRA JUNIOR; SCHWENGBER, 2008) e elevada taxa de sobrevivência (MACHADO, 2008).

Na Amazônia, a espécie *Dipteryx odorata* destaca-se pela sua boa forma de fuste e pela possibilidade de associação com espécies de menor porte e tolerantes a sombra (SANTOS, 2002), além de ser utilizada tanto para enriquecimento de capoeira, quanto para outros tipos de sistemas (MESQUITA; JAKOVAC; BENTOS, 2009; SOUZA et al., 2010).

Economicamente, foram analisadas a produção de amêndoas de cumaru (*Dipteryx* spp.) em dois sistemas agroflorestais localizados no município de Alenquer, estado do Pará. O primeiro com área útil de 0,3 hectares, 72 árvores observadas (7 anos de idade) e espaçamento 6 x 6 m, gerando uma renda bruta de R\$ 22.583,16 em 10 anos e R\$ R\$ 81.277,46 em 20 anos; o segundo sistema com 0,4 hectares de área útil, 24 árvores (10 anos de idade) e espaçamento de 12 x 12 m, apresentando uma receita de R\$ 2.707,81 (10 anos) e R\$ 9.745,50 (20 anos), demonstrando que os sistemas foram viáveis e podem ser um bom investimento para diversificação da renda, no entanto, para melhores resultados, as implantações devem ser conduzidas com orientação técnica (RÊGO, 2014).

Em estudo sobre a produção e renda gerada por cumaruzeiros em dois sistemas agroflorestais localizados no Oeste do Pará, um em Belterra (com plantio de *D. odorata*) e outro em Mojuí dos Campos (plantio de *Dipteryx punctata*), verificou-se que é interessante a introdução das duas espécies no mesmo sistema para que ocorra uma melhor distribuição da produção ao longo dos anos; e a renda bruta obtida pela venda das amêndoas de cumaru (sementes processadas) em Belterra foi de R\$ 130,43 (2,9 kg/ha em 2016) e R\$ 105,63 (2,3 kg/ha em 2017), e em Mojuí dos Campos, R\$ 378,67 (8,4 kg/ha em 2016) e R\$ 4.099,09 (91,0 kg/ha em 2017), sendo indicativo de um complemento financeiro para os produtores (SILVA et al., 2018).

Entretanto, são necessários mais estudos com espécies que compõem e para compor os SAF's (SILVA et al., 2008), principalmente quanto a avaliação da renda gerada pela introdução dos cumaruzeiros que é recente (SILVA et al., 2018).

2.1.4 *Dipteryx punctata* (S.F. Blake) Amshoff

A espécie *Dipteryx punctata* (S.F. Blake) Amshoff é conhecida por compor o gênero *Dipteryx* e apresenta-se como sinônimos botânicos *Coumarouna punctata* (S.F. Blake), *Coumarouna trifoliolata* (Ducke) e *Dipteryx trifoliolata* (Ducke) Ducke. É conhecida como cumaru, cumaru-ferro, cumaru-amarelo, sarrapia, sarrapia-mona, sarrapia-real, *tonka bean* e yape, com ocorrência no Brasil, Colômbia, Guiana, Guiana Francesa, Jamaica, México, Porto Rico, Suriname, Trindade e Tobago e Venezuela (ILDIS, 2018; TROPICOS.ORG, 2022) (Tabela 1).

No Brasil, *D. punctata* é adaptada à floresta de terra firme, floresta estacional semidecidual e floresta ombrófila (floresta pluvial); ocorre na Região Norte, nos estados do Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia e Roraima. Apresenta uma possível ocorrência no Centro-oeste, estado do Mato Grosso (CARVALHO; LIMA; CARDOSO, 2020b).

Tabela 1 – Espécies do gênero *Dipteryx* e países de ocorrência.

ESPÉCIES ¹	OCORRÊNCIA ²
<i>Dipteryx alata</i>	Bolívia (nativo); Brasil (nativo); Paraguai (nativo); Peru (nativo).
<i>Dipteryx charapilla</i>	Brasil (nativo); Peru (nativo).
<i>Dipteryx ferrea</i>	Brasil (nativo); Peru (nativo).
<i>Dipteryx lacunifera</i>	Brasil (nativo).
<i>Dipteryx magnifica</i>	Brasil (nativo); Venezuela (nativo).
<i>Dipteryx micrantha</i>	Brasil (nativo); Peru (nativo).
<i>Dipteryx odorata</i>	Brasil (nativo); Colômbia (nativo); Guiana Francesa (nativo); Guiana (nativo); Nauru (apresentado); Peru (nativo); Seicheles (nativo); Suriname (nativo).
<i>Dipteryx oleifera</i>	Colômbia (nativo); Costa Rica (nativo); Honduras (nativo); Nicarágua (nativo); Panamá (nativo).
<i>Dipteryx polyphylla</i>	Brasil (nativo); Colômbia (nativo).
<i>Dipteryx punctata</i>	Brasil (nativo); Colômbia (nativo); Guiana Francesa (nativo); Guiana (nativo); Jamaica (apresentada); México (apresentado); Porto Rico (apresentado); Suriname (nativo); Trinidad e Tobago (nativo); Venezuela (nativo).
<i>Dipteryx rosea</i>	Brasil (nativo); Peru (nativo); Venezuela (nativo).

Fonte: ¹THE PLANT LIST (2013); ¹CARVALHO; LIMA; CARDOSO (2020a); ¹WFO (2022); ²ILDIS (2018); ²TROPICOS.ORG (2022).

Dipteryx punctata pode atingir cerca de 10 m de altura em formações cultivadas (Figura 1A). Possui tronco cilíndrico (Figura 1B), galhos com ausência de exsudato e folhas compostas, pinadas, com folíolos ovais e alternos (Figura 1C), inflorescência do tipo paniculada, com flores de coloração amarela a roxa (Figura 1D), e frutos do tipo drupa, oblongo-ovais (Figura 1E), com valvas tardiamente deiscente e endocarpo se abrindo após a decomposição do mesocarpo (Figura 1F) (FRANCISCO, 2010).

Esta espécie necessita de informações quanto aos aspectos biológicos, químicos e potencialidades industriais, sendo de fundamental importância o seu estudo e utilização das partes que a compõe para investigações científicas.

Figura 1 – *Dipteryx punctata* em Mojuí dos Campos. **A.** Distribuição das árvores em formações cultivadas. **B.** Tronco cilíndrico. **C.** Galhos com ausência de exsudato e folhas compostas, pinadas, com folíolos ovais e alternos. **D.** Inflorescência do tipo panícula. **E.** Frutos do tipo drupa, oblongo-ovais. **F.** Resíduos e sementes.



Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.

2.2 Óleos e extratos vegetais

As plantas produzem uma variedade de componentes orgânicos que são divididos em dois grupos: os metabólitos primários e os secundários. Os metabólitos primários estão envolvidos em processos fundamentais de manutenção da sobrevivência e do desenvolvimento das plantas, como o armazenamento de energia (VIZZOTTO; KROLOW; WEBER, 2010).

Os metabólitos secundários são compostos químicos não necessários para a sobrevivência imediata do organismo celular, mas conferem às plantas, vantagens

evolutivas para sua sobrevivência, como competição no ambiente e reprodução (VIZZOTTO; KROLOW; WEBER, 2010). Possuem também funções ecológicas importantes como: pesticidas naturais em defesa contra herbívoros ou microrganismos patogênicos (JAMAL et al., 2008), proteção contra raios ultravioleta (UV) e atração de polinizadores ou animais dispersores de sementes (FUMAGALI et al., 2008). Esses compostos são armazenados em órgãos específicos ou em certas fases do desenvolvimento e representam menos de 1% do total da massa seca da planta (SANTOS et al., 2013).

Os três grupos de metabólitos secundários mais importantes são os terpenos (dão origem aos monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, triterpenos e tetraterpenos), os compostos fenólicos (derivados dos carboidratos) e os alcalóides (derivados dos aminoácidos, principais constituintes das proteínas) (VIZZOTTO; KROLOW; WEBER, 2010). Os alcalóides esteroidais destacam-se dentre os metabólitos com ação antifúngica, cuja atividade está relacionada com a capacidade de desestabilizar membranas biológicas (CASTILHOS et al., 2007).

Os óleos e extratos vegetais, extraídos da via metabólica das plantas, geralmente apresentam baixa toxicidade aos mamíferos e vêm sendo pesquisados quanto ao seu potencial antioxidante para substituir os de origem sintética comumente utilizados (KIRSCHWENG et al., 2017), e no controle alternativo de fungos fitopatogênicos (BASTOS, 2008).

Os óleos podem ser classificados como essenciais, resinas e fixos, sendo os essenciais também chamados de óleos voláteis, essências, azeites etéreos ou azeites voláteis e constituem um grupo de substâncias líquidas, voláteis, responsáveis pelo aroma de diversas plantas (MATOS; MATOS, 1989). Em geral, os óleos essenciais são instáveis principalmente na presença de ar, luz, calor, umidade e metais. São raramente encontrados em gimnospermas, mas são abundantes em angiospermas dicotiledôneas (SIMÕES et al., 2004). A qualidade das essências pode se diferenciar em relação ao gênero e espécie botânica (AMARAL, 2004).

Os óleos essenciais são obtidos de partes de plantas através de destilação por arraste a vapor d'água, bem como por compressão no caso de pericarpos de frutos cítricos (COSTA et al., 2008). Os constituintes dos óleos variam de hidrocarbonetos terpênicos, álcoois simples e terpênicos, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, éteres, óxidos, peróxidos, furanos, ácidos orgânicos, lactonas,

cumarinas e compostos com enxofre. Estas substâncias apresentam-se em diferentes concentrações e, normalmente, existe o composto majoritário e outros em menores teores ou em baixíssimas quantidades (SIMÕES et al., 2004).

O óleo resina é obtido da própria planta através de exsudações e perfurações realizadas em seu tronco, como o caso do óleo de copaíba (*Copaifera* spp.); já os óleos fixos diferem das gorduras apenas no ponto de fusão, nunca evaporam ou volatilizam completamente. Quando permanecem fluidos são denominados de óleos não secativos, e quando solidificam lentamente são denominados secativos, apresentando coloração e cheiro característico, aspecto oleoso e maior densidade (SALGADO et al., 2003). Para a obtenção dos óleos fixos, normalmente precisa-se trabalhar nas sementes, espremendo, fervendo e deixando descansar (SCHMAL, 2006), podendo o produto final ser utilizado para fins farmacológicos, industriais e nutricionais (SALGADO et al., 2003).

Os triacilgliceróis fazem parte da constituição química dos óleos fixos e são substâncias que apresentam ácidos graxos diferentes ou idênticos, esterificados nas três posições hidroxila da molécula de glicerol. Os principais ácidos graxos podem ser saturados (láurico, mirístico, palmítico e esteárico) ou insaturados (oléico, linoléico e linolênico), com uma cadeia de carbono não ramificada de número par (ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997).

Os extratos vegetais são preparações concentradas, obtidas após a colheita de todas as partes da planta, possuem consistências diversas, podem ser tratadas ou não por inativação enzimática, secagem, moagem, entre outros, obtidas por métodos que envolvam a utilização de solventes como álcool etílico e a própria água, e seus compostos separados por processos de fracionamento do extrato e purificação do princípio ativo (LIMA JÚNIOR, 2011).

Os principais métodos de extração são maceração, percolação, infusão, decocção e extração em aparelho de Soxhlet. Para a escolha do método, deve-se considerar a eficiência, estabilidade das substâncias extraídas, disponibilidade dos meios, o custo do processo e a finalidade do extrato a ser preparado (SILVA et al., 2005).

Algumas famílias botânicas que possuem espécies vegetais promissoras quanto obtenção de óleos e extratos com presença de substâncias ativas são: Asteraceae, Amaranthaceae, Amaryllidaceae, Annonaceae, Araceae, Chenopodiaceae, Canellaceae, Compositae, Cruciferae, Cucurbitaceae,

Euphorbiaceae, Flacourtiaceae, Labiatae, Fabaceae, Malvaceae, Meliaceae, Piperaceae, Poaceae, Rosaceae, Rutaceae, Stemonaceae, Solanaceae, entre outras (POTENZA, 2004).

Pertencendo a família Fabaceae, o gênero *Dipteryx* possui sementes com princípio ativo cristalizável, a cumarina (alfa-lactona do ácido cumárico), que se apresenta como um princípio odorífero, assemelhando a baunilha, persistente e com sabor amargo (ARAÚJO; ECHEVERRIA; PASTORE JÚNIOR, 2004). Alguns métodos já foram utilizados para extrair e quantificar a cumarina em sementes de *D. odorata*, como a infusão, maceração e maceração ultrassônica, sendo este último o mais eficiente para determinados solventes, resultando, por exemplo, em porcentagens de 2,05% do peso das sementes composto pela cumarina (OLIVEROS-BASTIDAS et al., 2011).

Neste sentido, os produtos de origem vegetal surgem como fonte de substâncias ativas com potencial para diversas atividades biológicas, incluindo ação antioxidante, inseticida, fungicida, herbicida e nematicida (SANTOS et al., 2013).

2.2.1 Atividade antioxidante de produtos naturais pelo método do DPPH

Radicais livres são átomos ou moléculas produzidas durante os processos metabólicos, que auxiliam como mediadores na transferência de elétrons em várias reações bioquímicas (BAE et al., 1999) e, estão envolvidos em diferentes funções no organismo como: produção de energia, fagocitose, regulação do crescimento celular, sinalização intercelular e síntese de substâncias biológicas (HALLIWELL; GUTTERIDGE; CROSS, 1992).

Mesmo com toda a gama de especificidades, quando disponível em excesso no organismo, os radicais livres apresentam efeitos altamente danosos ao DNA, proteínas e organelas celulares, provocando alterações na estrutura e funções da célula, favorecendo o aparecimento de diversas patologias (HALLIWELL; GUTTERIDGE; CROSS, 1992). Neste sentido, estudos sobre metodologias e a busca por substâncias capazes de regenerar ou prevenir os danos oxidativos e auxiliar como antioxidantes têm sido bastante difundidos (ALVES et al., 2010).

O método DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) é bastante utilizado para avaliar a capacidade antioxidante, servindo de base para outras metodologias a fim de caracterizar completamente um composto como antioxidante, a exemplo: TEAC (*Trolox Equivalent Antioxidant Capacity*), ABTS+ (ácido 2,2'-azinobis-3-

etilbenzotiazolina-6-sulfônico), ORAC (*Oxygen radical absorbance capacity*), FRAP (*Ferric-Reducing Ability of Plasma*), TRAP (*Total Radical – Trapping Antioxidant Parameter*), CUPRAC (*Cupric ions Cu²⁺ reducing antioxidant power*) e procedimentos de peroxidação lipídica (CIESLA et al., 2012; MOON; SHIBAMOTO, 2009).

Na maioria dos casos, os testes empregam basicamente o mesmo princípio, onde um radical sintético é gerado e a capacidade de uma amostra para eliminar ou neutralizar o radical é monitorada através de espectrofotômetro UV/visível (ARNAO, 2000).

Os resultados da atividade antioxidante são expressos usualmente pelo parâmetro CI50% (concentração inibitória), que é definido pela capacidade do agente antioxidante de sequestrar 50% dos radicais livres presentes na solução, havendo uma relação inversa entre a quantidade de amostra e a atividade antioxidante, ou seja, quanto menor o valor da CI50%, maior é a atividade antioxidante do produto (ARBOS; STEVANI; CASTANHA, 2013).

Muitos produtos de origem vegetal já foram testados quanto a ação antioxidante, alguns com resultados significativos. Os frutos do cerrado araticum (*Annona crassiflora*), lobeira (*Solanum lycocarpum*), cagaita (*Eugenia dysenterica*), pequi (*Caryocar brasiliense*) e banha de galinha (*Swartzia langsdorfii*) foram avaliados em relação à ação antioxidante, com melhores resultados para o extrato aquoso e etanólico de casca de pequi (CI50 igual a 9,44 e 17,98 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$), extrato etanólico de sementes de cagaita (CI50 igual a 14,15 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) e, extrato etanólico de sementes e casca de araticum, com CI50 igual a 30,97 e 49,18 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-1}$, respectivamente (ROESLER et al., 2007).

Extratos obtidos das folhas de louro (*Laurus nobilis*) apresentaram ação antioxidante, com maior percentual de inibição da auto-oxidação do DPPH, verificado no extrato alcoólico (95,3%), seguido pelo aquoso (80,5%) e misto (78,4%) (LUCENA; AMÂNCIO; MORAIS, 2020).

A capacidade de captura de radicais foi avaliada em resíduos agroindustriais do bagaço de uva Isabel (*Vitis labrusca*), bagaço de uva Verdejo (*Vitis vinifera*) e bagaço de goiaba (*Psidium guajava*) e, observaram alta atividade antioxidante, principalmente nos bagaços das uvas (MELO et al., 2011).

Na avaliação da atividade antioxidante de farinhas obtidas de frutos de *Dipteryx alata*, verificou-se que as amostras de farinhas do epicarpo e mesocarpo de

frutos desidratados a 40°C, a 80°C e a 100°C, apresentaram aumento na atividade antioxidante e diferiram em relação às amostras da farinha controle do epicarpo e mesocarpo de baru (SILVA et al., 2019). Com essa mesma espécie, foi elaborado um *frozen yogurt* com as sementes e, apresentou CI50 de $177,7 \pm 2,6 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ DPPH, ou $12,67 \pm 1,37 \text{ mg.mL}^{-1}$, indicando bom potencial oxidante desse produto (ARELHANO et al., 2019).

Extrato metanólico obtido de méis comercializados em feira do interior de Pernambuco, exibiram uma captura de DPPH significativa devido à alta quantidade de fenólicos totais (SILVA; LIMA; CAVALCANTE, 2020). Já foi evidenciado que méis com altos teores de compostos fenólicos apresentam maior capacidade antioxidante e coloração mais escura (OLIVEIRA et al., 2012). É importante a realização de estudos com compostos fenólicos e flavonoides associado ao método de DPPH e outras técnicas, para consolidação dos produtos naturais como antioxidantes.

Os produtos naturais por serem biodegradáveis, renováveis e conterem substâncias farmacológicas em potencial, também despertam interesse em relação às suas atividades microbiológicas (FERNANDES et al., 2011), sendo úteis para as indústrias no desenvolvimento de produtos biocompatíveis, seja como produto/componente *in natura*, ou como modelo para síntese ou semissíntese química de produtos com características tóxicas necessárias (MORAIS, 2009).

2.2.2 Histórico do controle alternativo de fitopatógenos

Até metade do século XIX, a utilização de produtos naturais no controle de pragas e doenças agrícolas era amplamente difundida; grandes áreas de cultivo de plantas eram usadas como defensivos naturais, e dentre os produtos empregados como inseticidas e fungicidas, destacavam-se aqueles à base de *Chrysanthemum cinerariaefolium*, *Chrysanthemum roseum*, *Chrysanthemum coccineum* (fontes de piretro), *Derris* spp. e *Lonchocarpus* spp. (fontes de rotenona) e *Nicotiana* spp. (fonte de nicotina) (BOYCE, 1974). Assim, o incentivo ao uso de preparados à base de plantas era notado contra fitopatógenos (DECKER, 1942).

No período da Segunda Guerra Mundial, áreas agrícolas foram dizimadas ou tiveram seu fornecimento de produtos suspenso e, o mundo pós-guerra procurou alternativas para o aumento da produção de alimentos visando atender às necessidades da população, o que ocasionou a busca por outros produtos que pudessem substituir os naturais no controle de doenças de plantas (BOYCE, 1974).

Assim, no início do século XX, teve início a fase dos produtos sintéticos para o controle fitossanitário, apresentando-se como a solução para a agricultura mundial, onde compostos com maior toxidez começaram a ser utilizados como, preparados à base de enxofre, sabão, óleo de baleia, boro e arsênico (BOYCE, 1974; SAITO; LUCCHINI, 1998).

Em 1970, com a expansão da Revolução Verde, as atividades agrícolas empresariais passaram a ser baseadas na indústria de agroquímicos (fertilizantes, inseticidas, nematicidas, fungicidas, herbicidas), maquinários agrícolas e sementes híbridas na agricultura, apresentando como lema o combate à fome e enfrentamento às doenças de plantas (PICADO, 2008). A visão de quantidade suprimia a qualidade, tanto para a agricultura, quanto a longo prazo para os ecossistemas.

O uso de agroquímicos na agricultura contribuiu para que ocorressem grandes mudanças, como o aumento das áreas de cultivo, redução do número de trabalhadores nas lavouras e aumento na produtividade (SAITO; LUCCHINI, 1998). No entanto, práticas agrícolas importantes na redução das doenças nas culturas, (rotação e consórcio), passaram a ser pouco ou não mais utilizadas, principalmente em áreas de cultivo extensivo (BETTIOL; MORANDI, 2009). Assim, a utilização de forma descontrolada destes produtos fez com que alguns problemas comesçassem a surgir, pois quando perdiam a eficiência, fazia-se a substituição por novos agrotóxicos, o que, conseqüentemente, dava início a um novo ciclo de desequilíbrios (MARICONI, 1981).

Para o ambiente, o uso abusivo dos agroquímicos ocasionou a contaminação de biomas, com efeito em todos os seres vivos, dos solos até os mananciais de água. A qualidade dos alimentos e alterações climáticas ameaçadoras para o planeta também foram os principais efeitos denunciados pela má utilização desses produtos sendo, portanto, necessário repensar o sistema vigente de produção agrícola no mundo moderno (GUERRA, 2011).

Em vista desses acontecimentos, a preocupação da sociedade com o impacto da agricultura no ambiente e na contaminação da cadeia alimentar com agrotóxicos, começou a alterar o cenário agrícola, resultando na presença de segmentos de mercado ávidos por produtos diferenciados (os chamados biológicos, verdes, ecológicos, orgânicos etc.), e no desenvolvimento de sistemas de cultivo mais sustentáveis e, portanto, menos dependentes do uso de agrotóxicos (BETTIOL; GHINI, 2003), fazendo com que, nas últimas décadas, as empresas que

desenvolvem defensivos agrícolas ofereçam produtos menos agressivos à natureza e, conseqüentemente, ao homem (BASTOS, 2008).

No contexto da agricultura familiar e do sistema de produção agroecológico, dentre as alternativas para a redução do uso indiscriminado de agrotóxicos, a utilização de produtos naturais voltou a ser um dos temas discutidos, podendo ser este, um método viabilizado no controle fitossanitário (BASTOS, 2008), ao lado do controle biológico, da indução de resistência (SCHWAN-ESTRADA, 2009) e do consórcio de espécies vegetais, a fim de aumentar a agrobiodiversidade.

Dentre os produtos naturais, o uso dos óleos essenciais, resinas, fixos e/ou de extratos, no controle de doenças de plantas, possui grande vantagem prática, podendo ser útil para as indústrias no desenvolvimento de futuros produtos biocompatíveis, seja como produto/componente *in natura* ou como modelo para síntese ou semissíntese química de produtos com características fungitóxicas necessárias (MORAIS, 2009). Isto é devido às possibilidades quanto à sua eficácia em ações fungitóxicas diretas, seu proporcional aumento no nível de resistência da cultura tratada, facilidade de aplicação e baixo custo comparado à aquisição de fungicidas sintéticos pelos agricultores familiares, pequeno espectro de ação e conseqüentemente baixa persistência residual gerando baixo risco de intoxicação humana e de poluição ambiental (MARTINEZ, 2002).

A diversidade de espécies que possuem compostos secundários potencialmente ativos no controle são as mais variadas, o que possibilita a utilização direta pelo produtor por meio do cultivo da planta, preparo e aplicação do extrato nas culturas comerciais (CELOTO et al., 2008). Além disso, a formação de uma consciência ecológica e a busca pela conservação do meio ambiente tem gerado a necessidade de se testar produtos naturais (VENTUROSOSO et al., 2011). As pesquisas realizadas até o momento indicam o potencial desses produtos no controle alternativo de fitopatógenos, sendo possível propiciar uma agricultura verdadeiramente sustentável (BASTOS, 2008), como é o caso do cultivo de banana.

2.3 A cultura da banana (*Musa* spp.)

A bananeira (*Musa* spp.) apresenta-se como uma das frutas frescas mais importantes para a agricultura e saúde alimentar, pois nutricionalmente é fonte energética pela presença de carboidratos e de minerais importantes, como potássio

e cálcio, além de possuir quantidades consideráveis de vitaminas B e C (LEONEL et al., 2011).

Na Região Amazônica, já foram destacados em sistemas florestais integrados às atividades pastoris ou agrícolas, o consórcio de espécies do gênero *Dipteryx* com bananeiras, como nas áreas de agricultores familiares do Projeto de Desenvolvimento Sustentável (PDS) Terra Nossa (Novo Progresso-PA) e indígenas Kayapó da Terra Indígena (TI) Baú (Altamira-PA), demonstrando grande viabilidade econômica tanto para pequenos, como para médios produtores (MOTA et al., 2022).

O Brasil é um grande produtor de banana para consumo interno. A produção de banana em lavouras permanentes em 2018 foi de 6.723.590 t, gerando renda de R\$ 6.946.046.000,00; em 2019 ocorreu um aumento na produção (6.831.874 t) e no faturamento (R\$ 7.545.369.000,00) e, no ano de 2020, apesar da produção de banana ter sofrido um decréscimo de 2,8% em relação ao ano de 2019, houve aumento no faturamento em torno de R\$ 1.093.229.000,00 (IBGE, 2021b). O estado de São Paulo se destacou como maior produtor e, no ranking de produtos agrícolas com maior valor de produção, a banana ocupou a nona posição (IBGE, 2021c).

No Pará, a produção de cachos de banana em 2018 foi de 417.983 t (R\$ 541.741.000,00), ocorrendo decréscimo de 8,8% da produção em 2019 e faturamento de R\$ 618.363.000,00. Em 2020, a produção foi de 407.372 t e o faturamento aumentou de para R\$ 680.046.000,00 em decorrência do aumento dos preços. No município de Santarém (PA), a produção foi de 600 t e renda de R\$ 1.200.000,00 nos anos de 2018 e 2019, já em 2020, aumentou para 900 t gerando um faturamento de R\$ 1.800.000,00 (IBGE, 2021b).

No mercado mundial de alimentos, em 2019, as exportações de banana atingiram recorde de 21.700.000 t, sendo este forte crescimento impulsionado por países da América Latina e Caribe, seguido da Ásia e África. No entanto, a produção em 2020 foi de 21.500.000 t, sendo a quantidade de importação líquida global em torno de 19.800.000 t. A União Europeia importou 26% e os Estados Unidos da América 21% dessa produção (FAO, 2021).

Dados de 2021 apontam tensões induzidas pela pandemia nas cadeias de suprimentos globais pelo encarecimento de produtos, impactos sobre a oferta e procura, bem como preocupações em torno do agravamento e propagação de doenças de plantas, incluindo as que afetam a cultura da banana; além da diminuição da exportação para alguns dos principais mercados tendo em vista

regulamentos mais rigorosos sobre níveis máximos de resíduos químicos nos alimentos (FAO, 2022).

2.3.1 *Colletotrichum musae* (Berk & Curt.) von Arx.

Dentre as doenças importantes que acometem inúmeras culturas, como a banana, podemos citar a antracnose, causada por fungos pertencentes ao gênero *Colletotrichum*. Estes fitopatógenos atacam toda a parte aérea das plantas, em qualquer idade, sendo de difícil controle quando ocorrem em condições climáticas favoráveis (POLTRONIERI et al., 2001). Quando atacam diretamente os frutos, sua ocorrência pode ocasionar várias perdas nas produções em grande escala (CARBONI, 2018), e quando não controladas de maneira adequada, limitam o cultivo; além disso, o aumento das áreas cultiváveis em algumas regiões favorece o agravamento da doença (VIANA et al., 2003).

O gênero *Colletotrichum* foi incluído na lista dos dez fungos fitopatogênicos mais importantes do mundo, responsável por infectar mais de 30 gêneros de plantas, causando a antracnose e doenças de pós-colheita, sendo reconhecidas em 2018, 218 espécies, subdivididas em 12 complexos de espécie e outras consideradas espécies individuais (CARBONI, 2018). Em 2021, foram relatadas 248 espécies atualmente aceitas com dados moleculares, divididas em 14 complexos de espécies e 13 espécies singleton (variante rara para a qual a variação genética é transportada por um único cromossomo em uma amostra) (JAYAWARDENA et al., 2021).

A espécie *Colletotrichum gloeosporioides* (Penzig) Sacc. é a mais comum no Brasil, e a espécie *Colletotrichum musae* (Berk & Curt.) von Arx. é a causadora da antracnose em banana, sendo taxonomicamente classificada com base no teleomorfo que está inserido no filo Ascomycota, classe Sordariomycetes, subclasse Hipocreomycetidae, ordem Glomerellales e família Glomerellaceae (INDEX FUNGORUM, 2022).

Os sintomas iniciais da antracnose são lesões de formato circular e coloração castanha escura, podendo aumentar com o passar do tempo, sendo mais frequente no verão devido ao aumento da umidade (REIS et al., 2011).

A disseminação do patógeno ocorre por meio de sementes, respingos de chuva, insetos e implementos agrícolas e, sua sobrevivência se dá em restos de

cultura e em tecidos afetados da própria planta, fazendo com que a doença seja mais frequente e severa em uma determinada área (POLTRONIERI et al., 2001).

Os métodos de controle da antracnose vão desde os culturais até os químicos. O controle preventivo inicia-se nos viveiros com mudas de procedência conhecida, o que é muito importante para a constituição de um pomar sadio e, na poda com remoção de partes mais afetadas e limpeza dos restos de cultura que auxiliarão na redução da severidade da doença (VIANA et al., 2003).

Atualmente, tendo a pandemia em curso, a necessidade de aplicação de medidas sanitárias foi agravada, os insumos como fertilizantes, defensivos e embalagens, por exemplo, subiram 30% a 45%, e o distanciamento físico para proteção dos trabalhadores gerou custos adicionais aos produtores e operadores ao longo da cadeia de abastecimento (FAO, 2022).

Nesse sentido, torna-se indispensável a busca por compostos naturais visando a diminuição dos custos com agroquímicos e proteção ambiental e humana. A incorporação de métodos alternativos no manejo integrado da antracnose na cultura da banana é de fundamental importância, principalmente, no contexto da agricultura familiar e produção orgânica.

2.3.2 Óleos e extratos utilizados no controle da antracnose

Devido ao uso de fungicidas em maior escala e frequência para o controle da antracnose, e a comprovação dos efeitos nocivos desses defensivos sintéticos no ambiente e na contaminação de alimentos, se utilizados de maneira abusiva e inadequada, surgem produtos como óleos e extratos vegetais obtidos a partir de plantas medicinais com potencial para o controle de fitopatógenos (CUNICO et al., 2003), tanto pela ação fungitóxica direta, através da inibição do crescimento micelial e da germinação de esporos, quanto pela indução de fitoalexinas (LYON; REGLINSKI; NEWTON, 1995; SCHWAN-ESTRADA; STANGARLIN; CRUZ, 2000).

O efeito de produtos vegetais no controle da antracnose, ocasionada por fungos do gênero *Colletotrichum*, em diferentes espécies vegetais, já foi relatado em muitos trabalhos. O potencial fungitóxico de seis extratos, seis óleos essenciais, óleo resina de copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e sete hidrolatos foi avaliado sobre *C. gloeosporioides*, causador da antracnose em maracujazeiro e, todos os óleos essenciais impediram a germinação do fungo e inibiram completamente o seu crescimento, com exceção do óleo da goiaba branca (*Psidium guajava*) (SILVA et

al., 2009). O óleo essencial e o hidrolato obtido de galhos de breu branco (*Protium heptaphyllum*), também avaliados sobre esse mesmo fitopatógeno, apresentaram efeito fungistático, com maior redução no crescimento micelial ocasionada pelo óleo essencial (SOUSA et al., 2018a).

O óleo de nim (*Azadirachta indica*) diminuiu o diâmetro das lesões e a esporulação do agente causal da antracnose em maçã (*Malus domestica*), em função do aumento das concentrações, nos diferentes períodos de avaliação (LEITE et al., 2009).

O óleo de castanha (*Bertholletia excelsa*), testado em nove concentrações, sobre o crescimento micelial de *C. gloeosporioides*, causador da antracnose em mamão, reduziu o crescimento micelial desse fitopatógeno, em cinco das nove concentrações testadas (PAULINO et al., 2018a). O óleo essencial de louro (*Laurus* sp.) testado sobre o crescimento micelial desse mesmo fitopatógeno, reduziu o diâmetro médio das colônias, nas duas maiores concentrações avaliadas (PAULINO et al., 2018b).

Quando *C. gloeosporioides*, obtido de frutos de goiaba, foi submetido a diferentes concentrações do óleo essencial de macacaporanga (*Aniba parviflora*), observou-se que todas as concentrações avaliadas, com exceção da menor (0,10 mg.mL⁻¹), apresentaram efeito fungistático sobre o crescimento micelial do fitopatógeno e, a maior concentração, mostrou efeito fungicida (LOURIDO et al., 2018). O óleo essencial de cravo da índia (*Syzygium aromaticum*), na concentração de 7000 µg.mL⁻¹, também apresentou efeito fungistático, para *Colletotrichum* sp. causador da antracnose em frutos de pimentão (PAULINO et al., 2018c).

Reduções no crescimento micelial do agente causal da antracnose em banana foram ocasionadas por frações de óleo obtidas de sementes de cumaru (*Dipteryx* sp.) (SOUSA et al., 2018b); pelo óleo essencial e hidrolato de pripioca (*Cyperus articulatus*) (KASPER et al., 2018), e por diferentes concentrações dos óleos de hortelã (*Mentha* sp.) e de sementes de uva (*Vitis* sp.) que reduziram o crescimento de *C. musae*, nas concentrações de 1500 µg.mL⁻¹ do óleo de hortelã e, em 150 e 400 µg.mL⁻¹ do óleo de sementes de uva (SOUSA et al., 2018c).

Também já foi observado o efeito antifúngico de extratos vegetais sobre os agentes causais da antracnose em diferentes culturas. Extrato de tomilho (*Thymus vulgaris*) apresentou ação fungitóxica sobre o crescimento micelial, *in vitro*, do fungo *Colletotrichum graminicola* (TAGAMI et al., 2009), o extrato aquoso de cravo da

índia, na concentração de 10%, ocasionou 100% de inibição do crescimento micelial de *C. gloeosporioides* (ROZWALKA et al., 2008), e extratos etanólicos de camomila amarela (*Helenium amarum*), doril (*Alternanthera dentata*), erva-cidreira (*Lippia alba*) e jurubeba/joá-manso (*Solanum* sp.) ocasionaram reduções no crescimento micelial de *Colletotrichum musae* (JAMAL et al., 2008).

Os extratos brutos aquosos de alho (*Allium sativum*), arruda (*Ruta graveolens*), canela (*Cinnamomum zeylanicum*), cravo da índia (*Syzygium aromaticum*), cavalinha (*Equisetum* sp.), eucalipto (*Eucalyptus citriodora*), hortelã (*Mentha piperita*), jabuticaba (*Myrcia cauliflora*), melão de são caetano (*Momordica charantia*) e nim indiano (*Azadirachta indica*) foram avaliados sobre *Colletotrichum* sp. com resultados significativos para os extratos de cravo da índia, alho e canela, na concentração de 20% (VENTUROSOSO et al., 2011).

O ambiente no qual o vegetal se desenvolve, a temperatura, a umidade relativa, a duração total de exposição ao sol e o regime de ventos, sobretudo sobre espécies que possuem estruturas histológicas de estocagem na superfície, além do tipo de cultivo, influenciam a composição química dos óleos e extratos e, conseqüentemente, a sua ação biológica (MORAIS et al., 2006).

3 CAPÍTULO I

O GÊNERO *Dipteryx*: ASPECTOS BIOLÓGICOS, QUÍMICOS, SOCIAIS, AMBIENTAIS E ECONÔMICOS¹

¹ O capítulo encontra-se de acordo com o Guia para elaboração e apresentação da produção acadêmica da Ufopa. Disponível em: <http://ufopa.edu.br/sibi/servicos-e-produtos/guia-de-normalizacao/>; e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

O GÊNERO *Dipteryx*: ASPECTOS BIOLÓGICOS, QUÍMICOS, SOCIAIS, AMBIENTAIS E ECONÔMICOS

RESUMO: O gênero *Dipteryx* destaca-se pela comercialização de madeira, sementes e extração de cumarina. Entretanto, é restrito o detalhamento de informações sobre as diferentes espécies e suas propriedades industriais. Neste sentido, este trabalho teve por objetivo a elaboração de uma revisão sistemática do gênero *Dipteryx* abordando seus aspectos biológicos, químicos, sociais, ambientais e econômicos. Foi realizada uma busca bibliográfica, nas bases de dados Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), tendo como palavra-chave *Dipteryx*, sendo empregados os indicadores cientiométricos para organização dos dados. As informações obtidas foram tabuladas e utilizadas para elaboração de gráficos, construídos com o auxílio do programa da Microsoft Office, Excel 365. Foram encontradas 104 publicações na base de dados SciELO e, 144 dissertações e 66 teses na BDTD, totalizando 314 trabalhos científicos analisados. O maior número de publicações ocorreu no ano de 2016, e dos 46 periódicos que abrigam artigos do gênero, a Revista Acta Amazônica se destacou com 12 artigos. Dos 210 trabalhos vinculados a cursos de Pós-graduação de Instituições Brasileiras, a Universidade de Brasília (UNB) apresentou 42, seguida pela Universidade Federal de Goiás (UFG) com 30 trabalhos sobre o tema pesquisado. Tanto para os artigos, quanto para os estudos de Pós-graduação, as Ciências Agrárias e Ciências Biológicas foram as áreas que apresentam maiores resultados. No entanto, faz-se necessário o incentivo a produção acadêmica e publicações científicas, tendo em vista que apenas as espécies *Dipteryx alata* e *Dipteryx odorata* foram mais estudadas.

Palavras-chave: Cienciometria. Comunicação científica. Cumaru.

ABSTRACT: The genus *Dipteryx* stands out for the commercialization of wood, seeds and coumarin extraction. However, the detailed information about the different species and their industrial properties is restricted. In this sense, this work aimed to prepare a systematic review of the genus *Dipteryx* addressing its biological, chemical, social, environmental and economic aspects. A bibliographic search was carried out in the Scientific Electronic Library Online (SciELO) and Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD) databases, using *Dipteryx* as the keyword, using scientometric indicators to organize the data. The information obtained was tabulated and used for the elaboration of graphs, built with the help of the Microsoft Office program, Excel 365. 104 publications were found in the SciELO database, and 144 dissertations and 66 theses in the BDTD, totaling 314 analyzed scientific works. The largest number of publications occurred in 2016, and of the 46 journals that contain articles of the genre, Revista Acta Amazônica stood out with 12 articles. Of the 210 works linked to postgraduate courses at Brazilian Institutions, the University of Brasília (UNB) presented 42, followed by the Federal University of Goiás (UFG) with 30 works on the researched topic Both for articles and for postgraduate studies, Agricultural Sciences and Biological Sciences were the areas with the highest results. However, it is necessary to encourage academic production and scientific publications, considering that only the species *Dipteryx alata* and *Dipteryx odorata* were more studied.

Keywords: Scientometrics. Scientific communication. Tonka bean.

3.1 Introdução

O gênero *Dipteryx* pertence à família Fabaceae (Leguminosae), subfamília Faboideae (Papilionoideae) e tribo Dipterygeae (BARHAM, 2005). É constituído pelas espécies *Dipteryx alata* Vogel, *Dipteryx charapilla* (J.F. Macbr.) Ducke, *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke, *Dipteryx lacunifera* Ducke, *Dipteryx magnifica* (Ducke) Ducke, *Dipteryx micrantha* Harms, *Dipteryx odorata* (Aubl.) Forsyth f., *Dipteryx oleifera* Benth., *Dipteryx polyphylla* Huber, *Dipteryx punctata* (S.F. Blake) Amshoff e *Dipteryx rosea* Spruce ex Benth. (THE PLANT LIST, 2013; CARVALHO; LIMA; CARDOSO, 2020a; TROPICOS.ORG, 2022; WFO, 2022).

Dentre as espécies que representam a rica biodiversidade Amazônica, *D. odorata*, conhecida popularmente como cumaru, é bastante utilizada na medicina tradicional e indústria cosmética (CARVALHO, 2009; PESCE, 2009), no entanto, verifica-se a carência de informações quanto aos aspectos biológicos, químicos e potencialidades industriais de todas as espécies vinculadas ao gênero.

Neste contexto, a investigação dos estudos já realizados com as espécies é a chave para avaliar as tendências das pesquisas e permitir que novos aspectos sejam explorados no futuro, visando a utilização da matéria-prima vegetal de forma sustentável e para diferentes finalidades.

A cienciometria auxilia na análise quantitativa da produção científica e tecnológica produzida nas áreas de conhecimento, sendo representada por artigos, livros, trabalhos publicados em anais de eventos, patentes, entre outros (HAYASHI, 2013), e sua avaliação é realizada mediante parâmetros e indicadores baseados em modelos matemáticos (PARRA; COUTINHO; PESSANO, 2019).

Os indicadores mais conhecidos estão divididos em duas grandes categorias: Indicadores de Publicação (IP), que auxiliam medir a quantidade e o impacto das publicações; e Indicadores de Citação (IC), que avaliam a quantidade e o impacto das ligações e relações entre as publicações (VINKLER, 1988).

Os IP encontram-se divididos em: extensão bibliométrica (número de artigos por país, por disciplina, etc.); indicador de produção (número ponderado de artigos, livros, etc. dividido pelo número de autores); índice de atividade (porcentagem de publicações por X, porcentagem de publicações por Y); crescimento da publicação (taxa de crescimento); distribuição de Bradford (revistas principais, áreas temáticas); distribuição de Lotka (produtividade dos autores); distribuição de Zipf (uso de

vocabulário); distribuição de Waring (potencial de publicação); obsolescência (vida média da publicação), enquanto que os IC estão baseados em índice de atividade; índice de afinidade; índice de atração; análises de citações; índice de diversidade; fator de impacto; índice de impacto; fator de popularidade; índices de autocitação, entre outros (VINKLER, 1988).

Estudo recente sobre perfil métrico das pesquisas que destacam a formação de professores na Educação em Ciências, permitiu análises de resultados baseadas em cinco grandes indicadores: gerais, de conteúdo, de autoria, de filiação institucional e de referências utilizadas (RAZERA; MATOS; BASTOS, 2019).

Neste sentido, apesar de muitas espécies vegetais amazônicas já terem sido estudadas, sabemos que as informações precisam ser sintetizadas, a fim de conhecer o estado da arte sobre tal espécie ou gênero. Assim, visando contribuir para o conhecimento à respeito de *Dipteryx* spp., este trabalho objetivou revisar sistematicamente dados sobre aspectos biológicos, químicos, sociais, ambientais e econômicos, destacados em publicações científicas e produções acadêmicas, em duas bases de dados.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Dados sobre o gênero *Dipteryx*

Foi realizada busca por referencial bibliográfico nas bases de dados Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), escolhidas baseando-se na distribuição neotropical do gênero *Dipteryx*, predominante na América Latina (ILDIS, 2018; TROPICOS.ORG, 2022).

Os dados foram coletados de abril a junho de 2022, sendo analisadas todas as publicações e todos os estudos disponíveis no decorrer dos anos.

Utilizou-se apenas o termo *Dipteryx* para a busca, o que possibilitou abranger as diferentes espécies do gênero nos trabalhos, e os indicadores utilizados para análise dos dados encontram-se organizados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Indicadores para análise dos artigos da base de dados SciELO.

Autores	Indicadores	Detalhamento (realizado pelo investigador(a) com base no intuito da pesquisa)
RAZERA; MATOS; BASTOS, 2019.	Indicadores de referências utilizadas	(I) Tipo de literatura (artigos, relatório, outros); (II) Ano de publicação.
VINKLER, 1988.	Indicadores de publicação	Lei de Bradford: (I) Periódicos que fizeram publicações sobre as espécies; (II) Áreas temáticas que as espécies são mais estudadas. Extensão bibliométrica: (I) Países que publicaram artigos sobre as espécies de <i>Dipteryx</i> .
RAZERA; MATOS; BASTOS, 2019.	Indicadores de conteúdo nos artigos	(I) Palavra-chave <i>Dipteryx</i> ; (II) Espécies mais estudadas; (III) Objeto de estudo (todo ou partes do vegetal: folhas, galhos, frutos, outros); (IV) Extrativos vegetais estudados das espécies (óleos, extratos, frações); (V) Métodos de extração utilizados; (VI) Métodos de análise química; (VII) Aspectos físico-químicos e composição química avaliadas nas espécies; (VIII) Aspectos biológicos, farmacológicos, agrônômicos e florestais estudados; (IX) Aspectos sociais, ambientais e econômicos destacados nos estudos.

Fonte: VINKLER (1988); RAZERA; MATOS; BASTOS (2019).

Tabela 3 – Indicadores para análise das teses e dissertações (BDTD).

Autores	Indicadores	Detalhamento (realizado pelo investigador(a) com base no intuito da pesquisa)
RAZERA; MATOS; BASTOS, 2019.	Indicadores de referências utilizadas	(I) Tipo de literatura (teses, dissertação); (II) Ano de defesa dos trabalhos disponíveis.
VINKLER, 1988.	Indicadores de publicação	Lei de Bradford: (I) Áreas temáticas que as espécies são mais estudadas.
RAZERA; MATOS; BASTOS, 2019.	Indicadores de conteúdo	(I) Palavra-chave <i>Dipteryx</i> ; (II) Espécies mais estudadas.
RAZERA; MATOS; BASTOS, 2019.	Indicadores de filiação institucional	(I) Instituições de origem dos estudos; (II) Programas de Pós-graduação vinculados às instituições.

Fonte: VINKLER (1988); RAZERA; MATOS; BASTOS (2019).

3.2.2 Análise dos dados

Os dados foram tabulados utilizando técnicas envolvendo representações simples (categorias nominais, escalas ordinais e de intervalo) e construídos gráficos com o auxílio de programa da Microsoft Office, Excel 365.

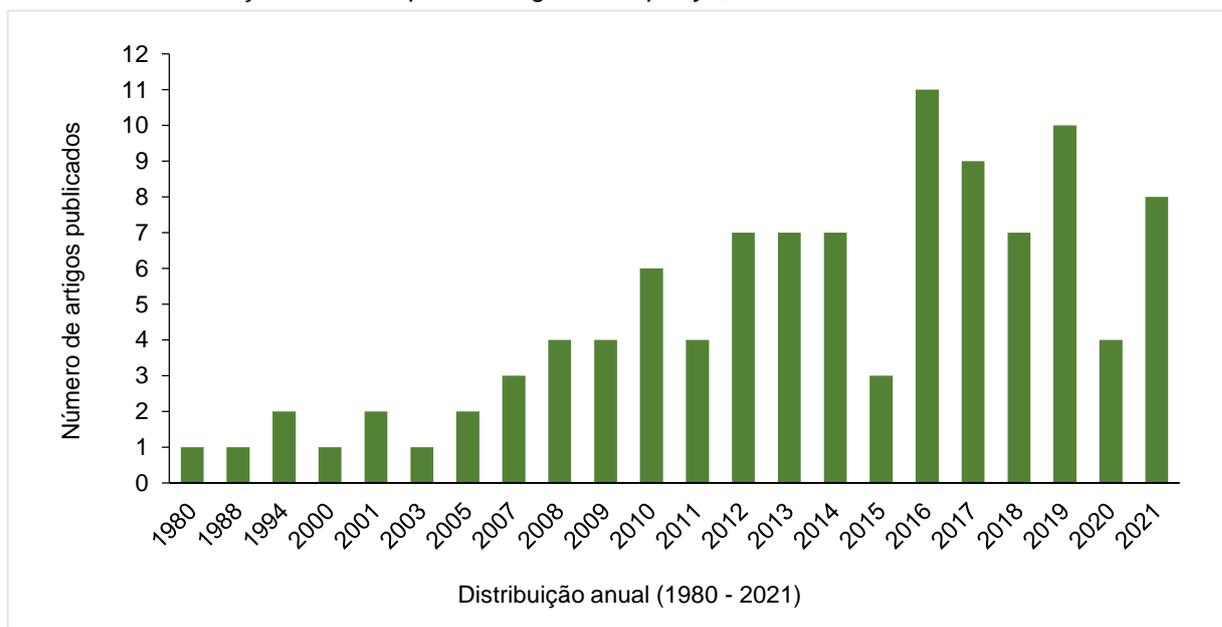
3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Base de Dados SciELO

Para as espécies do gênero *Dipteryx* foram encontradas 104 publicações, divididas em 101 artigos, um artigo de revisão, um breve relatório publicado no Journal of the Brazilian Chemical Society, e um classificado em “outros”, sendo este o primeiro registro escaneado de interesse pelas espécies, no ano de 1980 e publicado na Revista Acta Amazônica. No entanto, apenas a partir de 2007 houve frequência de publicações sobre esse tema, destacando-se o ano de 2016 com 11 artigos publicados, seguido do ano de 2019, com 10 produções (Gráfico 2).

O mercado brasileiro das amêndoas de *Dipteryx* spp. de 2007 a 2015 manteve-se com uma produção média de 95,8 toneladas, proveniente da região Norte, no entanto, em 2016, foram vendidas 145 t oriundas dos estados do Amazonas e Pará (IBGE, 2021). Esse aquecimento comercial pode ter influenciado o interesse pelo estudo das espécies do gênero, em diferentes linhas de pesquisa.

Gráfico 2 – Publicações sobre espécies do gênero *Dipteryx*, nos anos de 1980 a 2021.



Fonte: SCIELO, 2022.

Quanto aos indicadores de publicação, dos 46 periódicos que abrigam artigos sobre espécies do gênero *Dipteryx*, a Revista Acta Amazônica apresentou o maior número de artigos, com 12 publicações distribuídas entre os anos de 1980 e 2020, seguida das Revistas Ciência Florestal e Árvore, com seis publicações cada, e da Revista Floresta e Ambiente com cinco publicações (Gráfico 3).

A Revista Ciência Florestal publicou artigos entre os anos de 2011 e 2018; a Revista Árvore teve sua primeira publicação em 2007 e só em 2016 foram feitas novas publicações, seguida dos anos de 2018 (com dois artigos), 2020 e 2021. Publicações na Revista Floresta e Ambiente foram realizadas apenas em 2015, tendo no ano de 2019 o seu máximo de registro (dois artigos) (Apêndice A).

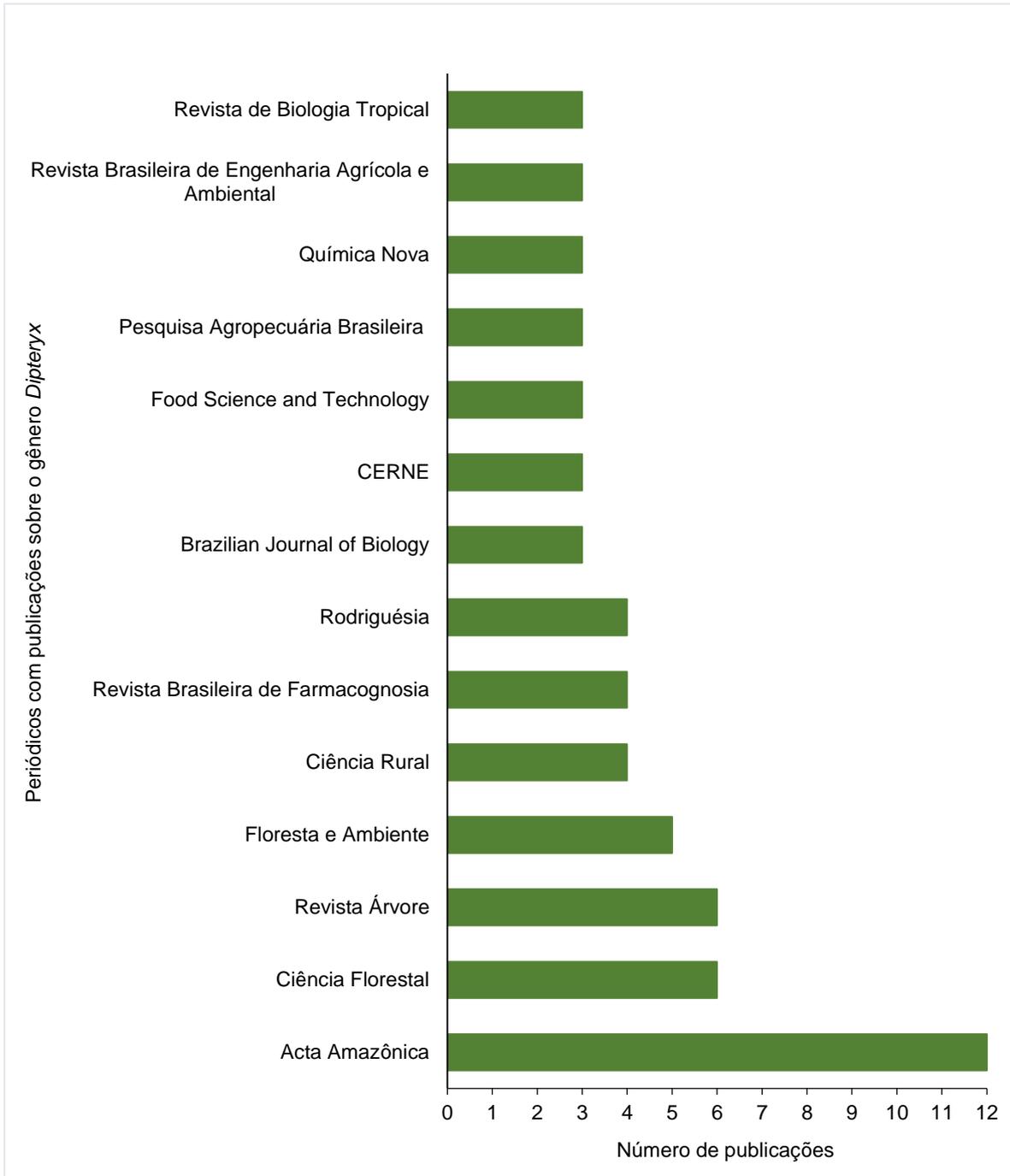
Com quatro artigos no total, destacam-se os periódicos, Ciência Rural, Revista Brasileira de Farmacognosia e Rodriguésia (Gráfico 3). Os demais periódicos abrigam de três a um trabalho científico (Apêndice A).

A Revista Acta Amazônica publica artigos desde 1971 pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – Inpa, no Brasil. Possui acesso aberto, tem revisão por pares, e é bastante procurada por ser de caráter multidisciplinar e abrigar pesquisas sobre a região amazônica (ACTA AMAZÔNICA, 2022).

O primeiro artigo sobre o gênero e publicado na Acta Amazônica, em 1980, teve por objetivo avaliar o comportamento de espécies florestais amazônicas quanto à luminosidade visando a utilização em plantios na região, sendo *Dipteryx odorata* uma das espécies estudadas (ALENCAR; ARAÚJO, 1980). Essa revista continuou com o pioneirismo nas publicações nos anos de 1988 (um artigo), 1994 (dois artigos) e 2000 (um artigo), e apenas em 2001 outras revistas passaram a agregar publicações com o gênero (Apêndice A).

O artigo mais recente que tratou sobre cumaru publicado pela Revista Acta Amazônica, foi no ano de 2020, no qual a espécie *D. odorata* foi avaliada quanto ao crescimento e sobrevivência sob efeito de clareiras e posição topográfica em florestas secundárias oriundas de pastagens abandonadas há 26 anos, mostrando a importância da seleção de espécies e das condições microambientais na recuperação de áreas (BENTOS et al., 2020).

Gráfico 3 – Periódicos com publicações sobre o gênero *Dipteryx*, nos anos de 1980 a 2021.



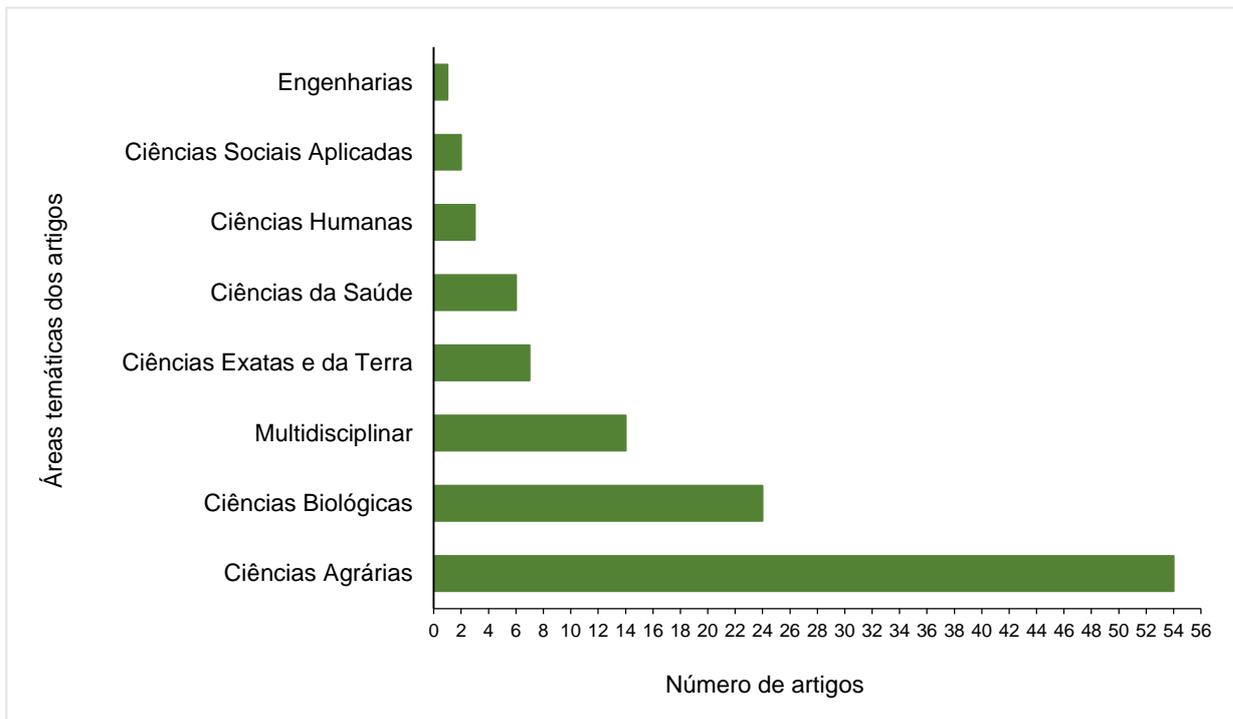
Fonte: SCIELO, 2022.

Entre as áreas temáticas da plataforma SciELO que nortearam os conteúdos das pesquisas publicadas, as Ciências Agrárias e Ciências Biológicas foram as que apresentaram maior número de trabalhos, com 54 e 24 artigos, respectivamente. Trabalhos multidisciplinares também se destacaram entre os periódicos, com 14 publicações (Gráfico 4).

A maioria dos trabalhos envolvendo o gênero nas Ciências Agrárias vincularam-se as subáreas de Agronomia (Ciência do Solo; Fitotecnia e Extensão Rural), Recursos Florestais e Engenharia Florestal (Silvicultura; Manejo Florestal; Técnicas e Operações Florestais; Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais; Conservação da Natureza e Energia de Biomassa Florestal), e Ciência e Tecnologia de Alimentos (Ciência de Alimentos; Tecnologia de Alimentos e Engenharia de Alimentos) (CNPQ, 2022a).

Para as Ciências Biológicas, as subáreas que se destacaram foram: Genética (Genética Vegetal), Botânica (Morfologia Vegetal; Fisiologia Vegetal e Taxonomia Vegetal), Ecologia (Ecologia de Ecossistemas), Bioquímica (Química de Macromoléculas), e Farmacologia (Etnofarmacologia) (CNPQ, 2022b).

Gráfico 4 – Áreas temáticas que nortearam os artigos publicados sobre o gênero *Dipteryx*, no período de 1980 a 2021.



Fonte: SCIELO, 2022.

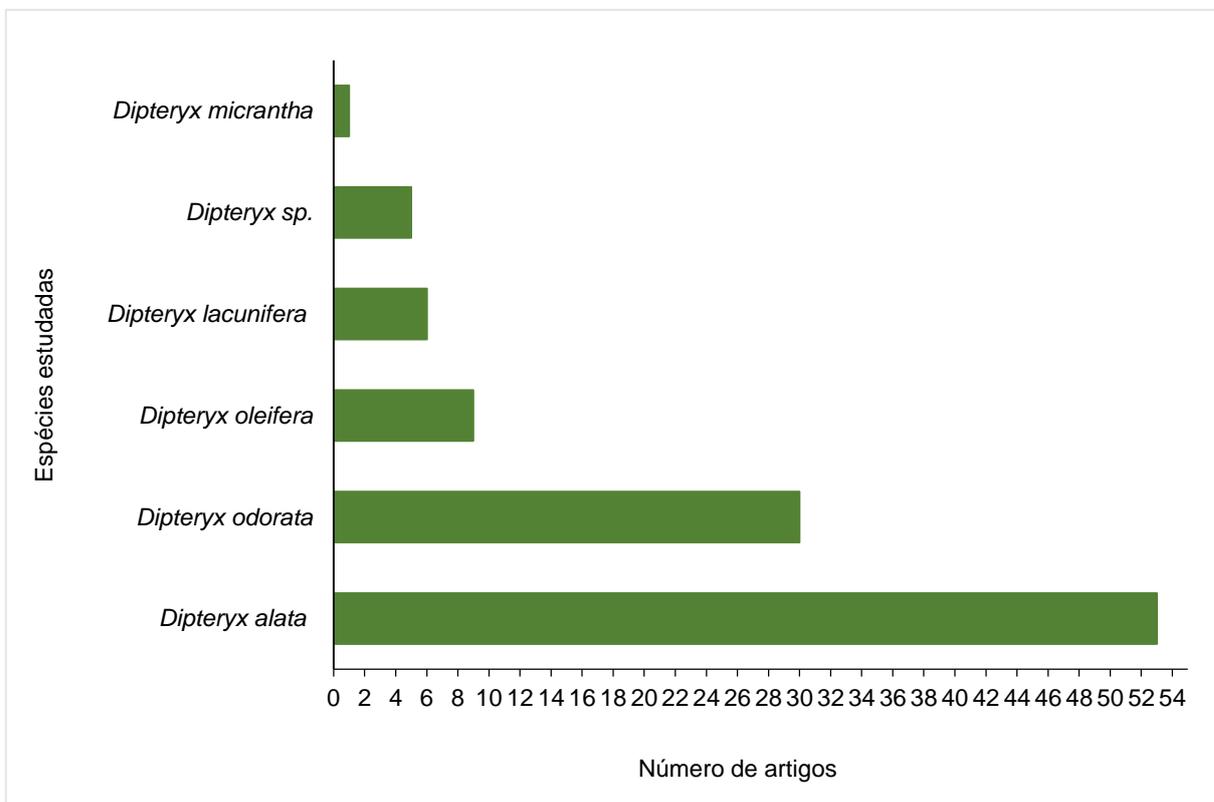
No que se refere a extensão bibliométrica das publicações, 86,5% dos estudos com espécies do gênero *Dipteryx* foram publicados em revistas brasileiras (90 artigos). Revistas da Costa Rica apresentaram quatro artigos sobre o gênero, seguidas pelas revistas do Chile (três artigos), do México e Portugal (dois artigos) e da Colômbia, Cuba e Peru com apenas uma publicação cada (SCIELO, 2022).

A distribuição do gênero no Brasil é ampla, o que facilita o acesso e estudo das espécies, que podem ser encontradas na Amazônia, Caatinga e Cerrado, ocorrendo no Norte nos estados do Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins; Nordeste nos estados da Bahia, Maranhão e Piauí; Centro-Oeste no Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso; e no Sudeste, em Minas Gerais e São Paulo (CARVALHO; LIMA; CARDOSO, 2020a).

Com relação aos indicadores de conteúdo, baseados nos questionamentos feitos por essa pesquisa, verificou-se que *D. alata* foi a espécie mais estudada, com 53 artigos publicados (Gráfico 5), representando 51% do total de publicações disponíveis na plataforma, enquanto que *D. odorata* foi a segunda espécie relatada, correspondendo a 29% dos artigos.

Dipteryx oleifera foi a terceira espécie em destaque (8,6%), sendo denominada em alguns artigos como *D. panamensis*, seu sinônimo botânico (THE PLANT LIST, 2013; WFO, 2022). *D. lacunifera* e *D. micrantha* também tiveram representação em estudos, e 4,8% das publicações não tinham a espécie estudada identificada.

Gráfico 5 – Espécies do gênero *Dipteryx* com publicações no período de 1980 a 2021.



Fonte: SCIELO, 2022.

As espécies do gênero *Dipteryx* encontram-se distribuídas predominantemente na América Latina. *D. alata* possui ocorrência nativa na Bolívia, Brasil, Paraguai e Peru. *D. odorata* possui uma distribuição mais abrangente, sendo nativa em países como Brasil, Colômbia e Peru, Seicheles (país localizado na Costa Leste da África), e com relatos também em Nauru (país localizado na Oceania). *D. oleifera* pode ser encontrada na Colômbia, Costa Rica, Honduras, Nicarágua e Panamá; *D. lacunifera* é nativa no Brasil e *D. micrantha* no Brasil e Peru (ILDIS, 2018; TROPICOS.ORG, 2022).

Especificamente no Brasil, a espécie mais estudada (*D. alata*), pertence ao domínio fitogeográfico denominado Cerrado, sendo geograficamente encontrada nas regiões Norte, estados de Rondônia e Tocantins; Nordeste, na Bahia e Maranhão; no Centro-Oeste abrangendo o Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso; e no Sudeste, nativamente em Minas Gerais e São Paulo (CARVALHO; LIMA; CARDOSO, 2020b).

Já *D. odorata* é a mais conhecida na região Amazônica pela sua distribuição em Floresta de Terra Firme e Ombrófila (Floresta Pluvial), ocorrendo confirmadamente nos estados do Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima (Região Norte); no Maranhão (região Nordeste) e no Mato Grosso (Região Centro-Oeste), áreas pertencendo ao domínio fitogeográfico denominado Amazônia (CARVALHO; LIMA; CARDOSO, 2020c).

No que se refere ao objeto de estudo, os trabalhos com sementes foram os mais realizados (27 artigos), seguidos por pesquisas sobre produção de mudas, plantios e madeira de espécies do gênero *Dipteryx* (Tabela 4). Artigos que apresentaram mais de um objeto de estudo também foram contabilizados.

Dos trabalhos envolvendo as partes da planta como objeto de estudo, muitos detalharam a obtenção de extrativos vegetais. Dentre os produtos mais extraídos estavam os óleos das sementes (nove artigos), no entanto, verificou-se também o interesse pela obtenção de extratos utilizando diferentes solventes (hidroalcoólicos, etanólicos, hexânicos, aquosos e metanólicos) (Tabela 5).

Além das sementes, comercializadas e utilizadas na indústria cosmética (OHANA, 1998; PESCE, 2009), destacou-se os estudos envolvendo os resíduos do fruto (Tabelas 4 e 5). Resíduos de frutos são subprodutos ricos em carboidratos, amido, celulose, açúcares solúveis, minerais e ácidos orgânicos (PANESAR; KAUR; PANESAR, 2015), e fontes de biomassa, podendo ser utilizados como matéria-prima

para produção de biocombustíveis, biopolímeros, produtos químicos, fertilizantes e ração animal (CUI et al., 2015).

Tabela 4 – Objeto de estudo dos artigos publicados sobre o gênero *Dipteryx*, disponíveis na plataforma SciELO.

Objeto de estudo	Quantidade
Sementes (amêndoas, castanhas)	27
Plântulas/Mudas	26
Madeira (tronco, caule)	13
Plantio	13
Frutos inteiros (epicarpo, mesocarpo, endocarpo e semente)	9
Cascas/Resíduos dos frutos (epicarpo, mesocarpo e endocarpo)	6
Folhas	6
Floresta nativa (árvores e arbustos)	5
Resíduo madeireiro/Serragem	4
Progênies	3
Raízes	3
Cascas e polpa (epicarpo e mesocarpo)	2
Flores	2
Galhos	2
Germoplasma	2

Fonte: SCIELO, 2022.

Tabela 5 – Produtos extrativos citados nos artigos publicados sobre o gênero *Dipteryx*, disponíveis na plataforma SciELO.

Extrativos vegetais	Quantidade
Óleos das sementes dos frutos	9
Extratos hidroalcolóicos/hidroetanólicos/etanólicos aquosos dos frutos	4
Extratos etanólicos de folhas, de resíduos (epicarpo, mesocarpo, endocarpo) e sementes dos frutos	3
Extratos hexânicos (folhas, resíduos e sementes)	3
Bio-óleos (óleos dos resíduos do fruto)	2
Extrato aquoso/hidrossolúvel das sementes	1
Extrato aquoso dos resíduos (epicarpo e mesocarpo)	1
Extrato aquoso dos resíduos (epicarpo e mesocarpo)	1
Extrato metanólico aquoso dos resíduos (epicarpo e mesocarpo)	1
Extrato metanólico de resíduos (epicarpo e mesocarpo)	1
Frações apolares (hexano e diclorometano) e polares e polares médias (acetato de etila e etanol:água) das sementes	1

Fonte: SCIELO, 2022.

Quanto aos métodos de extração dos produtos, para óleos foram destacados quatro, sendo o de extração por Soxhlet o mais utilizado. Para os extratos, a extração por maceração foi a mais realizada, seguida da utilização de banho ultrassônico. Um dos trabalhos relatou a utilização de três técnicas, as duas anteriores mais a infusão, e foram realizadas também extrações específicas para cultura de células, extração de lipídios e líquido-líquido após pirólise (Tabela 6).

A utilização do Soxhlet pode estar relacionada a simplicidade e consolidação da metodologia, a possibilidade de extração de diferentes partes da planta, utilizando diferentes solventes, e a obtenção de um maior rendimento de óleos e extratos. O aparelho foi desenvolvido em 1879 por Franz von Soxhlet, no qual a amostra a ser extraída encontra-se envolta no cartucho e o solvente armazenado no balão volumétrico, e quando ocorre a adição de temperatura no sistema, o solvente evapora e entra em contato com a matéria-prima, havendo constante renovação do solvente; após o término da extração, o material extrativo não necessita de filtração, apenas de evaporação (LUQUE DE CASTRO; GARCIA-AYUSO, 1998).

Tabela 6 – Métodos de extração descritos nos artigos publicados sobre o gênero *Dipteryx*, disponíveis na plataforma SciELO.

Métodos de Extração		Quantidade
Óleos	Extração via Soxhlet com hexano	4
	Extrator de óleos e graxas por imersão em solvente (hexano ou éter de petróleo)	3
	Extração por prensagem a frio em prensa hidráulica	2
	Extração de óleo dos resíduos dos frutos via Clevenger	1
Extratos	Extrações a frio com solvente/maceração	4
	Extrações em Banho ultrassônico	3
	Extrações em Evaporador rotativo/Rotaevaporação	1
	Extração em água fervente no liquidificador e filtração do extrativo	1
	Extração por infusão, maceração e maceração ultrassônica	1
Extrações específicas	Extração metanólica de culturas de células em suspensão e calos	1
	Extração de lipídios Bligh-Dyer e secagem sob azoto	1
	Processo de pirólise e os vapores condensáveis dos resíduos separados por extração líquido-líquido	1

Fonte: SCIELO, 2022.

Alguns dos trabalhos envolvendo a extração de produtos vegetais, tinham como objetivo a análise química. Nesse sentido, foram contabilizados nove métodos cromatográficos para caracterização de compostos, sendo a Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-EM) a mais utilizada nos artigos, com sete publicações. Também foi utilizada a Cromatografia Gasosa equipada com detector de ionização de chama (CG/DIC), Gás-líquido acoplada à Espectrometria de Massas (CGL-EM) e bidimensional abrangente acoplada à Espectrometria de Massas por tempo de voo (CGxCG-TdV/EM) (Tabela 7).

Cromatografia em coluna, Cromatografia em Camada Delgada (CCD) e Cromatografia Líquida de Alta eficiência (CLAE) também foram bastante utilizadas em trabalhos com extratos e óleos vegetais, com cinco artigos indicando pelo menos uma dessas técnicas (Tabela 7).

Tabela 7 – Métodos cromatográficos descritos nos artigos publicados sobre o gênero *Dipteryx*, disponíveis na plataforma SciELO.

Análise Química	Quantidade
Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG-EM)	7
Ésteres de ácidos graxos analisados por Cromatografia Gasosa equipada com detector de ionização de chama (CG/DIC)	2
Cromatografia Gás-Líquido acoplada a Espectrometria de Massas (CGL-EM)	2
Cromatografia em coluna de gel de sílica, frações analisadas por Cromatografia em Camada Delgada (CCD) e RMN ¹ H (Ressonância Magnética Nuclear)	2
Cromatografia Gasosa bidimensional abrangente acoplada à Espectrometria de Massas por tempo de voo (CGxCG-TdV/EM)	1
Cromatografia Líquida com detector de arranjo de dióxido (CLAE/DAD)	1
Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com detecção Ultravioleta (CLAE/UV) (Detecção e quantificação da cumarina nos extratos)	1
Compostos fenólicos por Cromatografia Líquida de Ultra-Alta Eficiência em tandem Espectrometria de Massas (CLAE-EM/EM)	1
Testes histoquímicos: cortes de material fresco usando microscópio Ranvier (Naugra, Haryana, Índia) e tratados com reagentes para detecção dos compostos	1

Fonte: SCIELO, 2022.

A cromatografia é a técnica analítica mais utilizada e de melhor desempenho, pois possui alta seletividade e eficiência na separação de compostos; pode ser combinada a diferentes sistemas de detecção, e quando o cromatógrafo é acoplado ao espectrômetro de massas (EM) são oferecidas vantagens como obtenção de informação estrutural, massa molar e aumento da seletividade (VÉKEY, 2001).

As características de funcionamento do cromatógrafo a gás (CG) são compatíveis com a necessidade de alto vácuo do espectrômetro de massas (EM), neste sentido, a combinação é relativamente simples (ARDREY, 2003), e a técnica aplicável para compostos voláteis e termicamente estáveis, pois altas temperaturas são empregadas no processo de separação cromatográfica (CHIARADIA; COLLINS; JARDIM, 2008).

Quando detalhou-se algumas análises físico-químicas e químicas realizadas com o gênero *Dipteryx*, constatou-se que os aspectos mais analisados nos objetos de estudo (plantio, mudas, folhas, madeira, resíduos, entre outros), e produtos extrativos (óleos, extratos, por exemplo) foram as propriedades físico-químicas, com 40 publicações, destacando dados de massa, densidade, rendimento, umidade, pH e índices de qualidade. Para as propriedades químicas, foram 12 artigos encontrados, destacando o teor de extrativos, polissacarídeos, proteínas e fibras totais, sendo a maioria dos trabalhos envolvendo a madeira ou o resíduo madeireiro (Tabela 8).

No que se refere aos oito artigos sobre análises vinculadas aos componentes nutricionais das plantas, destacou-se o crescimento inicial de mudas, com aspectos sobre estoque de carbono, cálcio, hidrogênio, sódio, entre outros (Tabela 8).

As análises dos óleos e extratos vegetais direcionaram-se às classes de compostos químicos em geral (sete estudos), a composição específica de ácidos graxos (10 artigos) e fenólicos totais (oito trabalhos). Destacou-se também, os trabalhos com análises específicas para extração e quantificação de taninos, lipídios, cumarina e flavonoides (Tabela 8).

Tabela 8 – Análises físico-químicas e composição química dos objetos de estudo e produtos extrativos descritos nos artigos publicados sobre o gênero *Dipteryx*, disponíveis na plataforma SciELO.

Aspectos Físico-Químicos/Composição Química investigados nos trabalhos	Quantidade
Propriedades físico-químicas (massa específica, peso seco, biomassa total, gravidade específica, densidade, rendimento, volume, umidade, sólidos solúveis totais, pH, índice de refração, acidez, peróxidos, iodo, fósforo, cinzas e saponificação)	40
Propriedades químicas (teor de extrativos, polissacarídeos totais, proteínas, lipídios totais, alcaloides, fibras totais, carboidratos)	12
Composição de ácidos graxos (oleico, linoleico, palmítico, linolênico e esteárico)	10
Análise de fenólicos totais	8
Componentes nutricionais das plantas (B, C, Ca, Cu, Fe, H, K, Mg, Mn, N, Na, P, S, Zn, lignina e celulose)	8
Classes de compostos em geral (cumarinas, terpenos, taninos, entre outros)	7
Propriedades químicas do solo (pH, acidez potencial – H+Al, teor de Al ³⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , soma de bases trocáveis, capacidade potencial de troca catiônica, conteúdo de P disponível, conteúdo de N, teor de carbono orgânico do solo e teor de matéria orgânica do solo)	3
Análise de flavonoides	1
Composição do Bio-óleo do resíduo (hidrocarbonetos e fenóis)	1
Extração de lipídios	1
Extração de taninos	1
Extração e quantificação da cumarina	1
Extração e quantificação da isoflavona 7-hidróxi-4',6-dimetóxisoflavona	1

Fonte: SCIELO, 2022.

As publicações fazem parte de estudos multidisciplinares que perpassam por diversas áreas. Nesse tópico foram investigados dos 104 artigos, as principais temáticas envolvendo os aspectos biológicos, farmacológicos, agrônômicos e florestais.

Dentre os aspectos biológicos, podemos citar principalmente os sete trabalhos que exploraram a variabilidade genética, estrutura e tamanho populacional das espécies florestais, além de estudos botânicos, fenológicos e ecológicos que visaram o sucesso evolutivo e conservação do gênero *Dipteryx* (Tabela 9).

Nos trabalhos farmacológicos foram mais relatados os potenciais antioxidante dos produtos extrativos e nutracêutico dos resíduos e das sementes dos frutos e, a importância de estudos sobre o consumo de espécies oleaginosas para a saúde.

Verificou-se também o interesse pelas atividades antibacterianas, citotóxica, fitotóxica e fitoterápica dos produtos oriundos das espécies do gênero (Tabela 9).

Estudos avaliando o crescimento inicial e os componentes nutricionais de mudas sob diferentes ambientes, adubação, sombreamento e estresse foram os mais recorrentes ao se tratar de aspectos agrônômicos, com 26 artigos. A qualidade fisiológica de sementes, biometria, produção de biomassa, associação de fungos micorrízicos arbusculares e herbivoria foram temas centrais de pesquisas que também buscaram o desenvolvimento de cultivos e a produção e qualidade de mudas (Tabela 9).

Em se tratando de aspectos florestais, os temas dos artigos voltaram-se ao estudo das informações técnicas da madeira, como suas propriedades físicas, químicas, mecânicas, colorimétricas e resistência, e sua preservação (10 artigos no total). Além da utilização das espécies em sistemas de produção, inventários de áreas manejadas e fitossociologia (Tabela 9).

Tabela 9 – Aspectos biológicos, farmacológicos, agrônômicos e florestais abordados nos artigos publicados sobre o gênero *Dipteryx*, disponíveis na plataforma SciELO.

Aspectos Biológicos/Farmacológicos/Agrônômicos/Florestais		Quantidade
Biológicos	Variabilidade genética, estrutura e tamanho populacional (manejo <i>ex situ</i> conservação)	7
	Dinâmica populacional (produção, dispersão e recrutamento de sementes)	3
	Fenologia reprodutiva (polinização e reprodução)	3
	Botânica (Filogenética e taxonomia)	2
	Características anatômicas e histoquímica foliar	2
	Modelagem de nicho ecológico (distribuição espacial potencial de espécies, impacto das mudanças climáticas)	2
	Citogenética (sincronização do ciclo celular, índice mitótico e metafásico em células de pontas de raiz)	1
	Ecofisiologia (plasticidade fenotípica – exposição ao alagamento e potencial recuperação do metabolismo fotossintético e antioxidante de mudas)	1
	Morfologia dos frutos, sementes e embrião	1
	Retranslocação de nutrientes/ciclagem de nutrientes	1
	Variabilidade fenotípica de frutos e sementes (manejo <i>ex situ</i> conservação)	1

Farmacológicos	Potencial antioxidante por sequestro de radicais DPPH	5
	Potencial nutracêutico dos resíduos e sementes dos frutos	5
	Consumo de oleaginosas nativas: prevenção de doenças, qualidade e digestibilidade proteica	3
	Atividade antimicrobiana: <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Candida albicans</i> , entre outras	2
	Capacidade de Inibição da tirosinase (compostos usados em medicamentos e cosméticos clareadores)	1
	Morfo-anatomia de sementes e contribuição ao estudo farmacognóstico de plantas Amazônicas	1
	Potencial citotóxico em seis linhagens: fibroblasto murino (L929), queratinócitos imortalizados humanos (HaCaT), câncer cervical humano (C33A, SiHa, HeLa) e câncer de cólon humano (Caco-2)	1
	Potencial fitoterápico na cicatrização de feridas cutâneas em camundongos C57BL6)	1
Potencial fitotóxico dos extratos das sementes	1	
Agrônômicos	Crescimento Inicial, estado nutricional de mudas e pigmentos fotossintéticos (adubação, estoque de carbono, cultivo <i>in vitro de células</i> , cultivo <i>in vitro com</i> adição de concentrações de sal, déficit hídrico, degradação do solo, consórcio, sombreamento, período seco e chuvoso, diversidade ambiental)	26
	Herbivoria no desenvolvimento, crescimento e sobrevivência de plântulas	3
	Qualidade fisiológica de sementes armazenadas por 12 meses a 10 e 20°C, <i>in natura e torradas</i> em diferentes embalagens	3
	Biometria de mudas em função de calagem e NPK e de frutos para informações sobre variação das características em anos consecutivos	2
	Associação de fungos micorrízicos arbusculares (FMA), atividade microbiana pela respiração basal e fertilidade em áreas degradadas	1
	Crescimento, produção e distribuição de biomassa, e propriedades químicas, físicas e energéticas em plantações de 3 anos de idade	1
Florestais	Propriedades tecnológicas da madeira (físicas, químicas, mecânicas, colorimétricas e resistência)	8
	Desempenho silvicultural do cumaru e cadeia produtiva dos frutos	3
	Inventário florestal (abundância e dominância absoluta em 30 Unidades de Manejo Florestal (UMF), espécies florestais da região noroeste do estado de São Paulo)	2
	Preservação da madeira (biodeterioração por ataque de fungos/Apodrecimento acelerado, de cupim xilófalo (<i>Nasutitermes octopilis</i>))	2
	Fitossociologia da vegetação arbórea	1

Na análise das publicações quanto aos aspectos sociais, foram encontrados dois artigos que abordaram temas como patrimônio material devido ao uso histórico das madeiras e, evidências etnográficas e históricas do extrativismo dos cumaruzeiros (Tabela 10).

Para as questões ambientais e interação homem-natureza, 91% dos artigos enfatizaram a importância de estudos sobre recomposição florestal, tendo o uso do gênero como forte aliado no processo de regeneração de áreas degradadas (Tabela 10).

No que se refere aos aspectos econômicos, foram listados apenas produtos obtidos ou fabricados utilizando matéria-prima das espécies do gênero *Dipteryx* com potencialidades econômicas. Nesse sentido, os frutos (resíduos e sementes) foram bastante apreciados na culinária como fonte de nutrientes, sendo utilizados para produção de farinhas, bebidas fermentadas, e as sementes como aditivo em frozen yogurt e para elaboração de paçoca (oito artigos). A madeira destacou-se para fabricação de pisos, painéis, pellets, arcos até biocombustível (Tabela 10).

Tabela 10 – Aspectos sociais, ambientais e econômicos abordados nos artigos publicados sobre o gênero *Dipteryx*, disponíveis na plataforma SciELO.

Aspectos Sociais/Ambientais/Econômicos		Quantidade
Sociais	Cumaru como fonte de trabalho e matéria-prima para o extrativismo (evidências etnográficas e históricas)	1
	Madeiras históricas/Patrimônio cultural material	1
Ambientais	Regeneração Florestal/Recuperação de Áreas Degradadas	10
	Avaliação sobre o uso de leguminosas lenhosas em Sistema integrado lavoura-pecuária-floresta	1
Econômicos	Produção de farinha de frutos (resíduos e sementes)	4
	Pisos de madeira (pavimentos) e painéis aglomerados de resíduo da madeira	3
	Bebida alcoólica fermentada dos frutos	2
	Biocombustível de resíduo da madeira e Biodiesel de sementes	2
	Fabricação de arcos de madeira	1
	Fabricação de pellets de biomassa de serragem	1
	Frozen yogurt com adição de semente	1
	Paçocas elaboradas com sementes	1

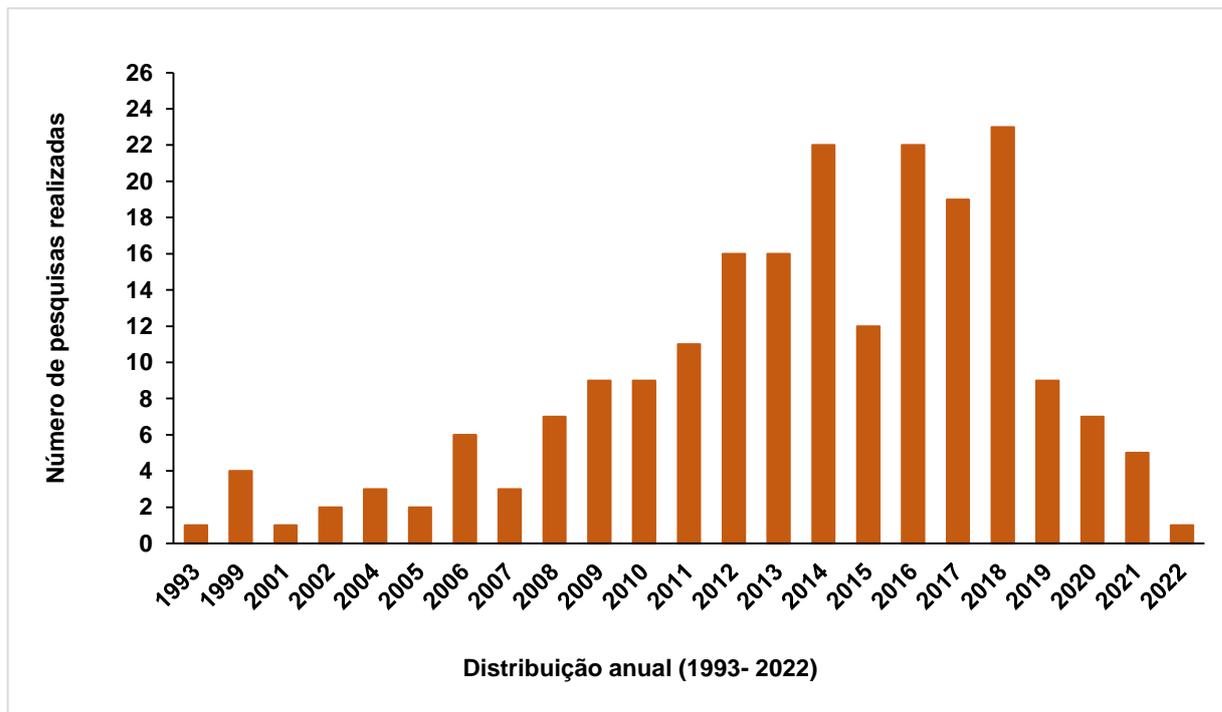
Fonte: SCIELO, 2022.

3.3.2 Dados da Biblioteca Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD)

Foram encontrados 210 trabalhos vinculados à cursos de Pós-graduação de Instituições de Ensino Brasileiras, sendo 144 Dissertações e 66 Teses (Apendicês B e C). Além da busca pelo termo *Dipteryx*, foram inseridos os termos *Dipterix*, *Dypterix* e *Dypteryx*, considerando a existência de equívocos quanto a escrita do nome científico do gênero (apêndices com os nomes corrigidos), e a plataforma também apresentou trabalhos que possuíam apenas citações sobre a temática avaliada, não fazendo parte dos dados contabilizados.

Nessa base de dados, as pesquisas sobre espécies do gênero *Dipteryx* tiveram início no ano de 1993 e a partir de 2004 passaram a ser anuais. No intervalo de 2012 a 2018 o interesse por trabalhos vinculados aos cumaruzeiros aumentou, sendo 2018 o ano de grande destaque com a conclusão de 23 trabalhos nessa temática (Gráfico 6), corroborando com o aumento da comercialização das amêndoas (IBGE, 2021).

Gráfico 6 – Pesquisas em teses e dissertações sobre espécies do gênero *Dipteryx*, nos anos de 1993 a 2022.



Fonte: BDTD, 2022.

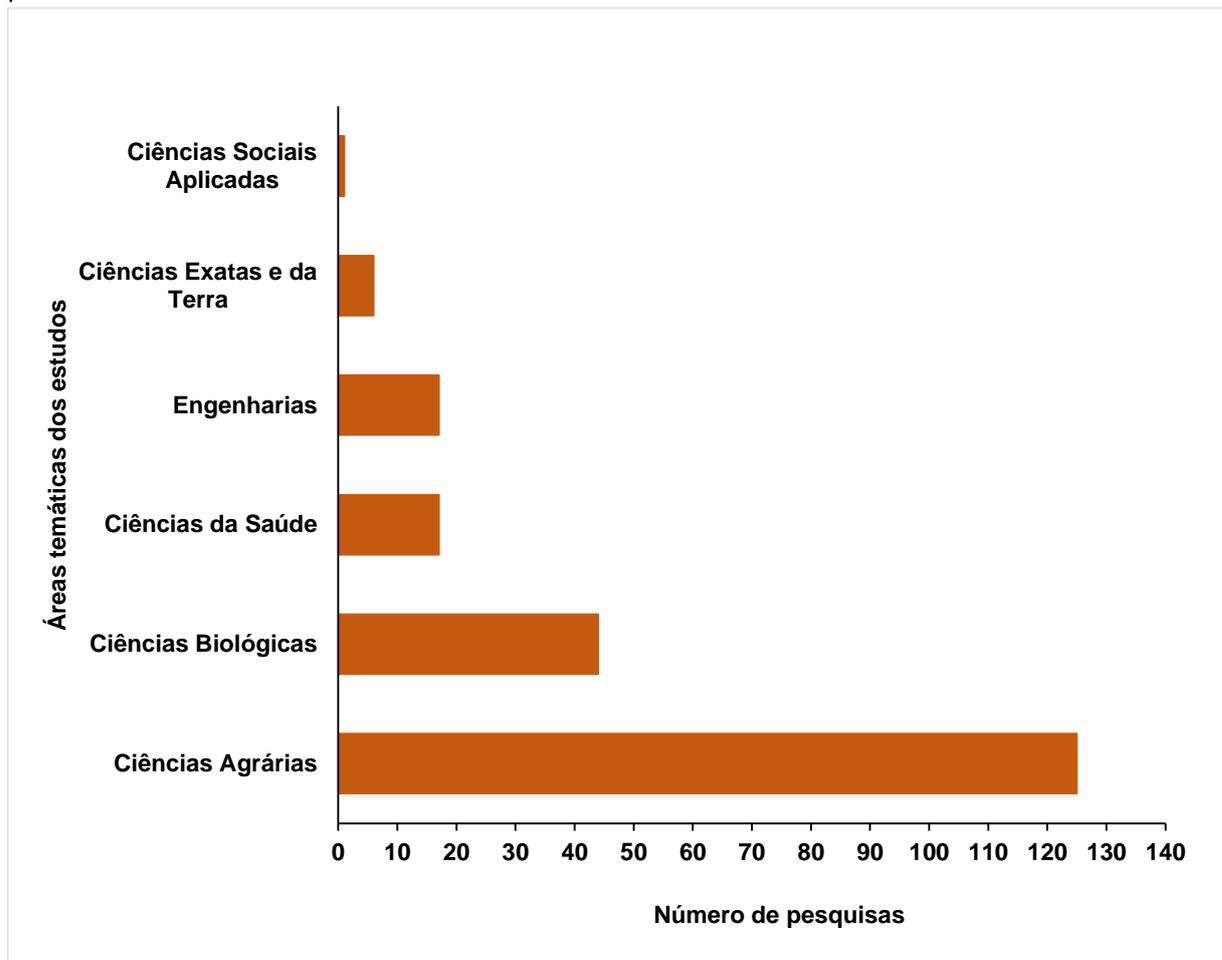
No que tange aos indicadores de publicação, assim como na análise dos artigos, a Lei de Bradford teve como objetivo avaliar a dimensão das áreas do

conhecimento, a partir da distribuição dos trabalhos (GUEDES; BORSCHIVER, 2005; ARAÚJO, 2006; CERQUEIRA; SILVA, 2007).

Nesse sentido, observou-se com a organização dos dados, o aparecimento de um núcleo central, ou seja, o maior representativo de pesquisas do gênero foi obtido nas Ciências Agrárias, seguido da área de Ciências Biológicas com 125 e 44 estudos, respectivamente (Gráfico 7).

As áreas do conhecimento Ciências da Saúde e Engenharias também tiveram destaque com 17 trabalhos concluídos em cada (Gráfico 7), abrigando na Saúde estudos nutricionais dos frutos e dos produtos alimentícios obtidos das espécies do gênero *Dipteryx* (CNPQ, 2022c), e nas Engenharias, a Engenharia Química (Processos Industriais e Tecnologia Química) (CNPQ, 2022d).

Gráfico 7 – Áreas temáticas que nortearam as pesquisas disponíveis sobre o gênero *Dipteryx*, no período de 1993 a 2022.

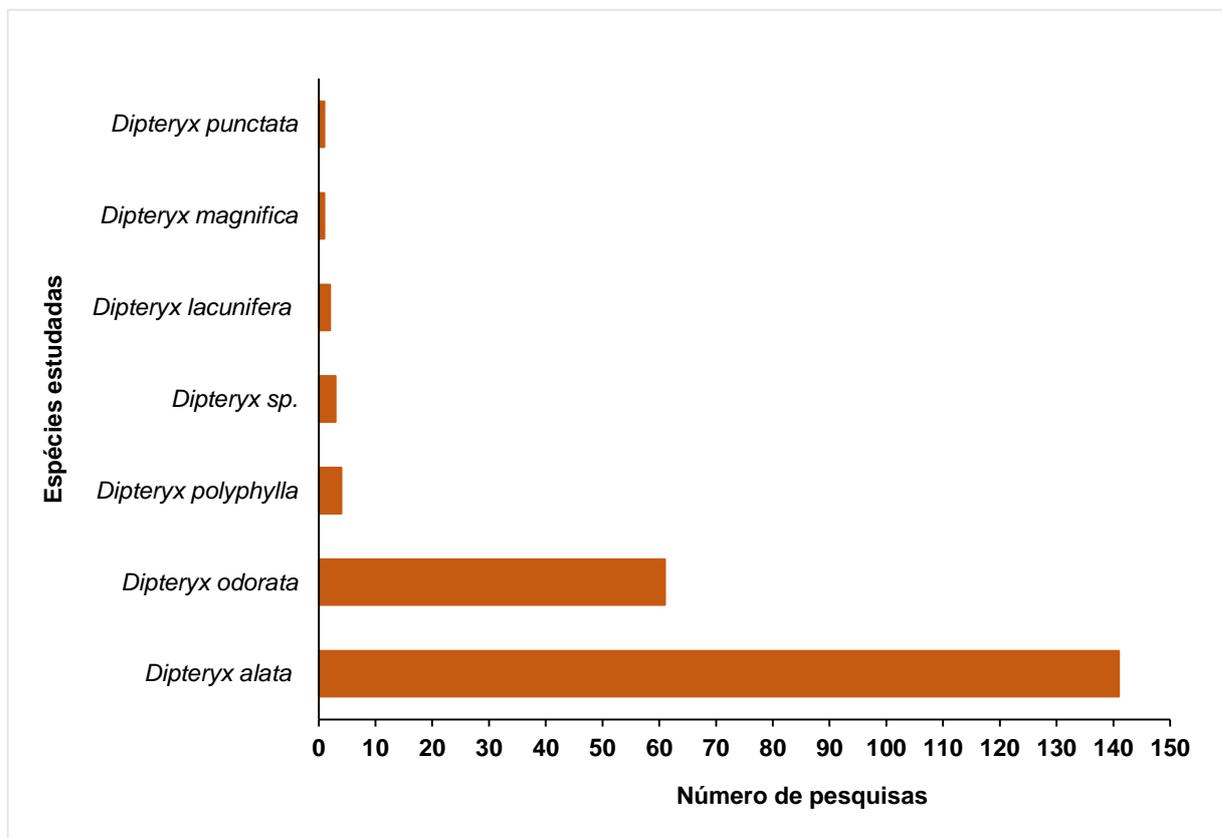


Fonte: BDTD, 2022.

Como indicador de conteúdo, as espécies destacadas nos estudos foram *D. alata* (141 trabalhos acadêmicos) e *D. odorata* (61 pesquisas). Esse indicador corrobora com os resultados obtidos na plataforma SciELO. Também podemos verificar a presença de estudos pontuais com outras espécies como, *D. polyphylla*, *D. lacunifera*, *D. magnifica* e *D. punctata* (Gráfico 8).

Faz-se necessário o avanço de pesquisas em relação às diferentes espécies, tendo em vista que a comparação de resultados entre as espécies é essencial para o conhecimento do gênero.

Gráfico 8 – Espécies do gênero *Dipteryx* com estudos concluídos no período de 1993 a 2022.



Fonte: BDTD, 2022.

Referindo-se aos indicadores de filiação institucional, 31 Instituições possuem em seu acervo pesquisas defendidas tendo como objeto de estudo principal ou um dos objetos, espécies do gênero *Dipteryx*. A Região Norte foi representada pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa – 11 pesquisas) e pela Universidade Federal do Amazonas (Ufam – 10 estudos), sendo destacada na maioria dos trabalhos, a espécie *D. odorata*; a Universidade Federal do Tocantins e

a Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa) apresentaram sete e cinco pesquisas concluídas com espécies do gênero, respectivamente (Gráfico 9A).

A Universidade Federal do Oeste do Pará é uma instituição nova e apresentou maior número de pesquisas sobre o gênero em relação a universidades já consolidadas, como a UFPA e a UFRA, destacando assim, o interesse dos pesquisados pelas espécies no Baixo Amazonas.

Na Região Nordeste apenas duas instituições foram encontradas com pesquisas concluídas, duas pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e uma pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) (BDTD, 2022).

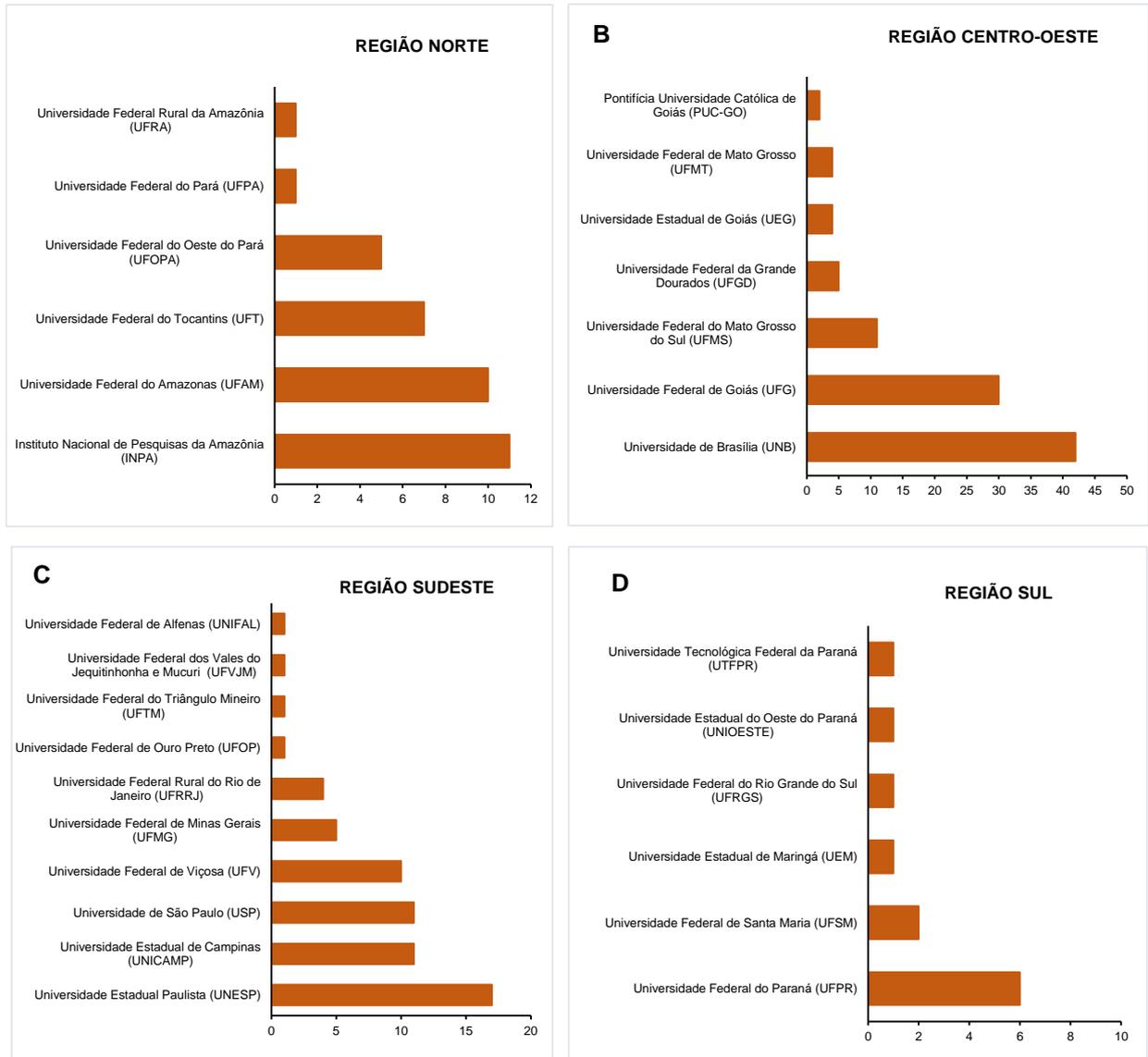
Na Região Centro-Oeste, a Universidade de Brasília (UNB) apresentou 42 trabalhos concluídos sobre a temática avaliada, seguida pela Universidade Federal de Goiás (UFG) com 30 pesquisas e, pela Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS) com 11 estudos (Gráfico 9B).

Para a Região Sudeste, 10 instituições se destacaram, sendo a Universidade Estadual Paulista (Unesp) a que apresenta maior número de trabalhos concluídos sobre *Dipteryx* (17 estudos), seguida pela Universidade Estadual de Campinas e pela Universidade de São Paulo, com 11 pesquisas cada. Na Universidade Federal de Viçosa (UFV) foram concluídos 10 trabalhos e pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), cinco estudos (Gráfico 9C).

A Região Sul foi representada pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), com seis estudos e pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM – 2 pesquisas). As demais instituições apresentaram uma pesquisa concluída em cada (Gráfico 9D).

Esses dados institucionais enfatizaram os resultados apresentados sobre as espécies estudadas, tendo em vista que os estados localizados no Centro-Oeste e Sudeste apresentaram mais trabalhos acadêmicos sobre o gênero e abrangem a distribuição geográfica de *D. alata*.

Gráfico 9 – Instituições de Ensino Brasileiras que abrigaram as pesquisas científicas sobre o gênero *Dipteryx*. **A.** Região Norte. **B.** Região Centro-Oeste. **C.** Região Sudeste. **D.** Região Sul.



Fonte: BDTD, 2022.

A análise das 144 dissertações destacou que no decorrer dos anos, as Instituições, os Programas de Pós-graduação, as pesquisas acadêmicas realizadas e os autores produziram avanços nos estudos com o gênero *Dipteryx* (Apêndice B).

O primeiro trabalho foi concluído em 1993, pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Programa de Pós-graduação em Ciência e Nutrição, sobre a composição química e aspectos nutricionais dos frutos da espécie *D. alata* (TOGASHI, 1993).

Somente em 1999 outra pesquisa foi concluída sobre o gênero, pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Programa de Pós-graduação em

Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre, sobre a espécie *D. odorata*. De acordo com esse estudo, suas flores foram encontradas como parte da dieta de um grupo de guaribas, sendo a composição e diversidade da dieta, dispersão de sementes, padrões de atividade e uso do espaço desse grupo de animais observados e avaliados durante 534 horas em mata de terra-firme na Amazônia Central (GOMEZ, 1999).

Em 2001 e 2002 dois trabalhos foram concluídos pelo Inpa, Programa de Pós-graduação em Ciências de Florestas Tropicais, o primeiro com a espécie *D. polyphylla* (YANO, 2001), e o segundo sobre *D. odorata*, no qual o objetivo foi analisar o desenvolvimento radial individual (MIRANDA, 2002). No ano de 2002, outra pesquisa também foi finalizada sobre a espécie *D. odorata*, pela USP, Ciências e Engenharia de Materiais, voltando-se para a determinação de propriedades de rigidez e resistência da madeira com corpos-de-prova (MORALES, 2002). Em ambos os trabalhos de 2002 o gênero *Dipteryx* não foi o único alvo de estudo.

Em 2004, além do Inpa, a Universidade Federal do Pará (UFPA) também apresentou conclusão de trabalho com *D. odorata*, abordando aspectos de distribuição espacial e sustentabilidade genética no manejo florestal, área temática de Ciências Biológicas. A partir de 2006, a realização de trabalhos com esse gênero tornou frequente, tendo os anos de 2014 e 2018 o maior número de trabalhos na plataforma, com 17 e 18, respectivamente.

Recentemente, três trabalhos foram concluídos pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), tendo como espécies destacadas, *D. alata* (métodos de implantação) e *D. odorata* (madeiras comerciais), além de um estudo pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), abordando o microencapsulamento do óleo da espécie *D. alata*.

Os Programas de Pós-graduação que abrigaram mais pesquisas com o gênero foram os de Ciências Florestais e/ou Ambientais, Ciência e Tecnologia de Alimentos, Agronomia, Ecologia e Química.

Nas 66 teses analisadas sobre estudos com o gênero *Dipteryx*, verificou-se que nas três primeiras pesquisas (1999), a espécie destacada foi *D. alata*, sendo vinculadas à UFG e à UNB, pelos Programas de Pós-graduação em Agronomia e Ecologia, respectivamente (Apêndice C).

Em 2004, cinco anos depois dos primeiros estudos, uma nova tese sobre *D. alata* foi defendida na UNB. Esta pesquisa do Programa de Pós-graduação em

Ecologia, teve o intuito de avaliar a estrutura fitossociológica, bem como aspectos da ecologia populacional dessa espécie em área de transição cerrado denso/mata estacional, Pirenópolis, Goiás (BRITO, 2004). A partir desse mesmo ano as pesquisas passaram a ser defendidas anualmente.

Os dados apresentam os anos de 2016 e 2017 com maior número de defesas de tese, com oito e nove trabalhos, respectivamente. Dos oito trabalhos apresentados no ano de 2016, três foram defendidos na USP, dois na Ufam, dois na UNB e um na UFRRJ, sendo estes de diferentes Programas de Pós-graduação, abordando as espécies *D. alata*, *D. odorata* e *D. polyphylla*.

Quanto aos nove trabalhos de 2017, três deles foram apresentados na UFG, três na UNB e um trabalho na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e Unesp, sendo destaque os Programas de Pós-graduação em Agronomia e Ciências Florestais e Ambientais.

No ano de 2021, o trabalho encontrado teve como temática a avaliação do risco de consumo de folhas e seivas de plantas medicinais do Cerrado, incluindo a seiva de *D. alata* utilizada como tônico (ROSA, 2021), este foi defendido pelo Programa de Pós-graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

Em 2022, uma tese já foi defendida pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), na qual avaliou-se a eficiência na obtenção de extratos bioativos por extração supercrítica e supercrítica acoplada a prensagem mecânica a frio, sendo *D. alata* uma das espécies estudadas (PAUCAR, 2022).

3.4 Conclusão

A cienciometria sobre as espécies do gênero *Dipteryx* foi realizada utilizando-se 314 trabalhos científicos, com o maior número de publicações no ano de 2016 e, tendo a Revista Acta Amazônica como a principal responsável pela divulgação científica dos artigos e a Universidade de Brasília (UNB) pela elaboração de teses e dissertações.

Os objetos de estudo mais avaliados nos artigos foram os frutos e as plântulas/mudas de *Dipteryx* e, os extrativos vegetais mais explorados foram os óleos e os extratos hidroalcolólicos/hidroetanólicos/etanólicos. O principal método apontado para obtenção dos óleos foi o Soxhlet, e para os extratos a maceração.

As propriedades físico-químicas de *Dipteryx* spp. se destacaram nos estudos, e para a maioria dos trabalhos que tinham por objetivo avaliação da composição química, foram realizadas análises por Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG-EM).

O Brasil é o país que mais publica estudos sobre *Dipteryx*, com destaque para a região Centro-Oeste, especialmente nas áreas das Ciências Agrárias e das Ciências Biológicas.

Os artigos publicados sobre *Dipteryx* abordaram diferentes aspectos, como biológicos, farmacológicos, agrônômicos, florestais, sociais e ambientais. No entanto, é relevante a realização de novas pesquisas sobre aspectos socioeconômicos envolvendo espécies desse gênero.

As espécies mais estudadas foram a *D. alata* e *D. odorata*, verificando a necessidade de incentivo a produção acadêmica e publicações científicas sobre outras espécies do gênero *Dipteryx*, que se apresentaram como potenciais fontes de matérias-primas não exploradas socialmente pela carência de informações sobre a biodiversidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACTA AMAZÔNICA. **Sobre a revista.** 2022. Disponível em: <https://acta.inpa.gov.br/index.php>. Acesso em: 18 abr. 2022.
- ALENCAR, J. C.; ARAÚJO, V. C. Comportamento de espécies florestais amazônicas quanto à luminosidade. **Acta Amazônica**, v. 10, n. 3, 1980.
- ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**, v. 12, n. 1, p. 11-32, 2006.
- ARDREY, R. E. **Liquid Chromatography – Mass Spectrometry: an introduction.** Wiley: Huddersfield, 2003. 288 p.
- BENTOS, T. V.; NASCIMENTO, H. E. M.; VIZCARRA, M. dos A.; WILLIAMSON, B. G. Effects of experimental lightgaps and topography on enrichment plantings in a central Amazonian secondary forest. **Acta Amazônica**, v. 50, n. 3, 2020.
- BARHAM, J. Tribo Dipterygeae. In: LEWIS, G. P., SCHRIRE, B. D., MACKINDER, B. A.; LOCK, J. M. **Legumes of the World.** Kew, Royal Botanic Gardens, 2005. p. 250-251.
- BDTD – BIBLIOTECA DIGITAL BRASILEIRA DE TESES E DISSERTAÇÕES. *Dipteryx*. Disponível em: <https://bdtb.ibict.br/vufind/Search/Results?lookfor=Dipteryx&type=AllFields>. Acesso em: 26 abr. 2022.
- BRITO, M. A. **Fitossociologia e ecologia de população de *Dipteryx alata* Vog. (baru) em área de transição cerrado denso/mata estacional, Pirenópolis, Goiás.** 2004. 148 f. Tese (Pós-graduação em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2004.
- CARVALHO, P. E. R. Cumaru-ferro *Dipteryx odorata*. **Comunicado técnico Embrapa**, n. 225, ISSN 1517-5030, 2009.
- CARVALHO, C. S.; LIMA, H. C.; CARDOSO, D. B. O. S. *Dipteryx in Flora e Funga do Brasil.* 2020a. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB22952>. Acesso em: 07 abr. 2022.
- CARVALHO, C. S.; LIMA, H. C.; CARDOSO, D. B. O. S. *Dipteryx in Flora e Funga do Brasil.* 2020b. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB29628>. Acesso em: 07 abr. 2022.
- CARVALHO, C. S.; LIMA, H. C.; CARDOSO, D. B. O. S. *Dipteryx in Flora e Funga do Brasil.* 2020c. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB22954>. Acesso em: 08 abr. 2022.
- CERQUEIRA, L.; SILVA, A. B. M. DA. Uma abordagem infométrica no âmbito da Ciência da Informação a propósito dos dez anos de edição das Páginas a & b (1997 – 2007). **Páginas a & b**, v. 20, p. 7-48, 2007.

CHIARADIA, M. C.; COLLINS, C. H.; JARDIM, I. C. S. F. O estado da arte da cromatografia associada à espectrometria de massas acoplada à espectrometria de massas na análise de compostos tóxicos em alimentos. **Química Nova**, v. 31, n. 3, p. 623-636, 2008.

CNPQ – **Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil Lattes – Ciências Agrárias**. 2022a. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/web/dgp/ciencias-agrarias>. Acesso em: 22 ago. 2022.

CNPQ – **Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil Lattes – Ciências Biológicas**. 2022b. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/web/dgp/ciencias-biologicas>. Acesso em: 22 ago. 2022.

CNPQ – **Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil Lattes – Ciências da Saúde**. 2022c. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/web/dgp/ciencias-da-saude>. Acesso em: 22 ago. 2022.

CNPQ – **Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil Lattes – Engenharias**. 2022d. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/web/dgp/engenharias>. Acesso em: 22 ago. 2022.

CUI, Y.; DONG, X.; TONG, J.; LIU, S. Degradation of lignocellulosic components in un-pretreated vinegar residue using an artificially constructed fungal consortium. **BioResources**, v. 10, n. 2, p. 3434-3450, 2015.

GOMEZ, A. M. S. **Ecologia e comportamento de *Alouatta seniculus* em uma mata de terra firme na Amazônia Central**. 1999. 88 f. Dissertação (Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 1999.

GUEDES, V. L. S.; BORSCHIVER, S. Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica. In.: Encontro Nacional de Ciência da Informação, 6, 2005. **Atas** [...] Salvador, Instituto de Ciência da Informação da Universidade Federal da Bahia, 2005.

HAYASHI, M. C. P. I. Afinidades eletivas entre a cientometria e os estudos sociais da ciência. **Filosofia e Educação**, v. 5, n. 2, 2013.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 289 - **Quantidade produzida e valor da produção na extração vegetal, por tipo de produto extrativo**. 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/289>. Acesso em: 24 dez. 2021.

ILDIS – INTERNATIONAL LEGUME DATABASE AND INFORMATION SERVICE. *Dipteryx punctata*. 2018. Disponível em: <http://www.ildis.org/LegumeWeb/>. Acesso em: 30 dez. 2019.

LUQUE DE CASTRO, M. D; GARCIA-AYUSO, L. E. Extração Soxhlet de materiais sólidos: uma técnica desatualizada com um futuro inovador promissor. **Analytica Chimica Acta**, v. 369, p. 1-10, 1998.

MIRANDA, E. V. **Padrão de desenvolvimento radial horário do fuste de três espécies florestais típicas da Amazônia utilizando dendrômetros automáticos**. 2022. 85 f. Dissertação (Pós-graduação em Ciências de Florestas Tropicais) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, 2002.

MORALES, E. A. M. **Determinação do módulo de elasticidade da madeira: proposta para simplificação de procedimentos metodológicos**. 2002. 112 f. Dissertação (Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

OHANA, D. T. **Anatomia de sementes e plântulas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Will. (Fabacea), como contribuição ao estudo farmacognóstico de plantas da região amazônica**. 1998. Dissertação (Pós-graduação em Botânica) - Instituto de Pesquisas da Amazônia - INPA/Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Manaus, Amazonas, 1998.

PANESAR, R.; KAUR, S.; PANESAR, P.S Production of microbial pigments utilizing agro-industrial waste: a review. **Current Opinion Food Science**, v. 1, p. 70-76, 2015.

PARRA, M. R.; COUTINHO, R. X.; PESSANO, E. F. DE C. Um breve olhar sobre a cienciometria: origem, evolução, tendências e sua contribuição para o Ensino de Ciências. **Contexto & Educação**, v. 34, n. 107, 2019.

PAUCAR, L. O. C. **Estudo da extração supercrítica com e sem acoplamento de prensagem mecânica a frio de matérias-primas lipídicas**. 2022. 100 f. Tese (Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2022.

PESCE, C. **Oleaginosas da Amazônia**. 2. ed., rev. e atual. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, Núcleo de Estudos Agrários e Desenvolvimento Rural, 2009. 334 p.: il. 1. ed. em 1941.

RAZERA, J. C. C.; MATOS, C. M.; BASTOS, F. Um perfil métrico das pesquisas que destacam a formação de professores na área brasileira de educação em ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n.1, p. 200-222, 2019.

ROSA, A. C. G. **Avaliação do risco de consumo de folhas e seiva de plantas medicinais do Cerrado Sul-Mato-Grossense em relação à sua composição elementar**. 2021. 110 f. Tese (Pós-graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul, 2021.

SCIELO. *Dipteryx*. 2022. Disponível em: <https://search.scielo.org/?lang=pt&count=15&from=0&output=site&sort=&format=summary&fb=&page=1&q=Dipteryx>. Acesso em: 07 abr. 2022.

THE PLANT LIST. **A working list of all plant species**. 2013. Disponível em: <http://www.theplantlist.org>. Acesso em: 03 dez. 2019.

TOGASHI, M. **Composição e caracterização química e nutricional do fruto do baru (*Dipteryx alata*, Vog.)**. 1993. 125 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Ciência e Nutrição) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 1993.

TROPICOS.ORG. **Jardim Botânico do Missouri**. 2022. Disponível em: <https://tropicos.org>. Acesso em: 15 jun. 2022.

VÉKEY, K. Mass spectrometry and mass-selective detection in chromatography. **Journal of Chromatography A**, v. 921, n. 2, p. 227-236, 2001.

VINKLER, P. An attempt of surveying and classifying bibliometric indicators for scientometric purposes. **Scientometrics**, v. 13, n. 5-6, p. 239-259, 1988.

WFO. **World Flora Online**. 2022. Disponível em: <http://www.worldfloraonline.org>. Acesso em: 06 abr. 2022.

YANO, C. Y. **Efeitos da liteira fina sobre a disponibilidade de nutrientes e o crescimento de plântulas em áreas de extração seletiva de madeira**. 2001. 71 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Ciências de Florestas Tropicais) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, 2001.

4 CAPÍTULO II

ANÁLISE FITOQUÍMICA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DOS EXTRATOS ETANÓLICOS DE *Dipteryx punctata* (S.F. Blake) Amshoff¹

¹ O capítulo encontra-se de acordo com o Guia para elaboração e apresentação da produção acadêmica da Ufopa. Disponível em: <http://ufopa.edu.br/sibi/servicos-e-produtos/guia-de-normalizacao/>; e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

ANÁLISE FITOQUÍMICA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DOS EXTRATOS ETANÓLICOS DE *Dipteryx punctata* (S.F. Blake) Amshoff

RESUMO: O gênero *Dipteryx*, ao qual pertence o cumaru, apresenta espécies neotropicais originárias de países da América Central e América do Sul, utilizadas tanto na comercialização da madeira e de suas sementes, como para a extração de cumarina, principal composto ativo empregado como flavorizante. Este trabalho teve por objetivo avaliar o perfil fitoquímico e a atividade antioxidante de extratos de folhas, galhos e frutos (resíduos e sementes) da espécie *Dipteryx punctata*. O material vegetal para análise foi coletado em cinco áreas produtoras de sementes de cumaru, em Mojuí dos Campos, Pará, Brasil. Os extratos foram obtidos via Soxhlet, tendo como solvente, etanol a 92,8% destilado e, duração total de oito horas. Foram realizadas as seguintes análises: química por Cromatografia em Camada Delgada (CCD) e Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG-EM), determinação de fenólicos e flavonoides, e antioxidante por captura de radicais livres DPPH. Os maiores rendimentos dos extratos foram obtidos dos frutos de *D. punctata*. Os extratos das folhas, galhos, resíduos e sementes apresentaram as principais classes de compostos avaliadas por CCD, incluindo a cumarina (1,2-benzopirona). A CG-EM indicou a presença de compostos como (-)-espatulenol, lupeol, γ -sitosterol, ácido n-hexadecanoico, ácido (Z)-9-octadecenoico, ácido cis-vacênico e hidrocumarina. Os extratos de *D. punctata* apresentaram os compostos esperados para gênero e potencial ação antioxidante.

Palavras-chave: Composição química. Cumaru. DPPH. Extratos vegetais.

ABSTRACT: The genus *Dipteryx*, to which cumaru belongs, has Neotropical species from Central and South American countries, used both in the commercialization of wood and its seeds, and for the extraction of coumarin, the main active compound used as a flavoring agent. This study aimed to evaluate the phytochemical profile and antioxidant activity of extracts from leaves, branches and fruits (residues and seeds) of the species *Dipteryx punctata*. Plant material for analysis was collected in five areas producing cumaru seeds, in Mojuí dos Campos, Pará, Brazil. The extracts were obtained via Soxhlet, with 92.8% distilled ethanol as solvent, and a total duration of eight hours. The following analyzes were performed: chemistry by Thin Layer Chromatography (TLC) and Gas Chromatography coupled to Mass Spectrometry (GC-MS), determination of phenolics and flavonoids, and antioxidant by DPPH free radical scavenging. The highest yields of extracts were obtained from *D. punctata* fruits. Extracts from leaves, branches, residues and seeds showed the main classes of compounds evaluated by TLC, including coumarin (1,2-benzopyrone). GC-MS indicated the presence of compounds such as (-)-spathulenol, lupeol, γ -sitosterol, n-hexadecanoic acid, (Z)-9-octadecenoic acid, cis-vacenic acid and hydrocoumarin. The *D. punctata* extracts showed the expected compounds for gender and potential antioxidant action.

Keywords: Chemical composition. Tonka bean. DPPH. Plant extracts.

4.1 Introdução

A Amazônia possui uma variedade de espécies vegetais que apresentam valor econômico agregado tanto aos produtos florestais madeireiros, quanto não madeireiros e, que geram trabalho e renda à diversas comunidades da região, com destaque para espécies do gênero *Dipteryx*.

Este gênero pertence à família botânica Fabaceae (Leguminosae), e é constituído por 11 espécies (THE PLANT LIST, 2013; CARVALHO; LIMA; CARDOSO, 2020; TROPICOS.ORG, 2022; WFO, 2022), sendo estas encontradas em florestas naturais e bastante requisitadas em monocultivos, sistemas agroflorestais e para reflorestamentos (CARVALHO, 2009).

Os Sistemas Agroflorestais (SAF's) incorporam as espécies florestais com cultivos perenes e anuais, normalmente de valor comercial, tendo ou não a presença de animais. Os mais destacados são os sistemas taungya, silvipastoris, quintais agroflorestais e os multiestratificados comerciais que permitem que os agricultores familiares obtenham renda de diferentes espécies e produtos ao longo do ano (VIEIRA et al., 2007).

Dipteryx odorata (Aubl.) Forsyth f., a mais conhecida na Amazônia e incorporada aos plantios, é utilizada para obtenção de madeira e extração da cumarina simples das sementes (OHANA, 1998; PESCE, 2009). No entanto, espécies do gênero como *Dipteryx punctata* (S.F. Blake) Amshoff, também podem ser exploradas para obtenção da cumarina e de produtos como extratos vegetais, sendo fontes de substâncias biologicamente ativas e, portanto, potenciais para o desenvolvimento de estudos.

As cumarinas são benzo-derivados da pirona, de ocorrência natural ou sintética, classificadas como: benzo- α -pironas e benzo- γ -pironas, comumente conhecidas por cromonas (MIRANDA, 2001). Na natureza possuem como representante mais simples a 1,2-benzopirona que foi isolada pela primeira vez de frutos de *D. odorata*, por Vogel, em 1820 (SULLIVAN, 1982; CORRÊA, 2014). No entanto, mais de 1300 cumarinas foram identificadas a partir de fontes naturais, em especial plantas verdes, e suas propriedades farmacológicas, bioquímicas e aplicações terapêuticas dependem do seu padrão de substituição (HOULT; PAYÁ, 1996).

Dentre as propriedades farmacológicas, a atividade antioxidante é bastante investigada visando a substituição de produtos de origem sintética pelos de origem natural para inserção na alimentação humana e prevenção de patologias (KIRSCHWENG et al., 2017). As sementes de *Dipteryx* spp. são utilizadas na indústria alimentícia, principalmente para fabricação de doces e sorvetes (OHANA, 1998; PESCE, 2009), o que favorece estudos quanto a captura de radicais livres, possibilita o beneficiamento da produção, agrega valor econômico e contribui para o aumento da demanda dessas espécies em sistemas agroflorestais.

Neste sentido, visando contribuir para o conhecimento químico e biológico da espécie *D. punctata*, este trabalho objetivou avaliar seu perfil fitoquímico e a atividade antioxidante de extratos obtidos de folhas, galhos e frutos (resíduos e sementes).

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Áreas de coleta

Os materiais vegetais foram coletados nas comunidades rurais de Água Fria, Terra de Areia e Boa Fé, localizadas no município de Mojuí dos Campos, Amazônia Oriental, Pará, Brasil (Mapa 4). Foram realizadas coletas em dois períodos: uma nos meses de fevereiro a março de 2018 (temperatura média de 25°C), para obtenção de folhas, galhos e flores, e outra no mês de setembro do mesmo ano (temperatura média de 30°C), para obtenção de frutos (resíduos e sementes).

Foram selecionadas cinco áreas produtoras de cumaruzeiros, de acordo com orientações da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Pará (Emater-PA), escritório local de Mojuí dos Campos, sendo sistemas agroflorestais (SAFs) implantados.

4.2.2 Descrição das áreas de coleta

Área 1 – Localizada na comunidade Água Fria (coordenada geográfica 2°46'21.69"S; 54°39'25.13"O) (Figura 2A). Possui dois hectares, contendo 120 árvores de cumaru, de aproximadamente 10 anos de idade, de cinco a nove metros de altura, em consórcio com linhas intercaladas de laranja (*Citrus sinensis*) plantadas sequencialmente. As árvores de cumaru encontram-se espaçadas por 16

metros entre linhas e quatro entre plantas. São realizadas limpeza na área e poda nas árvores regularmente.

Área 2 – Localizada na comunidade Água Fria (coordenada geográfica 2°46'45.24"S; 54°38'47.06"O) (Figura 2B). Possui 0,5 hectare, contendo 70 árvores de cumaru, de aproximadamente 10 anos de idade, de cinco a nove metros de altura, em consórcio com linhas intercaladas de laranja plantadas sequencialmente. As árvores de cumaru encontram-se espaçadas por oito metros entre linhas e quatro entre plantas (SILVA et al., 2018). São realizadas limpeza na área e poda nas árvores regularmente.

Área 3 – Localizada na comunidade Boa Fé (coordenada geográfica 2°37'14.33"S; 54°40'53.22"O) (Figura 2C). Possui dois hectares, contendo 14 árvores de cumaru, de aproximadamente 10 anos de idade e em média nove metros de altura, em consórcio com pimenta-do-reino (*Piper nigrum*) plantada sequencialmente, sem espaçamento definido. É realizada limpeza na área regularmente.

Área 4 – Localizada na comunidade Terra de Areia (coordenada geográfica 2°47'53.22"S; 54°38'28.77"O) (Figura 2D). Possui um hectare contendo 70 árvores de cumaru, de aproximadamente 10 anos de idade, de cinco a nove metros de altura, em consórcio com linhas separadas de laranja plantadas sequencialmente. As árvores de cumaru encontram-se espaçadas por oito metros entre linhas e quatro entre plantas. Esta área encontra-se sem adoção de tratamentos culturais.

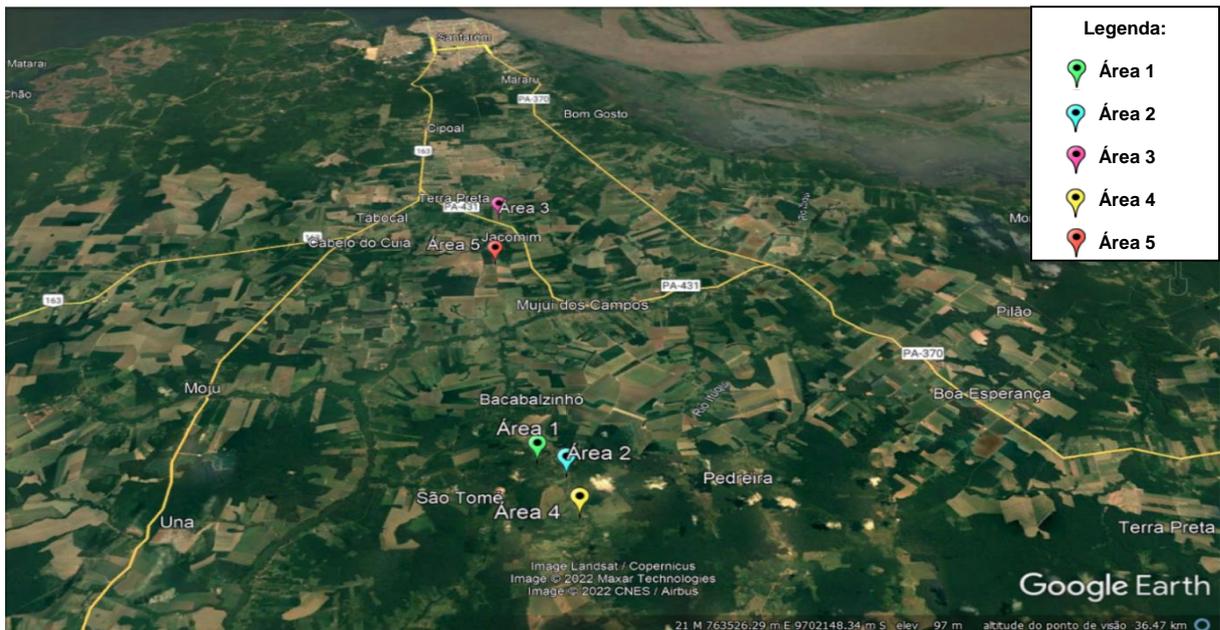
Área 5 – Localizada na comunidade Boa Fé (coordenada geográfica 2°39'16.95"S; 54°40'50.08"O) (Figura 2E). Possui dois hectares contendo 160 árvores de cumaru, de aproximadamente 10 anos de idade e em média nove metros de altura, consorciado na mesma linha com laranja e outras culturas (abacaxi e diferentes tipos de citrus), com presença de animais (cabra, carneiro, galinha e porco), sem espaçamento definido. São realizadas limpeza na área e poda nas árvores regularmente.

4.2.3 Fatores abióticos das áreas de coleta

O clima é do tipo tropical úmido, com temperatura variando de 25°C a 30°C, e no período de coleta, a precipitação observada pela classificação por Quantis foi de: período chuvoso a normal – 85% a 66% (fevereiro de 2018), período normal a seco – 66% a 33% (março de 2018), período normal a seco – 66% a 33% (setembro de

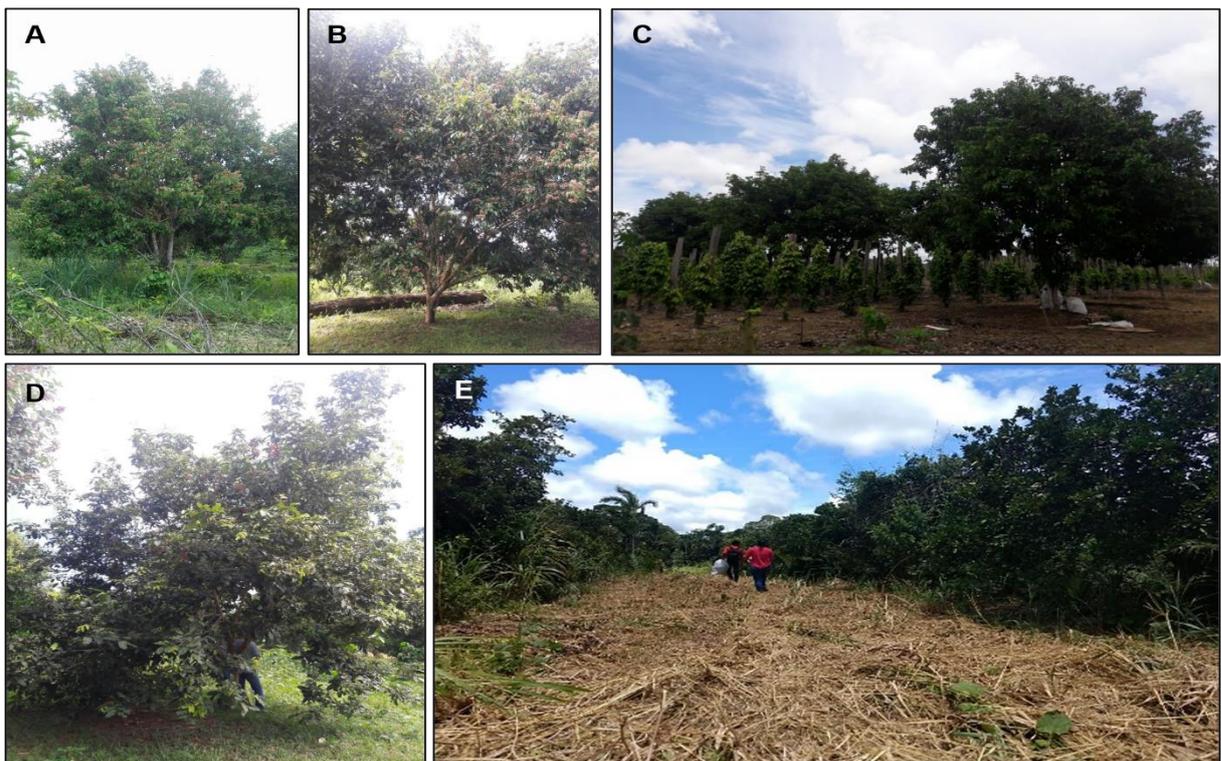
2018) (INMET, 2022). A classificação taxonômica do solo predominante nas áreas de Mojuí dos Campos é o Latossolo Amarelo Distrófico, típico, A moderado, textura muito argilosa, floresta equatorial subpernifolia, relevo plano e suave ondulado (ROCHA, 2014).

Mapa 1 – Localização Geográfica das cinco áreas de coleta em Mojuí dos Campos, Pará, Brasil.



Fonte: Google Earth, 2022.

Figura 2 – Cultivo de *Dipteryx punctata* em sistemas agroflorestais localizados em Mojuí dos Campos. **A.** Área 1. **B.** Área 2. **C.** Área 3. **D.** Área 4. **E.** Área 5.



Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.

4.2.4 Coleta do material vegetal

Foram selecionadas sete árvores de *D. punctata* em cada área (cinco áreas), baseando-se na produtividade, plantas que frutificam com frequência, ou seja, produzem regularmente todos os anos, e características morfológicas e fisiológicas semelhantes (altura, diâmetro e floração). Das 35 árvores no total, foram realizadas coletas de folhas, galhos, e 1.050 frutos, sendo 30 frutos por árvore; 210 frutos por área (SILVA et al., 2018), para obtenção de extratos.

Exsicatas foram confeccionadas com os materiais coletados, sendo identificados botanicamente como *Dipteryx punctata*. Os espécimes encontram-se depositados no Herbário da Universidade Federal do Oeste do Pará, sob números de registro: HSTM 11897, HSTM 11898, HSTM 11899, HSTM 11900 e HSTM 11901 e, no Herbário do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, sob os números de registro: RB 772255 (Apêndice D), RB 772253 (Apêndice E), RB 772256 (Apêndice F), RB 772257 (Apêndice G) e RB 772254 (Apêndice H).

A pesquisa foi cadastrada no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Genéticos e Conhecimentos Tradicionais Associados (SisGen, Brasil) sob o protocolo A1B0150.

4.2.5 Obtenção e rendimento dos extratos vegetais de folhas, galhos e frutos de *Dipteryx punctata*

Os extratos foram obtidos de todas as partes coletadas das plantas, sendo que os frutos de *D. punctata* foram separados em resíduos (epicarpo + mesocarpo + endocarpo) e sementes. As folhas, galhos e frutos foram pesados, acondicionados em sacos de papel e, colocados em estufa a 45°C, com circulação forçada de ar para secagem, durante 20 dias. Após esse período, o material vegetal foi novamente pesado para obtenção da massa seca e, triturado para a realização da extração etanólica. De cada área foram utilizados 70 g de folhas, 35 g de galhos, 70 g de resíduos e 35 g de sementes para extração, sendo esta realizada em triplicata.

Os procedimentos de extração ocorreram via Soxhlet, tendo como solvente, o álcool etílico a 92,8% (destilado com hidróxido de sódio, 2 g para 2 L, durante 4 horas). O período das extrações foi de 8 h para cada procedimento. As soluções etanólicas obtidas foram evaporadas em evaporador rotativo para a eliminação do solvente e obtenção dos extratos etanólicos que foram armazenados em recipientes

de vidro âmbar, esterilizados e, submetidos à secagem em temperatura ambiente ($\pm 27^{\circ}\text{C}$).

Para obtenção dos rendimentos (%), os extratos foram pesados e aplicada a fórmula: $[\text{Massa do óleo ou extrato (g)} / \text{Massa do material vegetal seco (g)}] \times 100$ (TAUBE JÚNIOR; CASTRO; BARATA, 2014). Com os dados de rendimentos foi realizada Análise de Variância (Anova) e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando o software estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2010).

4.2.6 Cromatografia em Camada Delgada (CCD)

Para a análise cromatográfica dos extratos etanólicos de *D. punctata* foram utilizadas placas de alumínio, Alugram Xtra, (10 x 10 cm) em sílica 60, com indicador fluorescente e espessura da camada de 0,20 mm. Os extratos foram pesados (10 mg), solubilizados em 1 mL de solvente, homogeneizados, e aplicadas alíquotas de 10 μL nas placas, a 1,5 cm de distância cada.

O sistema consistiu em placas eluídas utilizando-se a mistura de acetato de etila:hexano (70:30). Posteriormente, as placas foram secas e reveladas para identificação das classes de terpenos (vanilina sulfúrica a 1% e padrão timol), taninos condensados (vanilina clorídrica a 1% e padrão chá verde – *Camellia sinensis*), taninos hidrolisáveis (cloreto férrico - FeCl_3 a 1% e padrão *C. sinensis*), flavonoides (cloreto de alumínio - AlCl_3 a 5% e padrão quercetina) e cumarina (hidróxido de potássio - KOH a 5% e padrão 1,2-benzopirona) (WAGNER; BLADT, 2001). Foram calculados os Fatores de Retenção (R_f), quando possível (TAUBE JÚNIOR; CASTRO; BARATA, 2014).

4.2.7 Determinação de fenólicos e flavonoides totais

Para avaliação da presença de fenólicos e flavonoides nos extratos etanólicos de *D. punctata* as amostras foram pesadas, diluídas e em seguida adicionadas alíquotas da solução em tubos de ensaio para obtenção das concentrações de 30, 70, 200 e 450 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ para folhas e resíduos, e de 50, 200, 500 e 1000 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ para galhos e sementes, até o volume de 5000 μL em álcool etílico P.A.

Os testes para determinação de fenólicos totais seguiram a metodologia adaptada de Singleton e Rossi (1965). Foram preparadas triplicatas contendo 500 μL de cada concentração avaliada, 2,5 mL de Folin-Ciocalteu a 5% (v/v) e 2,0 mL

de carbonato de sódio (NaCO_3) a 4% (p/v). O controle consistiu em 500 μL de álcool etílico, 2,5 mL de Folin-Ciocalteu a 5% e 2,0 mL de carbonato de sódio (NaCO_3 a 4%). A leitura ($\lambda = 740 \text{ nm}$), realizada através de um espectrofotômetro UV/visível, ocorreu após duas horas das amostras no escuro e formação de soluções azuladas. O cálculo dos resultados foi baseado na curva analítica de sete pontos (10 – 80 $\mu\text{g.mL}^{-1}$) do padrão ácido gálico ($y = 83,532x - 0,5777$ e $R^2 = 0,99$), expressos como mg de EAG (equivalentes de ácido gálico) por grama de extrato.

Para flavonoides totais a metodologia foi adaptada de Woisky e Salatino (1998). As triplicatas foram obtidas adicionando 2,4 mL de solução de cloreto de alumínio (AlCl_3) a 0,1% a 600 μL de cada concentração avaliada. O controle consistiu em 600 μL de álcool etílico e 2,4 mL de cloreto de alumínio (AlCl_3 a 0,1%). A leitura ($\lambda = 420 \text{ nm}$) ocorreu após o período de 30 minutos caracterizada pela reação entre o flavonoide e o alumínio formando uma solução de coloração amarelada. O cálculo dos resultados foi baseado na curva analítica de sete pontos (5 – 80 $\mu\text{g.mL}^{-1}$) do padrão rutina ($y = 218,15x - 1,7073$ e $R^2 = 0,99$), e expressos como mg de ER (equivalentes de rutina) por grama de extrato.

4.2.8 Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG-EM)

A análise cromatográfica dos extratos etanólicos de *D. punctata* foi realizada no Centro Analítico de Instrumentação da Universidade de São Paulo (Central Analítica do Instituto de Química – USP), utilizando-se cromatógrafo QP2020 – Shimadzu e varredura linear no intervalo de 37 m/z a 660 m/z com as seguintes condições cromatográficas: temperatura do injetor mantida a 280°C, coluna com temperatura inicial de 50°C (3 min), aquecimento de 3°C/min, temperatura final de 280°C (15 min), detetor a 280°C, vazão do gás de arraste (He) com fluxo de 1,82 mL/min, volume dos extratos injetados de 1 μL . Os compostos foram identificados por comparação com a biblioteca NIST14.

4.2.9 Atividade antioxidante dos extratos de *Dipteryx punctata* pela captura de radicais livres DPPH

A atividade antioxidante foi determinada pelo método de captura de radicais livres DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) (SCHERER; GODOY, 2009). Os extratos foram diluídos e as alíquotas adicionadas em tubos de ensaio para obtenção das concentrações de 40, 70, 200, 350 e 500 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ para folhas e resíduos dos frutos;

e de 230, 800, 1500, 2500 e 3000 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ para os extratos dos galhos e sementes, até o volume de 600 μL em álcool metílico P.A. Após esse processo, foram adicionados aos tubos 2,4 mL da solução do radical DPPH diluído em álcool metílico P.A. e homogeneizados em agitador. Para o controle negativo, utilizou-se 600 μL de álcool metílico e 2,4 mL do radical DPPH. Todas as análises foram realizadas em triplicata. As duas leituras foram realizadas com espectrofotômetro UV/visível ($\lambda = 516 \text{ nm}$), monitoradas em intervalos de 40 minutos, até a estabilização da absorbância. A ação antioxidante foi verificada observando-se a mudança de coloração na amostra (púrpura ou violeta) para amarelo claro ou violeta pálido.

O índice DPPH foi calculado através da equação: $I (\%) = [(Abs0 - Abs1) / Abs0] \times 100$, onde Abs0 é a absorbância do branco e Abs1 é a absorbância da amostra. Realizou-se análise de regressão no software estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2010). E, baseando-se na relação entre as concentrações testadas e o percentual de inibição calculado, obtiveram-se funções logarítmicas ajustadas, representação dada por $y = a \ln(x) \pm b$ (a e b = constantes; ln = função logarítmica natural), de cada parte da planta para o cálculo dos valores de CI50 (concentração do extrato necessário para reduzir 50% do radical DPPH), sendo $CI50 = \text{EXP}((50 - b)/a)$. O modelo logarítmico foi utilizado para plotar os gráficos no programa editor de planilhas eletrônicas Microsoft Office Excel 365, apresentando cinco pontos para os extratos das folhas, galhos, resíduos e sementes.

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Rendimento dos extratos etanólicos de *Dipteryx punctata*

Houve diferença significativa tanto para os fatores isoladamente (partes da planta e áreas de coleta), quanto para a interação entre eles em relação ao rendimento dos extratos etanólicos. Em todas as áreas, os maiores rendimentos foram obtidos para os extratos das sementes, exceto na área 1, que não diferiu do extrato dos resíduos (Tabela 11).

Muitos fatores podem influenciar na obtenção de maiores rendimentos, principalmente a parte da planta estudada, o tamanho das partículas, a metodologia escolhida, o solvente e a concentração utilizada, o tempo e a temperatura de extração (VIERA, 2016). Quando diferentes técnicas extrativas foram avaliadas sobre o rendimento de extratos de xaxim (*Dicksonia sellowiana*), verificou-se que o

método por Soxhlet foi mais eficiente na extração independente do solvente utilizado (etanólicos ou hidroalcoólico 70%), pois essa técnica leva o material vegetal à exaustão completa por aproximadamente oito horas, e o etanol por ser uma molécula anfifílica, tem afinidade e extrai tanto substâncias apolares quanto polares (OLIVEIRA et al., 2016). Isso explica o maior rendimento obtido nos extratos das sementes de cumaru, tendo em vista que essa parte da planta contém alto teor de óleo, o que proporcionou um caráter mais oleoso a esse extrato.

Os extratos dos resíduos também apresentaram grande potencial quanto ao aproveitamento da biomassa vegetal, apresentando maior rendimento que os extratos das folhas e galhos (Tabela 1). Resultado importante, uma vez que esse material serve apenas como matéria orgânica nas áreas quando descartado pelos agricultores após a coleta e despolpa dos frutos para extração das sementes. Encontrar uma nova destinação para esses produtos, além de evitar o excesso do descarte no ambiente, ainda pode favorecer a utilização dessa matéria prima para extração de bio-óleo, da cumarina, produção de farinhas e bebidas fermentadas (segurança alimentar e nutricional), desenvolvimento futuro de produtos alternativos para o uso no controle de doenças de plantas (produção orgânica e agroecológica), e contribuir para valorização da agricultura familiar (cadeia produtiva).

O maior rendimento médio dos extratos das sementes foi observado na área 3 (Tabela 12), com aumento de 66,2% em comparação ao extrato obtido na área 1 e, de 47,5%, 27,2% e 18,9% em relação aos extratos de sementes provenientes das áreas 2, 4 e 5, respectivamente. Os extratos obtidos dos resíduos de frutos coletados na área 3 também apresentaram os maiores rendimentos quando comparados aos extratos provenientes das áreas 2 e 5 (Tabela 11), com aumento, respectivamente, de 40,3% e 26,1%. Extrações de biocompostos de sementes de cumaru, por Soxhlet através de etanol, como as realizadas neste trabalho, resultaram em rendimentos de 46,5% (LIMA et al., 2014).

A área 3 difere das demais pelo número reduzido de cumaruzeiros. Essa característica pode favorecer o desenvolvimento e produção das árvores tendo em vista que cada espécie exige características específicas do meio, como: incidência de luz, temperatura, umidade, gravidade e velocidade do vento (YAMASHITA et al., 2009); e as fenofases reprodutivas, principalmente início da floração, são amplamente influenciadas pela variação temporal dos fatores abióticos (SOUZA; FUNCH, 2017). Além do que, o maior espaçamento faz com que as árvores

demonstrem sua capacidade de competição, exibam maiores diâmetros de copa (KLEIN et al., 2017) que permitem projetar os melhores espaços a serem reservados para o plantio visando o bom desenvolvimento (DIONÍSIO et al., 2018), e favorecem a produção de frutos para comercialização das amêndoas, sendo importante fonte de renda para os produtores (SILVA et al., 2018).

Assim, a espécie *D. punctata* mostrou-se eficiente para obtenção de extratos etanólicos nos sistemas agroflorestais implementados em Mojuí dos Campos, no entanto, são importantes estudos para averiguar como o manejo dos sistemas, espaçamentos, espécies consorciadas e tratamentos no solo, podem influenciar na fisiologia de plantas, ocasionando possíveis melhorias no uso da terra e aumento na produção de compostos naturais com atividades biológicas.

Tabela 11 – Rendimento médio dos extratos etanólicos das diferentes partes de *Dipteryx punctata* provenientes de sistemas agroflorestais de Mojuí dos Campos, Amazônia Brasileira.

Partes da Planta	Rendimento Médio dos Extratos (%)				
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
Folhas	17,3 bA	17,9 bA	16,9 cA	14,2 cA	15,2 cA
Galhos	7,9 cA	7,1 cA	5,8 dA	9,1 dA	8,6 dA
Resíduos	24,8 aAB	18,6 bC	26,1 bA	23,3 bAB	20,7 bBC
Sementes	28,4 aC	32,0 aC	47,2 aA	37,1 aB	39,7 aB
CV%					8,8

Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). **Fonte:** SOUSA, B. C. M., 2022.

4.3.2 Cromatografia em Camada Delgada (CCD)

Na análise fitoquímica dos extratos etanólicos de *D. punctata* por CCD foram observadas as classes de terpenos (Figuras 3A, 4A e 5A), taninos condensados (Figuras 3B, 4B e 5B), taninos hidrolisáveis (Figuras 3C, 4C e 5C) e flavonoides (Figuras 3D, 4D e 5D), nos extratos das folhas, galhos e resíduos, com exceção dos extratos das sementes (Figura 6), indicadas pela intensidade e coloração das amostras quando comparadas com os padrões utilizados (Tabela 12).

A análise por CCD auxilia no processo de escolha massa/volume de solvente necessários, bem como dos sistemas de solventes que possuem mais afinidade com as amostras avaliadas, pois em excesso ou por defeito, a quantidade de compostos extraídos pode ser afetada significativamente (OLIVEROS-BASTIDAS et al., 2011).

A classe de terpenos possui funções oxigenadas como álcoois, éteres, aldeídos, cetonas, lactonas (CARDOSO et al., 2001), atua na regulação de crescimento, fitoalexinas e apresenta ação repelente para insetos herbívoros (MAIRESSE; FARIAS; FIORIN, 2007).

Os taninos possuem a capacidade de ligar-se às proteínas, geralmente de forma irreversível, formando precipitados, e essa classe, também encontrada nos extratos de cumaru, está envolvida na proteção das plantas contra ataques de herbívoros invertebrados e vertebrados, pois tem como características o sabor adstringente e a difícil digestão, já que as enzimas digestivas não conseguem metabolizar os precipitados (CÂNDIDO, 2007; SILVA, 2007).

A classe dos flavonoides verificada na CCD, apresenta diversas formas e variadas funções, incluem-se as flavonas, flavanonas, catequinas, antocianinas, proantocianidinas, isoflavonoides, entre outros. Os flavonoides visualizados com maior intensidade nos extratos dos resíduos dos frutos de *D. punctata*, apresentam efeitos alelopáticos, e suas substâncias são capazes de inibir o crescimento de plantas e fungos (RICE, 1984; SAKIHAMA et al., 2002; SHIMOJI; YAMASAKI, 2005).

Quanto a 1,2-benzopirona (cumarina simples), os resultados evidenciam a sua presença nos extratos dos resíduos e sementes de *D. punctata* (Tabela 13), com fator de retenção de 0,78 (Figura 7C e 7D). Para os galhos, observou-se a presença da classe de compostos denominada cumarinas, pela intensidade na coloração e fatores de retenção similares ao da 1,2-benzopirona, o que não ocorre nos extratos das folhas (Figura 7A e 7B).

As cumarinas são sintetizadas, principalmente, nas folhas, mas ocorrem em níveis altos nos frutos, seguido pelas raízes e caules. No entanto, a sazonalidade e condições ambientais podem afetar sua ocorrência na planta (OJALA, 2001).

Tabela 12 – Análise química por cromatografia em camada delgada (CDD) dos extratos etanólicos das diferentes partes de *Dipteryx punctata* provenientes de sistemas agroflorestais de Mojuí dos Campos, Amazônia Oriental, Brasil.

Partes da Planta	CCD				
	Terpenos	Taninos condensados	Taninos hidrolisáveis	Flavonoides	Cumarina
Folhas	+	+	+	+	-
Galhos	+	+	+	+	-
Resíduos	+	+	+	+	+
Sementes	-	-	-	-	+

Nota: (+) presença da classe de compostos; (-) ausência da classe de compostos. **Fonte:** SOUSA, B. C. M., 2022.

Figura 3 – Caracterização fitoquímica dos extratos das folhas de *Dipteryx punctata*. Placas de CCD eluídas em acetato de etila: hexano (70:30). **A.** Revelação com vanilina sulfúrica a 1% (terpenos). **B.** Revelação com vanilina clorídrica a 1% (taninos condensados). **C.** Revelação com cloreto férrico a 1% (taninos hidrolisáveis). **D.** Revelação com cloreto de alumínio a 5% (flavonoides). **Padrões:** T = terpeno (beta-cariofileno); C = chá verde e Q = quercetina. **Extratos:** F1 = folhas da área 1; F2 = folhas da área 2; F3 = folhas da área 3; F4 = folhas da área 4 e F5 = folhas da área 5.

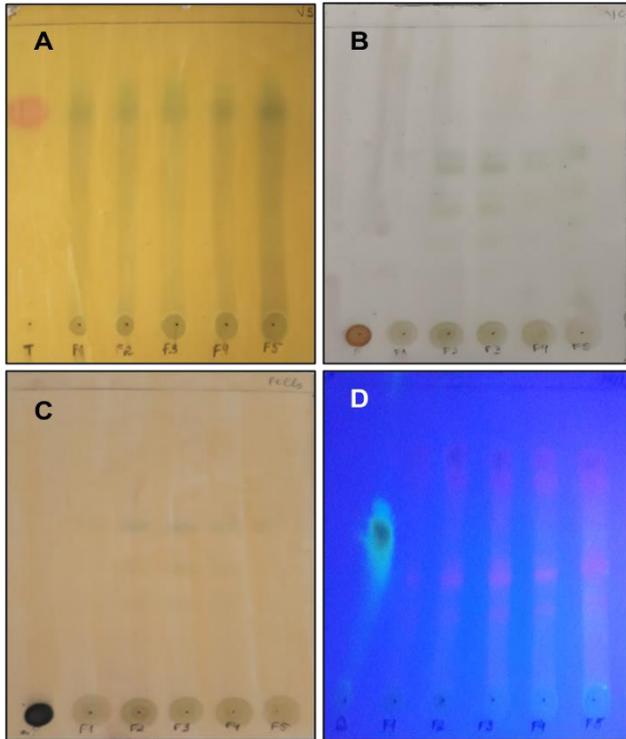


Figura 5 – Caracterização fitoquímica dos extratos dos resíduos de *Dipteryx punctata*. Placas de CCD eluídas em acetato de etila: hexano (70:30). **A.** Revelação com vanilina sulfúrica a 1% (terpenos). **B.** Revelação com vanilina clorídrica a 1% (taninos condensados). **C.** Revelação com cloreto férrico a 1% (taninos hidrolisáveis). **D.** Revelação com cloreto de alumínio a 5% (flavonoides). **Padrões:** T = terpeno (beta-cariofileno); C = chá verde e Q = quercetina. **Extratos:** R1 = resíduos da área 1; R2 = resíduos da área 2; R3 = resíduos da área 3; R4 = resíduos da área 4 e R5 = resíduos da área 5.

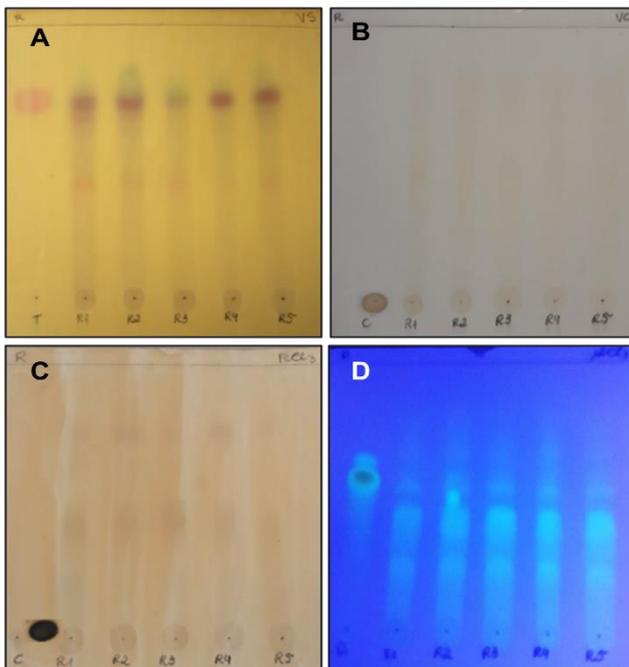


Figura 4 – Caracterização fitoquímica dos extratos dos galhos de *Dipteryx punctata*. Placas de CCD eluídas em acetato de etila: hexano (70:30). **A.** Revelação com vanilina sulfúrica a 1% (terpenos). **B.** Revelação com vanilina clorídrica a 1% (taninos condensados). **C.** Revelação com cloreto férrico a 1% (taninos hidrolisáveis). **D.** Revelação com cloreto de alumínio a 5% (flavonoides). **Padrões:** T = terpeno (beta-cariofileno); C = chá verde e Q = quercetina. **Extratos:** G1 = galhos da área 1; G2 = galhos da área 2; G3 = galhos da área 3; G4 = galhos da área 4 e G5 = galhos da área 5.

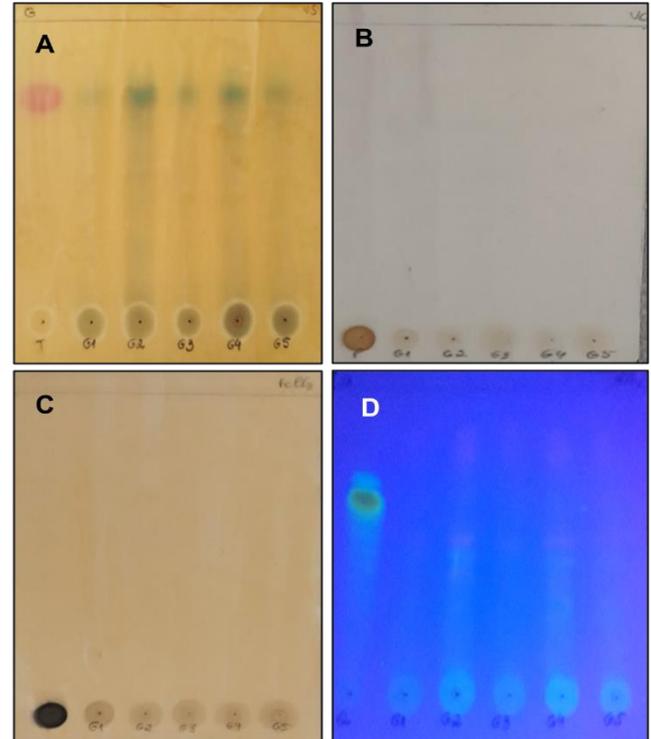


Figura 6 – Caracterização fitoquímica dos extratos das sementes de *Dipteryx punctata*. Placas de CCD eluídas em acetato de etila: hexano (70:30). **A.** Revelação com vanilina sulfúrica a 1% (terpenos). **B.** Revelação com vanilina clorídrica a 1% (taninos condensados). **C.** Revelação com cloreto férrico a 1% (taninos hidrolisáveis). **D.** Revelação com cloreto de alumínio a 5% (flavonoides). **Padrões:** T = terpeno (beta-cariofileno); C = chá verde e Q = quercetina. **Extratos:** S1 = sementes da área 1; S2 = sementes da área 2; S3 = sementes da área 3; S4 = sementes da área 4 e S5 = sementes da área 5.

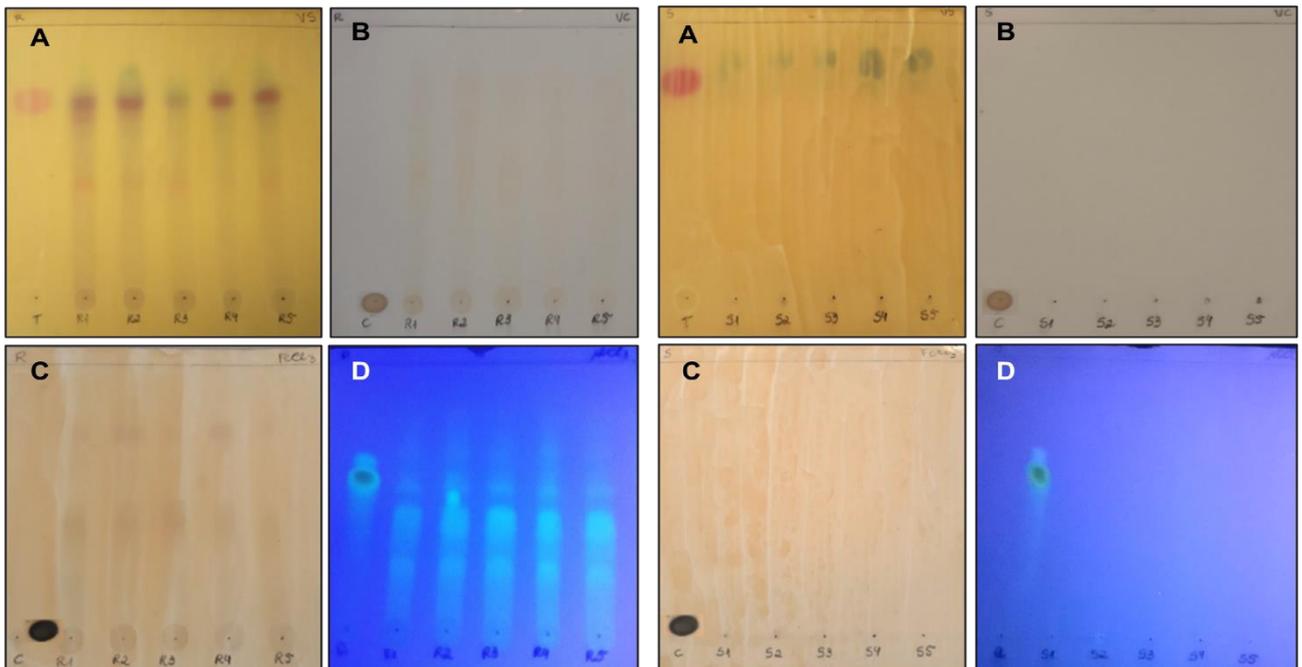
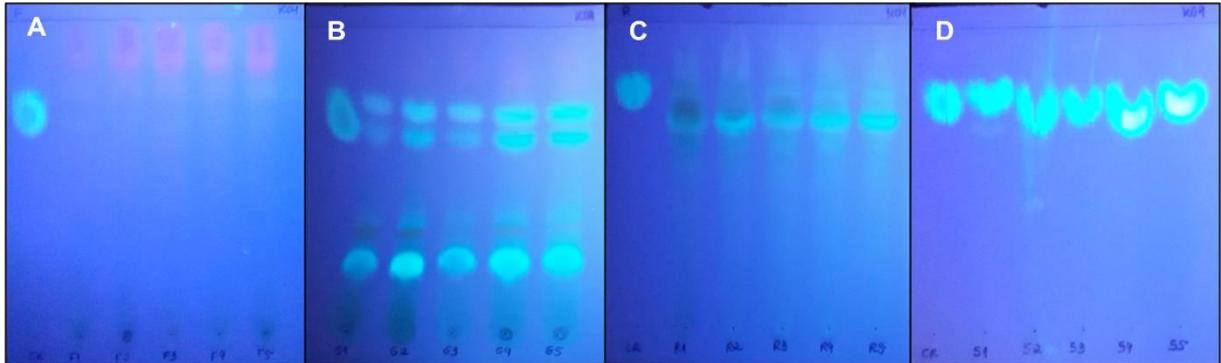


Figura 7 – Caracterização fitoquímica dos extratos de *Dipteryx punctata*. Placas de CCD eluídas em acetato de etila: hexano (70:30) e reveladas com hidróxido de potássio a 1%. **A.** Extratos das folhas. **B.** Extratos dos galhos. **C.** Extratos dos resíduos. **D.** Extratos das sementes. **Padrão:** CR = cumarina (1,2-benzopirona) e **Locais:** 1 = área 1; 2 = área 2; 3 = área 3; 4 = área 4 e 5 = área 5.



Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.

4.3.3 Determinação de fenólicos e flavonoides totais

Os resultados obtidos nos testes de determinação de fenólicos e flavonoides confirmaram os obtidos na CCD. Os compostos fenólicos foram evidenciados em todos os extratos (Figura 8), sendo que os extratos das folhas e galhos obtiveram maior quantidade por miligrama de amostra (Tabela 13). Foi confirmada a presença da classe de flavonoides nos extratos das folhas, galhos e resíduos (Figura 9), sendo que para as folhas obteve-se $115,40 \pm 3,41$ mg EAG g^{-1} de amostra (Tabela 13).

O aumento do interesse nos compostos fenólicos e flavonoides presentes em extratos de plantas deve-se à capacidade destas substâncias em sequestrar radicais livres, que são prejudiciais à saúde humana (ALVES et al., 2007; NEVES; ALENCAR; CARPES, 2008). A ação dos antioxidantes quando incorporados na alimentação humana, perpassa não apenas pela conservação da qualidade do alimento, mas também reduzem o risco de desenvolvimento de patologias, como aterosclerose, disfunção cerebral e câncer (SOUSA et al., 2007).

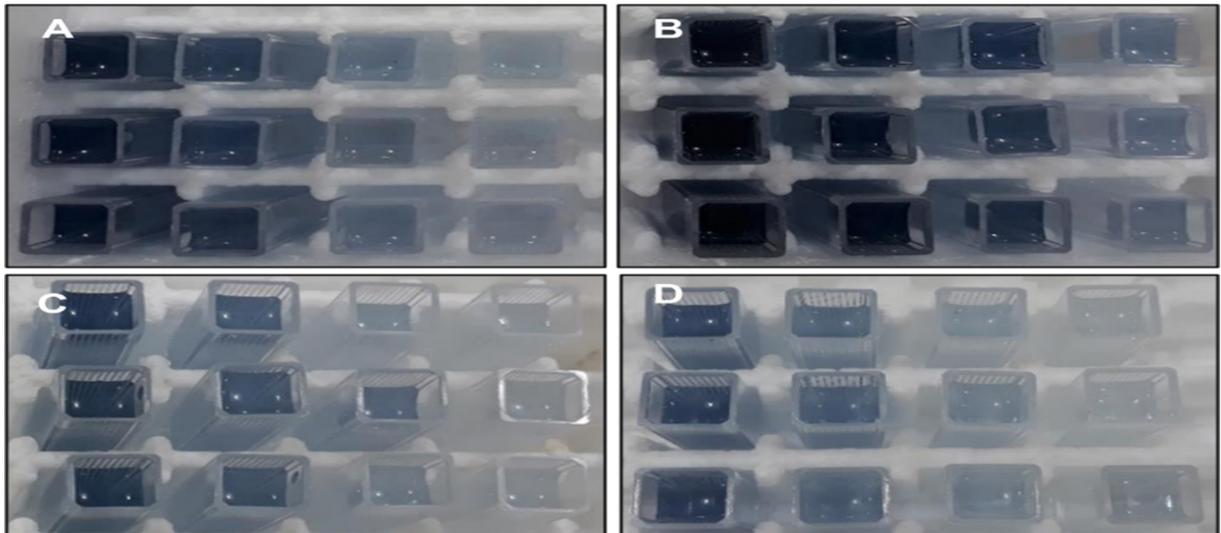
Em estudo com os extratos da polpa + casca (resíduos) de *Dipteryx alata* por Cromatografia Líquida de Ultra-Alta Eficiência em tandem Espectrometria de Massas (CLAE-EM/EM) foram quantificados pela primeira vez dezoito compostos fenólicos, sendo predominantes a luteolina e o ácido trans-cinâmico. Esses resultados indicam que esse material vegetal pode ser explorado como fonte natural de compostos fenólicos com propriedades antioxidantes e citotóxicas promissoras (BARIZÃO et al., 2021).

Tabela 13 – Análise dos compostos fenólicos e flavonoides totais dos extratos etanólicos de *Dipteryx punctata*.

Partes da Planta	Fenólicos Totais	Flavonoides Totais
	mg EAG g ⁻¹ amostra ± Desvio Padrão	mg ER g ⁻¹ amostra ± Desvio Padrão
Folhas	51,76 ± 0,16	115,40 ± 3,41
Galhos	48,45 ± 0,50	69,71 ± 0,51
Resíduos	39,97 ± 1,75	71,86 ± 3,79
Sementes	25,07 ± 0,20	Não detectado

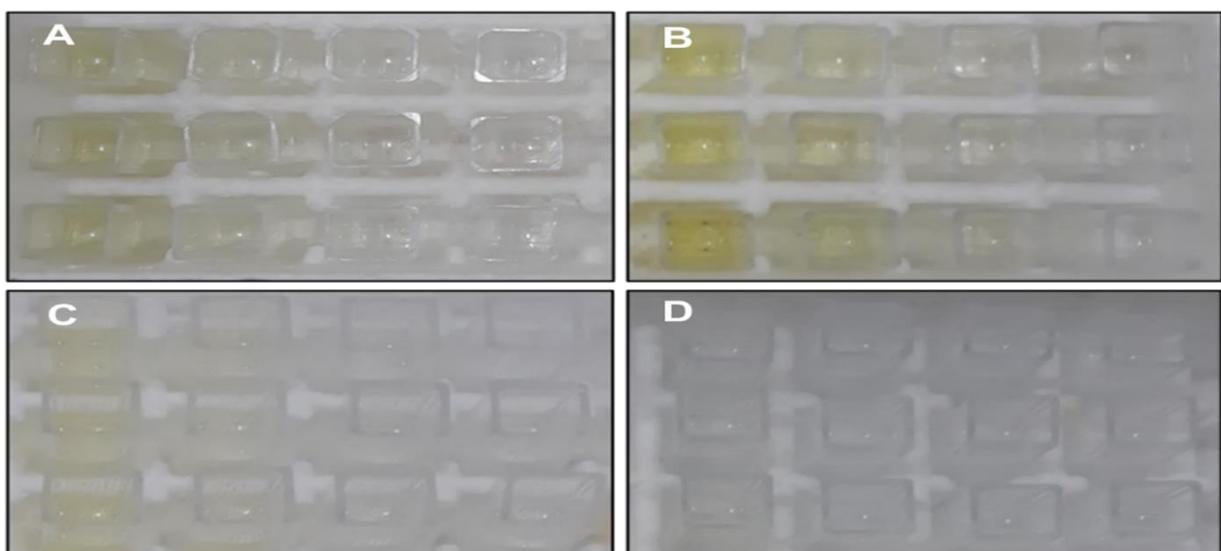
Nota: mg EAG g⁻¹ amostra = miligramas de equivalentes de ácido gálico por grama de amostra; mg ER g⁻¹ amostra = miligramas de equivalentes de rutina por grama de amostra. **Fonte:** SOUSA, B. C. M., 2022.

Figura 8 – Teste de fenólicos totais dos extratos de *Dipteryx punctata*. **A.** Extrato das folhas. **B.** Extrato dos galhos. **C.** Extrato dos resíduos. **D.** Extrato das sementes.



Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.

Figura 9 – Teste de flavonoides totais dos extratos de *Dipteryx punctata*. **A.** Extrato das folhas. **B.** Extrato dos galhos. **C.** Extrato dos resíduos. **D.** Extrato das sementes.



Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.

4.3.4 Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG-EM)

Nas análises dos extratos foram encontrados além do constituinte majoritário (maior porcentagem), compostos presentes no material vegetal obtido de todas as áreas de coleta, com porcentagens acima de 5% em pelo menos uma delas, sendo considerados marcadores para as partes da planta.

Nos extratos das folhas de *D. punctata* foram identificados 24 compostos, sendo marcadores nas folhas da espécie em estudo o lup-20(29)-en-3-ona, com maior porcentagem na área 1 (11%); na área 2, o γ -sitosterol (5,6%), éster etílico do ácido octadecanoico (éster etílico do ácido esteárico) (7,5%), (-)-espatulenol (9,2%), éster etílico do ácido (Z,Z,Z)-9,12,15-octadecatrienoico (éster etílico do ácido linolênico) (10,6%) e o éster etílico do ácido hexadecanoico (éster etílico do ácido palmítico) (11,8%) (Tabela 14).

Em relação aos ésteres de ácidos graxos encontrados nos extratos das folhas de *D. punctata*, é importante citar a sua presença em biodiesel de oleaginosas como soja, girassol, canola, palma e amendoim, sendo mais comuns os provenientes do ácido palmítico (hexadecanoico), ácido esteárico (octadecanoico), como o éster etílico do ácido octadecanoico (etil estearato, estearato de etila ou éster do ácido esteárico), ácido oleico (cis-9-octadecenoico), ácido linoleico (cis-9, cis-12-octadecadienoico) e ácido linolênico (cis, cis, cis-9,12,15-octadecatrienoico) (KNOTHE, 2008).

Na análise do extrato etanólico de *Moringa oleifera* foram detectados 13 compostos, dentre eles o fitol, o éster etílico do ácido linolênico e o éster etílico do ácido palmítico apresentam atividade antioxidante (FOLLOWO et al., 2017), e também estão presentes nos extratos das folhas de *D. punctata*.

O ácido n-hexadecanoico (ácido palmítico) e o fitol também foram indicados como marcadores nos extratos das folhas de *D. punctata*, sendo as maiores porcentagens obtidas na área 3 (5,1% e 11,1%, respectivamente) (Tabela 14). O ácido palmítico é um ácido graxo natural, encontrado em vários óleos como o de azeite e, é rico em vitamina A, sendo utilizado na indústria de alimentos como suplemento dietético e agente em produtos lácteos (BATISTA; COSTA; SANTA'ANA, 2007). O fitol é um dos precursores para a síntese de diferentes lipídios do cloroplasto, podendo ocorrer sua conversão em ésteres fitílicos de ácidos graxos (FAPEs), que se acumulam nos plastoglóbulos dos cloroplastos durante o estresse (ISCHEBECK et al., 2006; GAUDE et al., 2007).

O lupeol apresentou-se como majoritário em todas as áreas, sendo mais elevado no material coletado nas áreas 4 e 5, com 27% e 34,4%, respectivamente (Tabela 14). Outras substâncias com porcentagens abaixo de 5% identificadas nas folhas de *D. punctata* em todas as áreas foram: neofitadieno, estigmasterol e o 4,4,6a,6b,8a,11,11,14b-octametil-1,4,4a,5,6,6a,6b,7,8,8a,9,10,11,12,12a,14,14a,14b-octadecahidro-2H-picen-3-ona.

Os triterpenos como a lup-20(29)-en-3-ona (lupenona) e o lupeol pertencem aos triterpenoides do tipo lupano, e encontram-se presentes em plantas das famílias Asteraceae, Balanophoraceae, Cactaceae, Iridaceae, Musaceae, Urticaceae, Leguminosae, Bombacaceae etc. Farmacologicamente a lupenona destaca-se em atividades anti-inflamatória, antiviral, anticancerígena e como atenuadora da doença de Chagas (XU et al., 2018). O lupeol também apresenta atividade anti-inflamatória (MENDES; LEONARDO, 2004), anti-artrite (MAGALHÃES et al., 2008) e anti-leishmania (CARDOSO-LOPES et al., 2009).

O neofitadieno pertence à classe dos terpenos e é um diterpeno fundamental na biossíntese do fitol e clorofila (DE FELICIO et al., 2009). Este composto tem indicativo de apresentar ação antimicrobiana sobre o fungo *Aspergillus niger*, às bactérias *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* (PLAZA et al., 2008) e aos fungos fitopatogênicos *Cladosporium cladosporioides* e *Cladosporium sphaerospermum* (DE FELICIO et al., 2009).

Tabela 14 – Compostos químicos identificados nos extratos etanólicos das folhas de *Dipteryx punctata*, nas cinco áreas de coleta do município de Mojuí dos Campos, Amazônia Oriental, Brasil.

EXTRATO DAS FOLHAS				Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
Nº	TRi	TRf	COMPOSTOS	ARP %				
01	22.469	22.479	2-Metoxi-4-vinilfenol	2,5	-	1,7	-	3,0
02	32.883	33.222	(-)-Espatuleno	4,6	9,2	3,0	3,0	2,4
03	32.955	33.120	3-(2-hidroxifenil) propanoato de etila	-	-	1,8	-	-
04	39.155	39.350	(E)-4-(3-Hidroxiprop-1-en-1-il)-2-metoxifenol	-	-	-	-	2,1
05	42.660	42.674	Neofitadieno	2,6	4,0	3,3	4,3	3,2
06	43.620	43.654	(3S,3aS,6R,7R,9aS)-1,1,7-Trimetildecahidro-3a,7-metanociclopenta[8]anuleno-3,6-diol	2,1	-	1,9	2,9	2,1
07	46.774	47.036	Ácido n-hexadecanoico (ácido palmítico)	4,7	4,0	5,1	4,8	3,5
08	47.715	47.746	Éster etílico do ácido hexadecanoico (éster etílico do ácido palmítico)	3,8	11,8	4,6	4,6	3,6
09	49.450	52.706	Ácido (Z,Z)-9,12-octadecadienoico (ácido linoleico)	3,0	5,2	-	-	-
10	51.294	51.378	Fitol	8,0	9,8	11,1	10,2	9,0
11	52.249	52.371	Ácido (Z,Z,Z)-9,12,15-octadecatrienoico (ácido linolênico)	3,5	-	4,9	5,0	3,8
12	52.720	52.742	Éster etílico do ácido (Z,Z)-9,12-octadecadienoico (éster etílico do ácido linoleico)	2,5	-	2,3	2,4	2,1
13	52.895	52.954	Éster etílico do ácido (Z,Z,Z)-9,12,15-octadecatrienoico (éster etílico do ácido linolênico)	7,4	10,6	9,2	7,2	7,5
14	53.714	53.746	Éster etílico do ácido octadecanoico (éster etílico do ácido esteárico)	3,2	7,5	3,3	3,3	2,7
15	54.575	54.825	(E)-3-Metil-5 - ((1R, 4aR, 8aR) -5,5,8a-trimetil-2-metilenodecahidronaftalen-1-il) pent-2-en-1-ol (copalol)	-	-	2,5	-	-
16	63.081	63.107	Bis(2-etilhexil)ftalato	2,2	-	2,4	2,2	1,7
17	67.805	67.995	Éster bis(2-etilhexil) do ácido 1,4-benzenodicarboxílico	-	-	1,4	-	1,6
18	72.357	75.751	δ-Tocoferol	-	-	1,5	-	2,0
19	78.699	78.762	Estigmasterol	3,3	4,5	3,1	3,7	3,4
20	80.051	80.145	γ-Sitosterol	4,9	5,6	4,8	5,5	4,4
21	80.669	80.737	4,4,6a,6b,8a,11,11,14b-Octametil-1,4,4a,5,6,6a,6b,7,8,8a,9,10,11,12,12a,14, 14a,14b-octadecahidro-2H-picen-3-ona	3,4	4,2	2,7	3,3	2,1
22	81.275	81.416	Lup-20(29)-en-3-ona	11,0	7,8	6,4	8,5	5,0
23	81.872	82.148	Lupeol	24,6	15,9	22,8	27,0	34,4
24	83.712	83.716	Estigmast-4-en-3-ona	2,6	-	-	2,4	-
Total %				100	100	100	100	100

Nota: Tri e TRf = Intervalo do Tempo de Retenção dos compostos obtidos nas áreas de coleta; ARP % = Área do pico dos compostos em porcentagem; Apêndice I ao M = Cromatogramas dos extratos das folhas nas cinco áreas de coleta. **Fonte:** SOUSA, B. C. M., 2022.

Para os extratos etanólicos dos galhos de *D. punctata*, as análises identificaram 16 compostos, dentre os quais apresentam-se como marcadores, a hidrocumarina e o lupeol. O lupeol foi identificado como majoritário no material vegetal coletado nas áreas 1, 4 e 5, e com porcentagens acima de 5% nas demais áreas de coleta (Tabela 15).

A classe das cumarinas a qual pertence a hidrocumarina (3,4-dihidro-2H-1-benzopirano-2-ona ou 3,4-dihidrocumarina) foi detectada por CCD nos extratos dos galhos, e assim como a cumarina simples (1,2-benzopirona), este composto é empregado em condimentos, bebidas, gelatinas, pudins, perfumes e cosméticos (COWAN, 1999).

Somente no material vegetal coletado na área 1 foi detectado o ácido (Z)-9-octadecenoico (ácido oleico) (6,8%). Outros compostos presentes no extrato dos galhos coletados nesta e nas outras áreas de coleta foram, o (-)-espatulenol, 4-O-metilmanose, ácido n-hexadecanoico, bis(2-etilhexil)ftalato, estigmasterol, γ -sitosterol e lup-20(29)-en-3-ona (Tabela 15). Com exceção da 4-O-metilmanose, estes compostos também foram identificados nos extratos das folhas de *D. punctata*.

O estigmasterol e o γ -sitosterol são fitosteróis particularmente abundantes no reino vegetal presentes em frutas, sementes, folhas e talos (MAGUIRE et al., 2004; PIMENTEL; FRANCKI; GOLLÜCKE, 2005). Os fitosteróis são estruturalmente semelhantes ao colesterol, no entanto, auxiliam na diminuição da absorção deste, possuindo assim, propriedades anti-inflamatórias, antitumorais (MAGUIRE et al., 2004), além de prevenir e auxiliar no tratamento de doenças cardiovasculares (PIMENTEL; FRANCKI; GOLLÜCKE, 2005; BRUFAU; CANELA; RAFECAS, 2008).

A 4-O-metilmanose apresentou-se como constituinte majoritário no extrato dos galhos coletados na área 2 (85,5%), e na área 3 (25,4%) (Tabela 15). Este composto pertence à classe das mananas (polímero de hexoses), que constitui a hemicelulose (OGEDA; PETRI, 2010). A hemicelulose é um heteropolissacarídeo comum na natureza, parte da composição química da madeira, capaz de realizar ligações covalentes com moléculas de lignina e ligações de hidrogênio com moléculas de celulose, constituindo o complexo lignocelulósico e promovendo sua estabilidade e flexibilidade (KESHWANI, 2010).

Para a área 3, todos os constituintes do extrato dos galhos apresentaram porcentagens acima de 5%, sendo encontrados nessa área os maiores valores para a hidrocumarina (16,8%), (-)-espatulenol (16,9%) e bis(2-etilhexil)ftalato (16,9%) (Tabela 15).

Nas áreas 4 e 5, além dos compostos em comum presentes nos extratos dos galhos encontrados em todas as áreas de coleta, verificou-se a presença do (Z)-9-octadecenal (área 4 com 5,4% e área 5 com 5,1%) e do ácido octadecanoico (ácido esteárico) (área 4 com 5,3% e área 5 com 5,2%) (Tabela 15).

Tabela 15 – Compostos químicos identificados nos extratos etanólicos dos galhos de *Dipteryx punctata*, nas cinco áreas de coleta do município de Mojuí dos Campos, Amazônia Oriental, Brasil.

EXTRATO DOS GALHOS				Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
Nº	TRi	TRf	COMPOSTOS	ARP %				
01	25.049	25.400	Hidrocurmarina	7,2	1,1	16,8	7,3	9,3
02	33.163	33.191	(-)-Espatulenol	8,3	-	16,9	4,5	3,4
03	39.062	46.195	4-O-Metilmanose	18,1	85,5	25,4	4,2	-
04	46.788	47.036	Ácido n-hexadecanoico (ácido palmítico)	8,9	1,3	-	9,0	9,5
05	47.630	47.870	Éster etílico do ácido hexadecanoico (éster etílico do ácido palmítico)	-	-	-	-	4,0
06	51.961	52.111	Ácido (Z,Z)-9,12-octadecadienoico (ácido linoleico)	-	1,0	-	4,5	4,5
07	52.020	52.470	Ácido (Z)-9-octadecenoico (ácido oleico)	6,8	-	-	-	-
08	52.149	52.283	(Z)-9-octadecenal	-	-	-	5,4	5,1
09	52.630	52.870	Éster etílico do ácido (Z,Z)-9,12-octadecadienoico (éster etílico do ácido linoleico)	-	-	-	-	3,0
10	52.875	52.986	Ácido octadecanoico (ácido esteárico)	-	-	-	5,3	5,2
11	63.076	63.121	Bis(2-etilhexil)ftalato	7,4	-	16,9	6,4	6,9
12	67.800	68.000	Éster bis(2-etilhexil) do ácido 1,4-benzenodicarboxílico	-	-	-	-	3,4
13	78.695	78.752	Estigmasterol	7,1	1,4	-	5,4	4,8
14	80.051	80.130	γ-Sitosterol	8,4	1,6	-	6,9	7,1
15	81.287	81.353	Lup-20(29)-en-3-ona	8,9	2,3	-	7,3	4,7
16	81.889	82.079	Lupeol	18,9	6,0	23,9	33,9	29,1
Total %				100	100	100	100	100

Nota: Tri e TRf = Intervalo do Tempo de Retenção dos compostos obtidos nas áreas de coleta; ARP % = Área do pico dos compostos em porcentagem; Apêndice N ao R = Cromatogramas dos extratos dos galhos nas cinco áreas de coleta. **Fonte:** SOUSA, B. C. M., 2022.

Nas análises dos extratos dos resíduos de *D. punctata* por CG-EM foram identificadas 31 substâncias químicas diferentes. Dos 14 compostos analisados na área 1, foram encontrados, por exemplo, o ácido n-hexadecanoico (5,1%), éster 2-hidroxi-1-(hidroximetil) etílico do ácido hexadecanoico (5,5%), (S)-isopropil lactato (6,5%), 2,3-butanediol (7,3%) e, o éster (E,E,E)-1,2,3-propanotriil do ácido 9-octadecenoico (15,8%), sendo este último, o composto majoritário dessa área, e das áreas 2, com porcentagem de 16%, e área 4, com 10,6% (Tabela 16).

A presença de 2,3-butanediol nos resíduos dos frutos de *D. punctata* coletados nas áreas 1, 2 e 4 é promissora no contexto de biorrefinarias, tendo em vista o uso de biomassa vegetal como substratos importantes para produção desse composto em caldos fermentativos. Essa substância possui amplas aplicações, sendo de extrema utilidade nas indústrias de alimentos, química e farmacêutica devido às suas propriedades físico-químicas (ASSIS; MARISUTTI; ROSSI, 2021).

Nas áreas 1, 2 e 4, além do constituinte majoritário em comum, o (-)-espatulenol foi destaque, e este sesquiterpeno já foi isolado de extrato hexânico de

cascas dos frutos de *Dipteryx lacunifera*, juntamente com o sesquiterpeno β -farneseno e o diterpeno furanocassano, ácido vinhaticóico. O espatulenol e β -farneseno também foram identificados no óleo extraído dos resíduos de *D. lacunifera* via Clevenger, com porcentagens de 13,3% e 27,8%, respectivamente (VIEIRA JÚNIOR et al., 2007). O espatulenol já foi relatado no óleo essencial extraído das flores de *Dipteryx odorata*, sendo ricas também em germacreno D (ANDRADE et al., 2003).

Os ácidos graxos também apresentaram porcentagens acima de 5%, nos extratos dos resíduos de *D. punctata* nas áreas de coleta. O etil oleato foi detectado com porcentagem de 9,9% na área 1, 8,5% na área 2 e de 6,4% na área 4 (Tabela 16). O etil oleato ou oleato de etila é um éster que surge da esterificação do ácido oleico com solvente alcoólico, possuindo aplicações tanto na indústria de alimentos, cosméticos e aromas, quanto na indústria farmacêutica (NETA et al., 2012; PAULA, 2019).

Os constituintes encontrados nos resíduos coletados em todas as áreas de estudo foram a hidrocumarina, a cumarina e o ácido cis-vacênico, conferindo a esses compostos características de marcadores para os extratos dos resíduos de *D. punctata*. A hidrocumarina apresentou maior porcentagem nas áreas 2 (7,7%) e 4 (8,5%) e, a cumarina e o ácido cis-vacênico nas áreas 1, 2 e 4, com porcentagens de 8,2%, 7,2% e 9% para a cumarina, e de 14,6%, 13,9% e 10% para o ácido cis-vacênico, respectivamente (Tabela 16).

O ácido cis-vacênico é um ácido graxo insaturado de ocorrência natural que possui dupla ligação na configuração *cis*. Os ácidos graxos e seus derivados, de maneira geral, são produtos oleoquímicos importantes tanto para aplicações técnicas como para a nutrição, como os óleos e gorduras naturais (MEDEIROS, 2013). Nas cascas dos frutos de *D. odorata* também foram identificadas cumarinas, lupeol, β -farneseno, betulina e ésteres metílicos de ácidos graxos (NAKATO; SUAREZ, 1970; HAYASHI; THOMSON, 1974; NAKATO et al., 1979).

Para os resíduos coletados nas áreas 3 e 5, a maioria dos constituintes identificados nos extratos apresentaram porcentagens abaixo de 5%, com exceção do éster (E,E,E)-1,2,3-propanotriil do ácido 9-octadecenoico (8,5%) na área 3, e da 4-O-metilmanose que foi o constituinte majoritário dessas áreas, com 81,7% (área 3) e 90,6% (área 5) (Tabela 16); composto também identificado nos galhos de *D. punctata*.

Tabela 16 – Compostos químicos identificados nos extratos etanólicos dos resíduos de *Dipteryx punctata*, nas cinco áreas de coleta do município de Mojuí dos Campos, Amazônia Oriental, Brasil.

EXTRATO DOS RESÍDUOS				Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
Nº	TRi	TRf	COMPOSTOS	ARP %				
01	3.394	3.684	Éster metílico do ácido 2-propenoico	-	-	0,4	-	0,3
02	3.466	3.794	2,3-Butanediol	7,3	5,0	-	8,0	-
03	3.505	3.720	(S)-Isopropil lactato	6,5	-	-	-	-
04	3.559	3.834	2,3-Pentanodiona	-	-	0,3	-	0,2
05	3.794	4.053	Éster metílico do ácido pirúvico	-	-	1,3	-	0,8
06	4.134	4.194	Furfural	-	-	0,7	4,8	1,1
07	4.270	4.360	1,2-Diacetilhidrazina	-	-	0,3	-	-
08	4.847	5.138	2-Furanometanol	3,9	-	0,5	4,8	0,5
09	5.420	5.487	4-Ciclopenteno-1,3-diona	-	-	0,4	-	0,3
10	6.816	6.987	1,2-Ciclopentanodiona	-	-	0,4	-	0,4
11	7.773	7.833	5-metil-2-Furanocarboxaldeído	-	-	0,3	-	0,2
12	8.348	8.512	2,4-dihidroxi-2,5-dimetil-3(2H)-furan-3-ona	-	-	0,3	-	0,2
13	15.906	15.952	2,3-dihidro-Benzofurano	-	-	0,3	-	0,4
14	20.656	20.756	Éster hidroxidi-tilíco (+/-) do ácido butanodioico	-	3,7	-	4,0	-
15	21.260	22.220	5-Hidroximetilfurfural	-	-	-	-	0,9
16	25.437	25.739	Hidrocurmarina	4,6	7,7	1,0	8,5	1,8
17	27.697	28.093	Cumarina	8,2	7,2	1,0	9,0	1,7
18	33.086	33.163	Éster 2-hidroxietil do ácido benzenopropanoico	-	4,6	-	4,5	0,2
19	33.247	33.340	(-)-Espatulenol	7,7	8,2	0,3	10,3	-
20	39.080	39.350	1-((1S,3aR,4R,7S,7aS)-4-Hidroxi-7-isopropil-4-metiloctahidro-1H-inden-1-il)etanona	-	-	-	3,4	-
21	43.176	43.220	(-)-Globulol	3,3	4,6	-	4,7	-
22	46.995	47.056	Ácido n-hexadecanoico (ácido palmítico)	5,1	5,2	-	4,2	-
23	47.744	47.781	Éster etílico do ácido hexadecanoico (éster etílico do ácido palmítico)	3,9	3,9	-	3,5	-
24	52.235	52.695	Ácido (Z)-11-octadecenoico (ácido cis-vacênico)	14,6	13,9	2,2	10,0	0,2
25	52.941	53.067	Éster etílico do ácido (Z)-9-octadecenoico (etil oleato)	9,9	8,5	-	6,4	-
26	54.714	54.721	Copalol	-	3,8	-	3,3	-
27	61.444	63.199	4-O-Metilmanose	-	-	81,7	-	90,6
28	62.095	62.575	Éster 2-hidroxi-1-(hidroximetil) etílico do ácido hexadecanoico (ácido palmítico beta-monoglicerideo)	5,5	-	-	-	-
29	66.710	66.906	Éster (E,E,E)-1,2,3-propanotriil do ácido 9-octadecenoico	15,8	16,0	8,5	10,6	-
30	79.980	80.440	γ-Sitosterol	-	4,1	-	-	-
31	81.977	82.005	Lupeol	3,7	3,7	-	-	-
Total %				100	100	100	100	100

Nota: Tri e TRf = Intervalo do Tempo de Retenção dos compostos obtidos nas áreas de coleta; ARP % = Área do pico dos compostos em porcentagem; Apêndice S ao W = Cromatogramas dos extratos dos resíduos nas cinco áreas de coleta. **Fonte:** SOUSA, B. C. M., 2022.

Nos extratos das sementes de *D. punctata* foram identificados 23 compostos, sendo 20 constituintes encontrados na área 1, destacando o ácido oleico como constituinte majoritário (32,5%), e quatro substâncias com porcentagens acima de 5%, a cumarina (5,4%); ácido n-hexadecanoico (6,1%); ácido cis-vacênico (8,5%); éster 2,3-dihidroxipropil do ácido (Z)-9-octadecenoico (11%). Em geral, espécies do gênero *Dipteryx* apresentam em sua composição química a cumarina. Nas sementes obtidas das plantas de cumaru coletadas nas áreas 2, 3, 4 e 5, este composto foi majoritário, com porcentagens acima de 90% (Tabela 17).

No óleo extraído das sementes de *D. odorata*, foram obtidos o ácido oleico e ácido palmítico, com 53% e 13% do total relativo da mistura, além do ácido linoleico, esteárico e vacênico (8%, 7% e 2%, respectivamente) (DIAS, 2019). *D. odorata* é a espécie mais conhecida na Amazônia, sendo importante na indústria de cosméticos e perfumaria para extração da cumarina, além de suas sementes serem comercializadas para distúrbios vasculares e linfáticos (BESSA; MENDONÇA; ARAÚJO, 2001), como principal ingrediente ativo em extratos de origem etanólica, para uso em atenuantes e/ou alívio de doenças (OLIVEROS-BASTIDAS et al., 2011).

Outros métodos foram utilizados para extrair e quantificar a cumarina em sementes de *D. odorata*, como de infusão, maceração e maceração ultrassônica, sendo o último o mais eficiente para uma mistura de etanol:água (1:1; v/v) como solvente, durante 2 h, em temperatura de laboratório, resultando em 2,05% do peso das sementes composto pela cumarina (OLIVEROS-BASTIDAS et al., 2011).

A maceração ultrassônica também foi utilizada para solventes como hexano, diclorometano, acetato de etila e etanol:água (1:1; v/v), obtendo altos teores de ácidos graxos na fração hexânica das sementes de *D. odorata*, com média de 27,4% do peso seco, e derivados de ácido carboxílico e açúcar monomérico na fração etanol:água, sendo 50% desta fração composta pela 6,7-dihidroxycumarina- β -D-Glucopiranosídeo (esculina) e alta concentração de cumarina (OLIVEROS-BASTIDAS; DEMUNER; BARBOSA, 2013).

Em *Dipteryx lacunifera* (fava de morcego), foram identificados no óleo fixo das amêndoas como componente majoritário, o ácido oleico com $75,82 \pm 4,310\%$ (VIEIRA JÚNIOR et al., 2007) e $64,71 \pm 1,35\%$ (ARAÚJO; MOURA; CHAVES, 2010); os ácidos oleico (64,1%) e linoleico (14,1%) juntos contribuíram para cerca de 99,7% do total de ácidos graxos insaturados (QUEIROGA NETO et al., 2009). O ácido

oleico foi observado nos extratos das sementes de *D. punctata* nas áreas 1 e 5 (Tabela 17).

O perfil de ácidos graxos obtidos nas extrações do óleo das sementes da espécie *Dipteryx alata* (baru) por propano comprimido, CO₂ supercrítico (scCO₂) tendo álcool etílico como solvente e extração convencional (Soxhlet) utilizando álcool etílico e hexano, foi composto por ácido oleico (entre 50-54%), linoleico (23-25%), palmítico (cerca de 5%), esteárico (cerca de 5%) e araquidônico (cerca de 4%) (FETZER, 2018). Também por extração Soxhlet e tendo hexano como solvente, verificou-se que a maioria dos ácidos graxos insaturados foi oleico (46,50%) e linoleico (24,20%) (MARTINS et al., 2013).

Quando o óleo foi extraído das sementes de *D. alata* por prensagem hidráulica, os valores foram cerca de 50% de ácido oleico e uma proporção significativa de ácido linoleico (26-28%) (SIQUEIRA et al., 2016). Em estudo com o óleo de baru obtido por prensagem hidráulica e rosca contínua, e analisado por Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas em tandem (CG-EM), foram identificados um total de onze constituintes químicos, incluindo derivados de tocoferol, mono e sesquiterpenos, e esteróides, dentre eles o estigmasterol e o β -sitosterol, descritos pela primeira vez no óleo de baru (MARQUES et al., 2015). O estigmasterol também foi identificado no extrato das sementes de *D. punctata* na área 1 (Tabela 17).

O estudo do perfil fitoquímico contribuiu para redução da escassez de informações sobre essa espécie, e tendo em vista a utilização das sementes do gênero *Dipteryx* pela indústria alimentícia e o ácido oleico apesar de não essencial, exercer efeito neutro sobre a colesterolemia; o óleo torna-se uma opção potencial para compor dietas saudáveis (ALVES et al. 2016; SIQUEIRA et al., 2016), pois dietas ricas nesse ácido graxo aumentam o nível da fração de colesterol de lipoproteínas de alta densidade (HDL) e reduzem o nível da fração de colesterol de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), podendo auxiliar na redução da incidência de doenças cardíacas (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2010).

Tabela 17 – Compostos químicos identificados nos extratos etanólicos das sementes de *Dipteryx punctata*, nas cinco áreas de coleta do município de Mojuí dos Campos, Amazônia Oriental, Brasil.

EXTRATO DAS SEMENTES				Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
Nº	Tri	TRf	COMPOSTOS	ARP %				
01	3.785	3.980	O-metilhidroxilamina	-	1,0	-	-	-
02	6.104	6.106	1-Etil-1-metilciclopropano	-	-	0,7	2,6	-
03	25.300	25.760	Hidrocumarina	3,3	-	-	-	-
04	27.516	28.045	Cumarina	5,4	98,1	99,3	97,4	93,8
05	28.865	29.090	4-Aminopirido[3,2-c] piridazina	-	0,9	-	-	-
06	46.435	46.725	Ácido n-hexadecanoico (ácido palmítico)	6,1	-	-	-	-
07	47.485	48.335	Éster etílico do ácido hexadecanoico (éster etílico do ácido palmítico)	4,2	-	-	-	-
08	51.535	52.410	Ácido (Z)-11-octadecenoico (ácido cis-vacênico)	8,5	-	-	-	-
09	52.854	53.032	Ácido (Z)-9-octadecenoico (ácido oleico)	32,5	-	-	-	6,2
10	53.285	53.635	Ácido octadecanoico (ácido esteárico)	4,3	-	-	-	-
11	53.635	54.235	Éster etílico do ácido octadecanoico (éster etílico do ácido esteárico)	3,5	-	-	-	-
12	57.635	58.085	Ácido (Z)-13-eicosenoico (ácido cis-13-eicosenoico)	1,3	-	-	-	-
13	58.960	59.460	Éster etílico do ácido eicosanoico	1,3	-	-	-	-
14	61.935	62.635	Éster 2-hidroxi-1-(hidroximetil) etílico do ácido hexadecanoico (ácido palmítico beta-monoglicerideo)	1,4	-	-	-	-
15	62.635	63.260	Bis(2-etilhexil)ftalato	1,4	-	-	-	-
16	63.260	64.185	Ácido docosanoico	2,7	-	-	-	-
17	64.185	64.635	Éster etílico do ácido docosanoico	4,1	-	-	-	-
18	66.035	67.210	Éster 2,3-dihidroxipropil do ácido (Z)-9-octadecenoico	11,0	-	-	-	-
19	67.210	67.560	Éster 2,3-dihidroxipropil do ácido octadecanoico	1,0	-	-	-	-
20	68.335	68.860	Ácido tetracosanoico	1,0	-	-	-	-
21	68.860	69.385	Etil tetracosanoato	3,3	-	-	-	-
22	78.485	78.960	Estigmasterol	1,4	-	-	-	-
23	79.810	80.385	γ-Sitosterol	2,1	-	-	-	-
Total %				100	100	100	100	100

Nota: Tri e TRf = Intervalo do Tempo de Retenção dos compostos obtidos nas áreas de coleta; ARP % = Área do pico dos compostos em porcentagem; Apêndice X ao BB = Cromatogramas dos extratos das sementes nas cinco áreas de coleta. **Fonte:** SOUSA, B. C. M., 2022.

4.3.5 Atividade antioxidante dos extratos de *Dipteryx punctata* pela captura de radicais livres DPPH

Todas as amostras dos extratos de *D. punctata* apresentaram resultados expressivos quanto a neutralização dos radicais livres (Figura 10), pois quanto maior a concentração da amostra e menor a absorbância, maior o consumo de DPPH, e quanto maior esse consumo, maior é sua atividade antioxidante (ALVES et al., 2007).

Para o extrato das folhas e resíduos, a concentração de 500 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ foi responsável pelo índice de DPPH de 90% e 91%, respectivamente; já para os galhos, o índice foi de 87% e para as sementes de 81%, na maior concentração testada (3000 $\mu\text{g.mL}^{-1}$) (Gráfico 10).

A atividade antioxidante encontrada nos extratos pode estar relacionada com a presença de compostos fenólicos, uma vez que a correlação entre a quantidade de fenólicos totais (destacando-se os ácidos fenólicos, cumarinas, flavonoides e taninos) e a atividade antioxidante já foi relatada (SILVA; LIMA; CAVALCANTE, 2020), bem como substâncias com anel benzênico ligado a grupos hidroxilas nos compostos e, ligações duplas entre átomos de carbono, que fornecem maior estabilidade à molécula doadora de elétrons ou átomos de hidrogênio (CIESLA et al., 2016).

Com relação ao consumo de DPPH e da CI50 (concentração do extrato necessário para reduzir 50% do radical DPPH), em função do aumento das concentrações testadas, verificou-se que é necessário para o extrato das folhas uma concentração de 117,6 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ para reduzir o radical DPPH em 50% (Gráfico 10A). Para os galhos, o aumento na capacidade de captura do radical ocorreu na concentração de 698,5 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ (Gráfico 10B) e para os extratos dos resíduos e das sementes, nas concentrações de 160,4 e 1029,5 $\mu\text{g.mL}^{-1}$, respectivamente (Gráfico 10C e 10D).

Em estudo com extratos hexânico e etanólico das folhas de *D. alata*, verificou-se que a fração etanólica apresentou maior quantidade de compostos fenólicos (112,3 mg EAG. g^{-1}), e melhor ação antioxidante, tendo em vista que a quantidade necessária de extrato para decrescer a concentração inicial de DPPH em 50% foi de 52,9 $\mu\text{g.mL}^{-1}$, 169,1 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ e 181 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ para os extratos etanólico, hexânico e para o BHT (Butil-Hidroxi-Tolueno - antioxidante comercial), respectivamente (SILVÉRIO; CASTRO; MIRANDA, 2013). O extrato das folhas e resíduos de *D.*

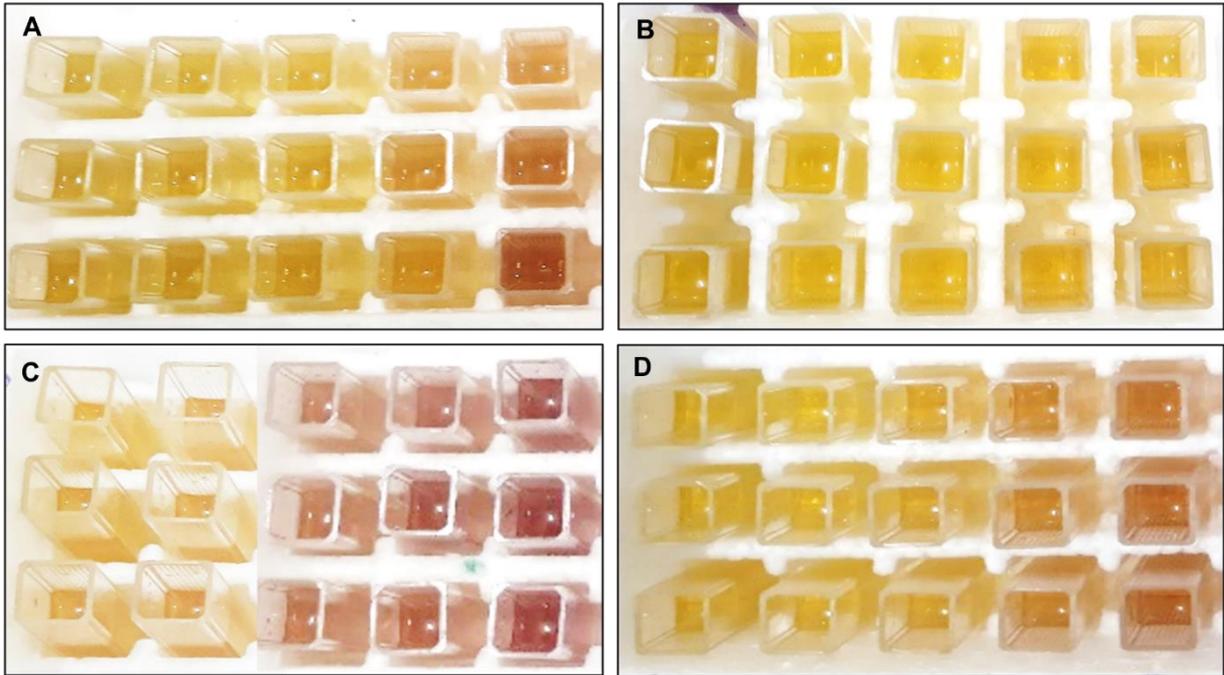
punctata apresentaram CI50 inferiores ao BHT, indicando a presença promissora de compostos com atividade antioxidante (Tabela 18).

Compostos fenólicos foram extraídos eficientemente dos resíduos de *D. alata* pela técnica de extração assistida por ultrassom (EAU), utilizando misturas de solvente orgânico-água, apresentando resultados significativos quanto à ação antioxidante; o extrato metanol aquoso (80%, v/v) apresentou a maior atividade antioxidante, $6,70 \pm 0,23 \mu\text{mol ET g}^{-1}$, seguido do extrato etanol aquoso (80%, v/v) com um valor de $5,86 \pm 0,10 \mu\text{mol ET g}^{-1}$ (micromoles de equivalentes de Trolox por grama de amostra liofilizada) (BARIZÃO et al., 2021).

Diferentes classes de compostos e características químicas (presença ou ausência de hidroxilas e ligações duplas), como encontradas nesse estudo, fazem com que a eliminação dos radicais livres ocorra de forma mais lenta ou mais rápida (WOJTUNIK; CIESLA; WAKSMUNDZKA-HAJNOS, 2014).

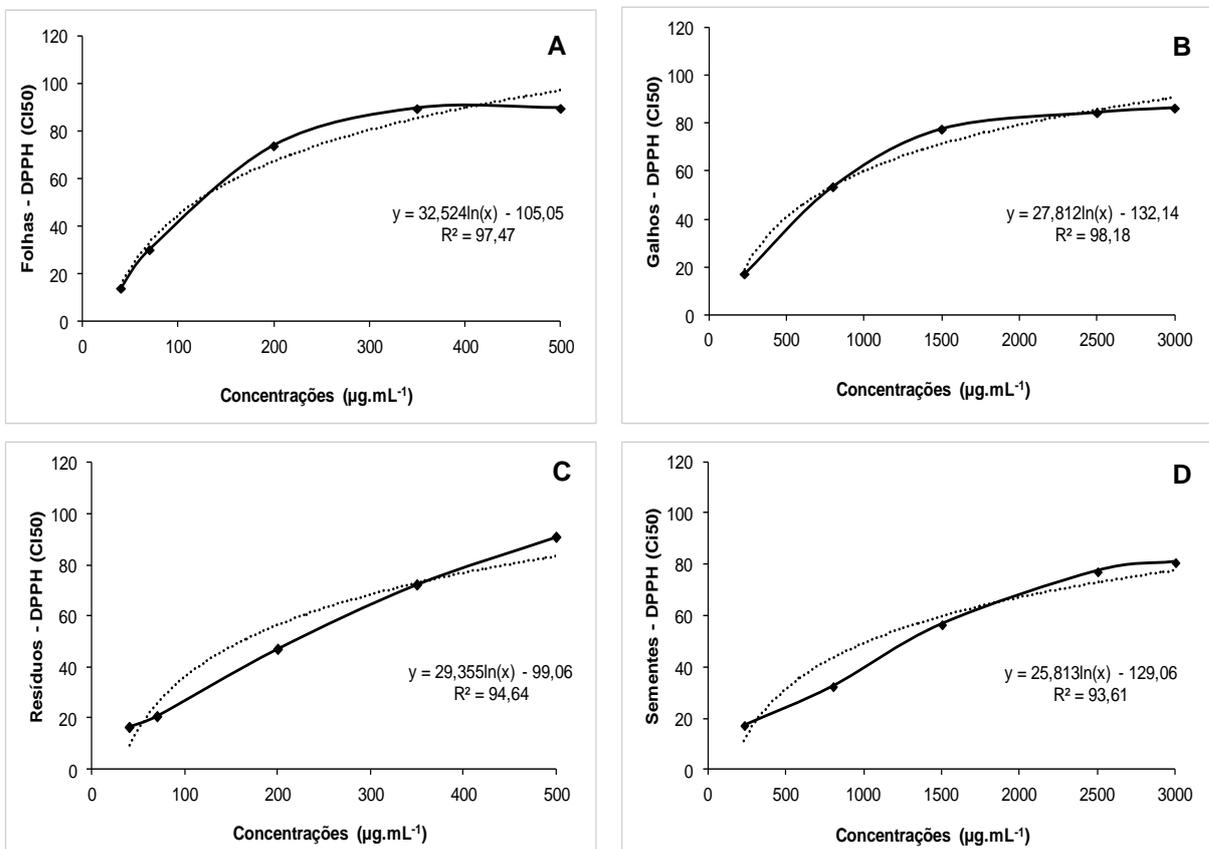
Nesse sentido, as classes químicas e compostos identificados corroboraram com a atividade antioxidante avaliada, apresentando o potencial dos extratos quanto ao isolamento e identificação das substâncias responsáveis pela ação e ensaios biológicos mais complexos. Os dados obtidos também agregam valor a espécie e seu cultivo na agricultura familiar, sendo uma alternativa viável para a melhoria da qualidade de vida e renda do agricultor, e o uso dos resíduos dos frutos enfatizam a importância do reaproveitamento de um subproduto quimicamente rico até então descartado no ambiente.

Figura 10 – Atividade antioxidante dos extratos de *Dipteryx punctata* em função das cinco maiores concentrações testadas em cada parte da planta. **A.** Extrato das folhas. **B.** Extrato dos galhos. **C.** Extrato dos resíduos. **D.** Extrato das sementes.



Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.

Gráfico 10 – Consumo de DPPH em função do aumento das concentrações dos extratos etanólicos de *Dipteryx punctata*. **A.** Extrato das folhas. **B.** Extrato dos galhos. **C.** Extrato dos resíduos. **D.** Extrato das sementes.



Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.

Tabela 18 – Análise da atividade antioxidante dos extratos etanólicos de *Dipteryx punctata* pelo método de captura de radicais livres DPPH.

DPPH				
Dados	Folhas	Galhos	Resíduos	Sementes
Fórmula	$Y = 32,524 \ln(x) - 105,05$	$Y = 27,812 \ln(x) - 132,14$	$Y = 29,355 \ln(x) - 99,06$	$Y = 25,813 \ln(x) - 129,06$
R ²	97,47	98,18	94,64	93,61
CV%	4,43	1,17	3,84	3,70
CI50 (µg.mL ⁻¹)	117,6	698,5	160,4	1029,5

Nota: R² = coeficiente de determinação; CV = coeficiente de variação; CI50 = concentração do extrato necessário para reduzir 50% do radical DPPH. **Fonte:** SOUSA, B. C. M., 2022.

4.4 Conclusão

Os maiores rendimentos dos extratos foram obtidos dos frutos de *D. punctata*, e os plantios com menor número de indivíduos e maiores espaçamentos destacaram-se tendo em vista o crescimento e desenvolvimento das árvores pela disponibilidade de nutrientes, além do que essa característica também facilita o acesso para realização de atividades de manejo nas áreas.

As principais classes de compostos foram confirmadas por CCD e pela análise de compostos fenólicos e flavonoides nos extratos de *D. punctata*.

Os constituintes majoritários presentes nos diferentes extratos de *D. punctata* foram: lupeol (folhas), lupeol e 4-O-metilmanose (galhos), éster (E,E,E)-1,2,3-propanotriil do ácido 9-octadecenoico e 4-O-metilmanose (resíduos) e, ácido (Z)-9-octadecenoico e cumarina (sementes).

Os marcadores para as partes da planta foram o (-)-espatulenol, ácido n-hexadecanoico, éster etílico do ácido hexadecanoico, fitol, éster etílico do ácido (Z,Z,Z)-9,12,15-octadecatrienoico, éster etílico do ácido octadecanoico, γ -sitosterol lup-20(29)-en-3-ona e lupeol (folhas), lupeol e hidrocumarina (galhos), hidrocumarina, cumarina e ácido cis-vacênico (resíduos) e, cumarina (sementes).

Os extratos etanólicos de *D. punctata* foram promissores quanto ao índice de atividade antioxidante, especialmente os obtidos das folhas e resíduos dos frutos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, C. Q.; BRANDÃO, H. N.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P.; LIMA, L. S. Avaliação da atividade antioxidante de flavonoides. **Diálogos e ciência – Revista da rede ensino FTC**, v.5, n.12, p. 7-8, 2007.
- ALVES, A. M.; FERNANDES, D. C.; BORGES, J. F.; SOUSA, A. G. O.; NAVES, M. M. V. Oilseeds native to the Cerrado have fatty acid profile beneficial for cardiovascular health. **Revista de Nutrição**. v. 29, n. 6, p. 859-866, 2016.
- ANDRADE, E. H. A.; ZOGHBI, M. G. B.; CARREIRA, L. M. M.; MAIA, J. G. S. Volatile Constituents of the Flowers of *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. **The Journal of Essential Oil Research**, v. 15, p. 211-212, 2003.
- ARAÚJO, F. D. S.; MOURA, C. V. R.; CHAVES, M. H. Biodiesel metílico de *Dipteryx lacunifera*: preparação, caracterização e efeito de antioxidantes na estabilidade à oxidação. **Química Nova**, v. 33, n. 8, p. 1671-1676, 2010.
- ASSIS, I. Z.; MARISUTTI, E.; ROSSI, D. M. Produção biotecnológica de 2,3-butanodiol no contexto de Biorrefinaria. **Revista Ciência, Tecnologia e Ambiente**, v. 11, e11197, 2021.
- BARIZÃO, E. O.; BOEING, J. S.; ROTA, E. M.; VOLPATO, H.; NAKAMURA, C. V.; MALDANER, L.; VISENTAINER, J. V. Phenolic composition of *Dipteryx alata* Vogel pulp + peel and its antioxidante and citotoxic properties. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 32, n. 12, p. 2206-2214, 2021.
- BATISTA, E. S.; COSTA, A. G. V.; SANTA'ANA, H. M. P. Adição da vitamina e aos alimentos: implicações para os alimentos e para a saúde humana. **Revista de Nutrição**, v. 20, n. 5, 2007.
- BESSA, D. T. O.; MENDONÇA, M. S.; ARAÚJO, M. G. P. Morfoanatomia de sementes de *Dipteryx odorata* (Aubl) Will. (Fabaceae) como contribuição ao estudo farmacognóstico de plantas da região amazônica. **Acta Amazônica**, v. 31, n. 3, p. 357-365, 2001.
- BRUFAU, G.; CANELA, M. A.; RAFECAS, M. Phytosterols: physiologic and metabolic aspects related to cholesterol-lowering properties. **Nutrition Research**, v. 28, n. 1, p. 217-225, 2008.
- CÂNDIDO, A. C. da S. **Potencial alelopático da parte aérea de *Senna occidentalis* (L.) Link (Leguminosae, Caesalpinioideae)**: bioensaios em laboratório e casa de vegetação. 2007. 99 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2007.
- CARDOSO, M. G.; SHAN, A. Y. K. V.; PINTO, J. E. B. P.; DELÚ FILHO, N.; BERTOLUCCI, S. K. V. **Metabólitos secundários vegetais**: visão geral, química e medicinal. Lavras: Ed. UFLA, 2001. v. 1, 81 p.

CARDOSO-LOPES, E. M.; PAULA, D. M. B. D.; BARBO, F. E.; SOUZA, A. D.; BLATT, C. T. T.; TORRES, L. M. B. Chemical composition, acetylcholinesterase inhibitory and antifungal activities of *Pera glabrata* (Schott) Baill. (Euphorbiaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32, n. 4, p. 819-825, 2009.

CARVALHO, P. E. R. Cumaru-ferro *Dipteryx odorata*. **Comunicado técnico Embrapa**, n. 225, ISSN 1517-5030, 2009.

CARVALHO, C. S.; LIMA, H. C.; CARDOSO, D. B. O. S. *Dipteryx in Flora e Funga do Brasil*. 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB22952>. Acesso em: 07 abr. 2022.

CIESLA, L. M.; WOJTUNIK-KULESZA, K. A.; ONISZCZUK, A.; WAKSMUNDZKAHAJNOS, M. Antioxidant synergism and antagonism between selected monoterpenes using the 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 31, n. 6, p. 412-419, 2016.

CORRÊA, A. J. C. **Análise comparativa de atividades antimicrobiana e citotóxica de extratos brutos e frações do rizoma de *Alpinia zerumbet* (PERS.) B.L. BURTT. & R.M. SM. Com três cumarinas sintéticas**. 2014. Dissertação (Pós-graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2014.

COWAN, M. M. Plant Products as Antimicrobial Agents. **Clinical Microbiology Reviews**, v.12, n.4, p. 564-582, 1999.

DE FELICIO, R.; DE ALBUQUERQUE, S.; YOUNG, M. C. M.; YOKOYA, N. S.; DEBONSI, H. M. Atividade tripanocida, leishmanicida e antifúngica de metabólitos identificados na macroalga *Bostrychia tenella* (Rhodophyta) via CG-EM. **32º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química**, Fortaleza, CE, 2009.

DIAS, J. S. A. **Potencial antifúngico dos óleos fixos de *Copaifera* sp., *Carapa guianensis* Aubl. e *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. sobre *Aspergillus nomius* Kurtzman, Horn & Hesseltine e *Aspergillus fumigatus* Fresenius isolados de *Bertholletia excelsa* Humb. & Bompland e avaliação da toxicidade aguda em *Danio rerio***. 2019. 216 f. Tese (Pós-graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Macapá, Amapá, 2019.

DIONÍSIO, L. F. S.; ARAÚJO, H. X. D.; CORREIA, R. G.; MARTINS, W. B. R.; COSTA, J. S. D.; MACIEL, F. C. D. S. Influência do Primeiro Desbaste na Morfometria de *Tectona grandis* L. f. em Roraima. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 1, e00118214, 2018.

FERREIRA, D. F. **Software estatístico SISVAR versão 5.6**. CNPQ: Universidade Federal de Lavras, 2010.

FETZE, D. E. L. **Oil extraction from baru (*Dipteryx alata* Vogel) seeds using compressed solvents technology**. 2018. 70 f. Dissertação (Pós-graduação em

Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2018.

FOLOWO, A. B.; MUCHENJE, V.; HUGO, A.; AIYEGORO, O. A.; FAYEMI, P. O. Antioxidant activities of *Moringa oleifera* L. and *Bidens pilosa* L. leaf extracts and their effects on oxidative stability of ground raw beef during refrigeration storage. *CyTA, Journal of Food*, v. 15, n. 249, 2017.

GAUDE, N.; BRÉHÉLIN, C.; TISCHENDORF, G.; KESSLER, F.; DÖRMANN, P. Nitrogen deficiency in *Arabidopsis* affects galactolipid composition and gene expression and results in accumulation of fatty acid phytyl esters. *Plant Journal*, v. 49, p. 729-739, 2007.

HAYASHI, T.; THOMSON, R. H. Isoflavones from *Dipteryx odorata*. *Phytochemistry*, v. 13, p. 1943-1946, 1974.

HOULT, J. R.; PAYÁ, M. Pharmacological and biochemical actions of simple coumarins: natural products with therapeutic potential. *General Pharmacology*, v. 27, n. 4, p. 13-22, jun. 1996.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. 2022. Disponível em: <https://clima.inmet.gov.br/prec>. Acesso em: 18 ago. 2022.

ISCHEBECK, T.; ZBIERZAK, A. M.; KANWISCHER, M.; DÖRMANN, P. A salvage pathway for phytol metabolism in *Arabidopsis*. *Journal of Biological Chemistry*, v. 281, p. 2470-2477, 2006.

KESHWANI, D. R. Biomass Chemistry. In: CHENG, J. (Ed.). **Biomass to Renewable Energy Processes**. 1. ed. CRC Press/Taylor & Francis, 2010. p. 7-40.

KIRSCHWENG, B.; TÁTRAALJAI, D.; FÖLDES, E.; PUKÁNSZKY, B. Natural antioxidants as stabilizers for polymers. *Polymer Degradation and Stability*, v. 145, 2017.

KLEIN, D. R.; HESS, A. F.; KREFTA, S. M.; VIEIRA FILHO, M. D. H.; CIARNOSCKI, L. D.; COSTA, E. A. Relações morfométricas para *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em Santa Catarina. *Floresta*, v. 47, n. 4, p. 501-512, 2017.

KNOTHE, G. "Designer" biodiesel: optimizing fatty ester composition to improve fuel properties. *Energy & Fuels*, v. 22, p. 1358-1364, 2008.

LIMA, J. de C.; PINTO, L. F.; GIUFRIDA, W. M.; FREITAS, L. dos S.; CARDOZO-FILHO, L. Extração supercrítica com utilização de modificadores e caracterização a partir da semente de cumaru (*Dipteryx odorata*). In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. **Anais [...]** Florianópolis, Santa Catarina, 2014.

MAGALHÃES, P. J. C.; LAHLOU, S.; JUCÁ, D. M.; COELHO-DE-SOUZA, L. N.; DA FROTA, P. T. T.; DA COSTA, A. M. G. Vasorelaxation induced by the essential oil of *Croton nepetaefolius* and its constituents in rat aorta are partially mediated by the endothelium. *Fundamental Clinical Pharmacology*, v. 22, n. 2, p. 169-177, 2008.

MAGUIRE, L. S.; O'SULLIVAN, S. M.; GALVIN, K.; O'CONNOR, T. P.; O'BRIEN, N. M. Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of walnuts, almonds, peanuts, hazelnuts and the macadamia nut. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 55, n. 3, p. 171-178, 2004.

MAHAM, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Krause**: Alimentos, nutrição e dietoterapia. 12. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MAIRESSE, L. A. S. E. C. C.; FARIAS, J. R.; FIORIN, R. A. Bioatividade de extratos vegetais sobre alface (*Lactuca sativa* L.). **Revista da FZVA**, Porto Alegre, v. 14, p. 1-12, 2007.

MARQUES, F. G.; OLIVEIRA NETO, J. R.; CUNHA, L. C.; DE PAULA, J. R.; BARA, M. T. F. Identification of terpenes and phytosterols in *Dipteryx alata* (baru) oil seeds obtained through pressing. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v. 25, n. 5, p. 522-525, 2015.

MARTINS, F. S.; BORGES, L. L.; PAULA, J. R.; CONCEIÇÃO, E. C. Impacto of diferente extraction methods on the quality od *Dipteryx alata* extracts. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 23, n. 3, p. 521-526, 2013.

MEDEIROS, E. A. **Separação de ácidos graxos via programação ótima de destilação em batelada**. 2013. 177 f. Dissertação (Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

MENDES, A.; LEONARDO, C. Triterpenoides e a sua actividade anti-inflamatória. Faculdade de Ciência Tecnologia, **Universidade Nova de Lisboa**. p. 1-8, 2004.

MIRANDA, J. A. **Caracterização fotofísica de derivados de cumarinas**. 2001. 160 f. Dissertação (Pós-graduação em Química) - Universidade de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, 2001.

NAKATO, T.; SUAREZ, M. Studies on the neutral constituents of the bark of *Dipteryx odorata*. **Planta Medica**. v.18, p. 79-83, 1970.

NAKATO, T.; ALONSO, J.; GRILLET, R.; MARTIN, A. Isoflavonoids of the bark of *Dipteryx odorata* Willd. (Aubl.). **Journal of the Chemical Society**, v.9, p. 2107-2112, 1979.

NETA, N. S.; CUNHA, J. A. C.; SANCHO, S. O.; ABREU, R. F. A.; PONTES, D. F.; CARIOCA, J. O. B.; RODRIGUES, L. R.; TEIXEIRA, J. A. Produção enzimática do ester oleato de etila utilizando lipase a partir de *Candida antarctica* B. **Holos**, v. 2, n. 28, 2012.

NEVES, L. C., ALENCAR, S. M., CARPES, S. T. Determinação da atividade antioxidante e do teor de compostos fenólicos e flavonoides totais em amostras de pólen apícola de *Apis mellifera*. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 2, n.15, 2008.

NIST 14 - **MS Database and MS Search Program v. 2.2.** 2014. Disponível em: <https://www.nist.gov/system/files/documents/srd/NIST1aVer22Man.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2022.

OGEDA, T. L.; PETRI, D. F. S. Hidrólise Enzimática de Biomassa. **Química Nova**, v. 33, n. 7, p. 1549-1558, 2010.

OHANA, D. T. **Anatomia de sementes e plântulas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Will. (Fabacea), como contribuição ao estudo farmacognóstico de plantas da região amazônica.** 1998. Dissertação (Pós-graduação em Botânica) - Instituto de Pesquisas da Amazônia - Inpa/Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Manaus, Amazonas, 1998.

OJALA, T. **Biological Screening of Plant Coumarins.** 2001. 62 f. Academic Dissertation (Division of Pharmacognosy) - University of Helsinki, Yliopistopaino, Helsinki, 2001.

OLIVEIRA, V. B.; ZUCHETTO, M.; OLIVEIRA, C. F.; PAULA, C. S.; DUARTE, A. F. S.; MIGUEL, M. D.; MIGUEL, O. G. Efeito de diferentes técnicas extrativas no rendimento, atividade antioxidante doseamentos totais e no perfil por CLAE-DAD de *Dicksonia sellowiana* (Presl.). Hook, Dicksoniaceae. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 1, supl. I, p. 230-239, 2016.

OLIVEROS-BASTIDAS, A. J.; CORDERO, I.; PAREDES, D.; BUENDIA, D.; DOMÍNGUEZ, F. A. M. Extracción y cuantificación de cumarina mediante HPLC-UV em extractos hidroetanólico de semillas de *Dipteryx odorata*. **Revista Latinoamericana de Química**, v. 39, n. 1-2, p. 17-31, 2011.

OLIVEROS-BASTIDAS, A. J.; DEMUNER, A. J.; BARBOSA, L. C. A. Chemical characterization by GC-MS and phytotoxic potential of non-polar and polar fractions of seeds of *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. from Venezuelan regions. **Química Nova**, v. 36, n. 4, p. 502-506, 2013.

PAULA, F. G. F. **Decomposição térmica do ácido oleico na presença de sais de ferro para obtenção de biocombustível e outros produtos de interesse industrial.** 2019. 116 f. Tese (Departamento de Química) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2019.

PESCE, C. **Oleaginosas da Amazônia.** 2. ed., rev. e atual. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, Núcleo de Estudos Agrários e Desenvolvimento Rural, 2009. 334 p.: il. 1. ed. em 1941.

PIMENTEL, C. V. M. B.; FRANCKI, V. M.; GOLLÜCKE, A. P. B. **Alimentos funcionais: introdução às principais substâncias bioativas em alimentos.** São Paulo: Varela, 2005.

PLAZA, M.; JAIME, L.; SANTOYO, S.; BERNAL, J.; CIFUENTES, A.; IBÁÑEZ, E. **Obtención de compuestos bioactivos procedentes de algas mediante El**

empleo de líquidos presurizados. Juan de La Cierva, Madrid: Instituto de Fermentaciones Industriales (CSIC), 2008.

QUEIROGA NETO, V.; BORA, P. S.; DINIZ, Z. N.; CAVALHEIRO, J. M. O.; QUEIROGA, K. F. Óleo de sementes de *Dipteryx lacunifera*: caracterização e estabilidade térmica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 6, p. 1601-1607, 2009.

RICE, E. L. **Allelopathy**. 2. ed. Orlando: Academic, 1984. 422 p.

ROCHA, J. F. G. **Solos da região sudeste do município de Santarém, estado do Pará**: mapeamento e classificação. 2014. 61 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia) - Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2014.

SAKIHAMA, Y; COHEN, M. F.; GRACE, S. C.; YAMASAKI, H. Plant phenolic antioxidant and prooxidant activities: phenolics-induced oxidative damage mediated by metals in plants. **Toxicology**, Limerick, v. 177, p. 67-80, 2002.

SCHERER, R.; GODOY, H. T. Antioxidant activity index (AAI) by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. **Food Chemistry**, v. 112, p. 654-658, 2009.

SHIMOJI, H.; YAMASAKI, H. Inhibitory effects of flavonoids on alternative respiration of plant mitochondria. **Biologia Plantarum**, Copenhagen, v. 49, p. 117-119, 2005.

SILVA, W. A. **Potencial alelopático de extratos do cumaru (*Amburana cearenses* A. C. Smith) e da jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir) na germinação e crescimento do sorgo (*Sorghum bicolor* L.), milho (*Zea mays* L.) e feijão guandu (*Cajanus cajan* L.)**. 2007. 62 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agrosilvipastoril) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2007.

SILVA, A. F.; PAULETTO, D.; CAPUCHO, H. L. V.; SOUSA, V. S.; SILVA, A. R.; PIMENTEL, C. R. Produção e renda do componente arbóreo cumaru (*Dipteryx* spp.) em sistemas agroflorestais na Região Oeste do Pará. In: FRANCISCO, P. R. M.; SÁ, T. F. F.; BRAGA JÚNIOR, J. M. **Caderno de Pesquisa Ciência e Inovação**. Campina Grande: EPGRAF, 2018. p. 99-109.

SILVA, F. P.; LIMA, S. Y. B.; CAVALCANTE, G. M. Atividade antioxidante de méis produzidos na região do Agreste e comercializados em uma feira do interior de Pernambuco. **Revista Artigos.com**, v. 22, 2020.

SILVÉRIO, M. D. O.; CASTRO, C. F. S.; MIRANDA, A. R. Avaliação da atividade antioxidante e inibitória da tirosinase das folhas de *Dipteryx alata* Vogel (Baru). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, n. 1, p. 59-65, 2013.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SIQUEIRA, A. P. S.; CASTRO, C. F. S.; SILVEIRA, E. V.; LOURENÇO, M. F. C. Chemical quality of baru almond (*Dipteryx alata* oil). **Ciência Rural**, v. 46, n. 10, p. 1865-1867, 2016.

SOUSA, C. M. M.; ROCHA E SILVA, H.; VIEIRA JR., G. M.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L. S.; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B. M.; BRANDÃO, M. S.; CHAVES, M. H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 351-355, 2007.

SOUZA, I. M.; FUNCH, L. S. Synchronization of leafing and reproductive phenological events in *Hymenaea* L. species (Leguminosae, Caesalpinioideae): the role of photoperiod as the trigger. **Brazilian Journal of Botany**, v. 40, n. 1, p. 125-136, 2017.

SULLIVAN, G. Occurrence of umbelliferone in the seeds of *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.30, n.3, p.609-610, 1982.

TAUBE JÚNIOR, P. S.; CASTRO, K. C. F.; BARATA, L. E. S. **Experimentos de Química**. Santarém: Ufopa, 2014. 242 p.

THE PLANT LIST. **A working list of all plant species**. 2013. Disponível em: <http://www.theplantlist.org>. Acesso em: 22 dez. 2021.

TROPICOS.ORG. **Jardim Botânico do Missouri**. 2022. Disponível em: <https://tropicos.org>. Acesso em: 15 jun. 2022.

VIEIRA, T. A.; ROSA, L. S.; VASCONCELOS, P. C. S.; SANTOS, M. M.; MODESTO, R. S. Sistemas agroflorestais em áreas de agricultores familiares em Igarapé-Açu, Pará: caracterização florística, implantação e manejo. **Acta Amazônica**, v. 37, n. 4, 549-558, 2007.

VIEIRA JÚNIOR, G. M.; SILVA, H. R.; BITTENCOURT, T. C.; CHAVES, M. H. Terpenos e ácidos graxos de *Dipteryx lacunifera* Ducke. **Química Nova**, v. 30, n. 7, p. 1658-1662, 2007.

VIERA, V. B. **Compostos bioativos, atividade antioxidante e antimicrobiana na casca de cebola roxa (*Allium cepa* L.) submetidos a diferentes métodos de extração**. 2016. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

WAGNER, H.; BLADT, S. **Plant drug analysis: A thin layer chromatography atlas**. 2. ed. Springer, 2001.

WOISKY, R. G.; SALATINO, A. Analysis of propolis: some parameters and procedures for chemical quality control. **Journal of Apicultural Research**, v. 37, n. 2, p. 99-105, 1998.

WOJTUNIK, K. A.; CIESLA, L. M.; WAKSMUNDZKA-HAJNOS, M. Model studies on the antioxidante activity of common terpenoid constituents of essential oils means the 2,2- diphenil-1-picrylhydrazyl method. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 37, p. 9088-9094, 2014.

WFO. **World Flora Online**. 2022. Disponível em: <http://www.worldfloraonline.org>. Acesso em: 06 abr. 2022.

XU, F.; HUANG, X.; WU, H.; WANG, X. Beneficial health effects of lupenone triterpene: A review. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 103. p. 198-203, 2018.

YAMASHITA, O. M., GUIMARÃES, S. C., SILVA, J. L., CARVALHO, M. A. C.; CAMARGO, M. F. Fatores ambientais sobre a germinação de *Emilia sonchifolia*. **Planta Daninha**, v. 27, n. 4, p. 673-681, 2009.

5 CAPÍTULO III

BIOATIVIDADE DE EXTRATOS ETANÓLICOS DE *Dipteryx punctata* SOBRE *Colletotrichum musae*¹

¹ O capítulo encontra-se de acordo com o Guia para elaboração e apresentação da produção acadêmica da Ufopa. Disponível em: <http://ufopa.edu.br/sibi/servicos-e-produtos/guia-de-normalizacao/>; e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

BIOATIVIDADE DE EXTRATOS ETANÓLICOS DE *Dipteryx punctata* SOBRE *Colletotrichum musae*

RESUMO: Bioativos com propriedades antifúngicas já foram relatados para algumas espécies do gênero *Dipteryx*. No entanto, pouco se conhece sobre *Dipteryx punctata*. O trabalho objetivou avaliar a atividade antifúngica, *in vitro* e *in vivo*, de extratos de folhas, galhos e frutos de *D. punctata* sobre *Colletotrichum musae*, agente causal da antracnose em banana. O material vegetal para obtenção dos extratos foi coletado em cinco áreas produtoras de sementes de cumaru, em Mojuí dos Campos, Pará. Os extratos e o padrão de cumarina foram testados sobre o fitopatógeno em condições, *in vitro* e *in vivo*. No ensaio *in vitro*, foram utilizadas as concentrações de 10%, 20%, 30%, 40% e 50% (p:v), adicionadas em meio batata-dextrose-ágar (BDA). O controle consistiu do crescimento dos fungos apenas em meio BDA. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial, com quatro repetições. Foi avaliado o diâmetro médio das colônias fúngicas, diariamente, durante oito dias, calculando-se ao final, a porcentagem de inibição e os índices de crescimento. Para os ensaios *in vivo*, os produtos foram testados nas concentrações de 40% e 50%, em aplicações preventivas e curativas. Nestes ensaios, foram depositados três discos de meio (5 mm) contendo estruturas do fitopatógeno, em pontos opostos dos frutos, que permaneceram em câmara úmida por 48 horas. As lesões da antracnose foram medidas, em intervalo de dois dias, até oito dias após a inoculação do fungo. No ensaio *in vitro*, os extratos dos galhos e resíduos dos frutos de *D. punctata* e, o padrão de cumarina, ocasionaram as maiores reduções no diâmetro médio das colônias do fitopatógeno. Todos os extratos e a cumarina reduziram as lesões da doença antracnose nos frutos da banana, tanto na aplicação preventiva quanto na curativa, destacando-se a cumarina. Os extratos de *D. punctata* e cumarina foram promissores quanto à atividade antifúngica, principalmente nas aplicações preventivas das concentrações testadas, sendo uma importante fonte de investigação para formulação de produtos naturais como medidas fitossanitárias sustentáveis.

Palavras-chave: Antracnose. Atividade antifúngica. Controle alternativo. Extratos vegetais. Fungos fitopatogênicos.

ABSTRACT: Bioactives with antifungal properties have already been reported for some species of the genus *Dipteryx*. However, little is known about *Dipteryx punctata*. The study aimed to evaluate the antifungal activity, *in vitro* and *in vivo*, of extracts of leaves, branches and fruits of *D. punctata* on *Colletotrichum musae*, the causal agent of anthracnose in bananas. The plant material to obtain the extracts was collected in five areas producing cumaru seeds, in Mojuí dos Campos, Pará. The extracts and the coumarin pattern were tested on the phytopathogen under *in vitro* and *in vivo* conditions. In the *in vitro* assay, concentrations of 10%, 20%, 30%, 40% and 50% (p:v) were used, added in potato-dextrose-agar (PDA) medium. The control consisted of fungal growth only in PDA medium. The experimental design was completely randomized (DCR), in a factorial scheme, with four replications. The average diameter of the fungal colonies was evaluated daily for eight days, and at the end, the percentage of inhibition and growth rates were calculated. For *in vivo* tests, the products were tested at concentrations of 40% and 50% in preventive and

curative applications. In these tests, three medium discs (5 mm) containing phytopathogen structures were deposited at opposite points of the fruits, which remained in a humid chamber for 48 hours. Anthracnose lesions were measured at an interval of two days, up to eight days after fungus inoculation. In the in vitro assay, the extracts of the branches and residues of the fruits of *D. punctata* and, the coumarin pattern, caused the biggest reductions in the average diameter of the colonies of the phytopathogen. All extracts and coumarin reduced the lesions of anthracnose disease in banana fruits, both in preventive and curative applications, especially coumarin. The extracts of *D. punctata* and coumarin were promising in terms of antifungal activity, especially in preventive applications of the concentrations tested, being an important source of investigation for the formulation of natural products as sustainable phytosanitary measures.

Keywords: Anthracnose. Antifungal activity. Alternative control. Plant extracts. Phytopathogenic fungi.

5.1 Introdução

A bananeira (*Musa* spp.) apresenta-se como uma das frutas frescas mais importantes no mercado mundial de alimentos e fonte de renda para milhões de famílias rurais nas economias em desenvolvimento. Dados apontaram o recorde de 21.718.000 t para exportações globais de banana em 2019, e este forte crescimento de oferta foi impulsionado por países da América Latina e Caribe, seguido da Ásia e África (FAO, 2021).

No entanto, em meio as restrições decorrentes da pandemia de COVID-19, aumento nos custos de insumos, embalagens e transporte, escassez de produção por condições climáticas adversas e propagação de doenças, verificou-se uma redução na exportação da banana em 2020 (21.542.000 t) e 2021, com aproximadamente 20 milhões de toneladas (FAO, 2021).

Quanto as doenças que acometem a cultura da banana e causam impactos econômicos aos produtores, tem-se destaque a antracnose, causada por fungos do gênero *Colletotrichum*. Este fitopatógeno ataca diversas espécies frutíferas, como mamão (*Carica papaya* L.), manga (*Mangifera indica* L.), caju (*Anacardium occidentale* L.), maracujá (*Passiflora edulis* Sims) (LIMA FILHO; OLIVEIRA; MENEZES, 2003) e goiaba (*Psidium guajava* L.) (SILVA et al., 2006).

A espécie *Colletotrichum musae* (Berk & Curt.) von Arx. é a causadora da antracnose em banana, sendo favorecida no campo por altas temperatura e umidade relativa que contribuem para o desenvolvimento do fitopatógeno (TAVARES; SOUZA, 2005). Nos períodos mais quentes e chuvosos ocorrem intensa desfolha, seca de ramos e, a decomposição de frutos (SILVA et al., 2009), caracterizada por grandes lesões arredondadas, necróticas, contendo tecidos deprimidos ao centro, onde são produzidas massas de conídios de coloração alaranjada, ocasionando podridão-mole nos frutos (SILVA et al., 2006).

O método de controle da doença mais utilizado é o químico. Entretanto, a aplicação de fungicidas, utilizados isoladamente, não reduz satisfatoriamente as perdas provocadas pela antracnose (PERUCH et al., 2009). Além disso, o uso contínuo e intensivo desses produtos pode interromper o controle biológico natural, uma vez que organismos não alvo são afetados (SOYLU; KURT; SOYLU, 2010), selecionar patógenos resistentes, ocasionando surtos de doenças (LEE et al., 2008),

tornar inviável os custos de produção para alguns agricultores (SILVA et al., 2009), e limitar as exportações devido ao aumento das restrições quanto aos níveis máximos de resíduos químicos em alimentos (FAO, 2021).

Assim, a busca por métodos alternativos para o controle da antracnose, como por exemplo, os óleos e extratos vegetais têm indicado o potencial desses produtos no controle de fitopatógenos (CUNICO et al., 2003), tanto pela ação fungitóxica direta, através da inibição do crescimento micelial e da germinação de esporos, quanto pela indução de fitoalexinas (LYON; REGLINSKI; NEWTON, 1995; SCHWAN-ESTRADA; STANGARLIN; CRUZ, 2000).

A espécie *Dipteryx punctata* pertence a família Fabaceae e possui importantes compostos químicos, como a cumarina (1,2-benzopirona) (SULLIVAN, 1982; CORRÊA, 2014), a serem analisados quanto as suas potencialidades biológicas.

Diante do exposto, o estudo teve por objetivo avaliar, *in vitro* e *in vivo*, a atividade antifúngica dos extratos de folhas, galhos, resíduos e sementes de frutos de *D. punctata*, sobre *Colletotrichum musae*, agente causal da antracnose em banana.

5.2 Material e Métodos

5.2.1 Coleta e obtenção dos extratos vegetais de *Dipteryx punctata*

O material vegetal para obtenção dos extratos foi coletado em cinco sistemas agroflorestais (SAFs) implantados e monitorados pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Pará (Emater-PA), nas comunidades rurais de Água Fria, Terra de Areia e Boa Fé, localizadas no município de Mojuí dos Campos, Amazônia Oriental, Pará, Brasil.

Foram amostradas sete árvores em cada área (35 árvores no total), e realizadas coletas de folhas, galhos e flores no período chuvoso (fevereiro a março de 2018), e 1.050 frutos (30 frutos por árvore; 210 frutos por área), no período seco (setembro de 2018).

Exsicatas foram confeccionadas, identificadas botanicamente como *Dipteryx punctata* e encontram-se depositadas no Herbário da Universidade Federal do Oeste do Pará: HSTM 11897, HSTM 11898, HSTM 11899, HSTM 11900 e HSTM 11901 e,

no Herbário do Jardim Botânico do Rio de Janeiro: RB 772255 (Apêndice D), RB 772253 (Apêndice E), RB 772256 (Apêndice F), RB 772257 (Apêndice G) e RB 772254 (Apêndice H). Foi realizado o cadastro da pesquisa no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Genéticos e Conhecimentos Tradicionais Associados (SisGen, Brasil), protocolo A1B0150.

Os materiais vegetais foram separados em folhas, galhos e frutos, sendo estes últimos em resíduos (epicarpo + mesocarpo + endocarpo) e sementes, secos em estufa a 45°C, com circulação forçada de ar durante 20 dias, triturados e pesados, obtendo-se 70 g de folhas, 35 g de galhos, 70 g de resíduos e 35 g de sementes para cada extração.

As extrações foram realizadas em triplicata via Soxhlet, utilizando-se o álcool etílico a 92,8% (destilado com hidróxido de sódio, 2 g para 2 L, durante 4 horas). Cada procedimento teve a duração de 8 h e após os processos, o solvente foi eliminado das soluções extrativas em evaporador rotativo e por secagem em temperatura ambiente ($\pm 27^{\circ}\text{C}$). Os extratos etanólicos secos foram armazenados em recipientes de vidro âmbar esterilizados (TAUBE JÚNIOR; CASTRO; BARATA, 2014).

5.2.2 Obtenção do isolado de *Colletotrichum musae*

O fungo *C. musae* foi obtido de frutos de banana comercializados apresentando sintoma de antracnose, pelo método de isolamento direto (ALFENAS; MAFIA, 2007). Foram preparadas lâminas microscópicas para confirmar a identificação do fungo, e culturas axênicas, para realização do teste de patogenicidade e dos ensaios, *in vitro* e *in vivo*.

5.2.3 Atividade antifúngica, *in vitro*, dos extratos de *Dipteryx punctata* e cumarina

O efeito dos extratos etanólicos de *D. punctata* e do padrão de cumarina (1,2-benzopirona - Dinâmica®) sobre o fitopatógeno foi avaliado por meio da adição desses produtos em meios de cultura BDA, ajustados nas concentrações de 10%, 20%, 30%, 40% e 50%, homogeneizados e vertidos em placas de Petri (90 x 15 mm). Após solidificação do meio de cultura, depositou-se, centralmente, um disco de meio (5 mm) contendo estruturas do fitopatógeno (PINTO; KANEKO; OHARA, 2003), que foi incubado a 25°C, sob fotoperíodo de 12h. O tratamento controle consistiu na deposição do fungo apenas em BDA. O delineamento experimental foi inteiramente

casualizado (DIC), em esquema fatorial (5x5x6), sendo cinco áreas de coleta, cinco produtos (quatro extratos e a cumarina) e seis concentrações (incluindo o controle), com quatro repetições (uma placa por repetição).

As avaliações foram realizadas medindo-se o diâmetro médio das colônias, diariamente, com auxílio de paquímetro digital, durante oito dias. Com os dados de diâmetro médio das colônias foram determinados o percentual de inibição do crescimento (PIC), o índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) e a taxa de crescimento (Tx). O PIC foi calculado pela diferença entre o diâmetro médio da colônia do controle (C) e o diâmetro médio da colônia do tratamento (T), dividido pelo diâmetro médio da colônia do controle multiplicado por 100 ($PIC = (C-T/C) \times 100$) (BASTOS, 1997), sendo considerada alta atividade antifúngica quando os extratos proporcionaram inibição igual ou superior a 50% (VENTUROSOSO et al., 2011a).

O IVCM (mm/dia) foi determinado pela fórmula: $IVCM = \Sigma (D-Da)/N$, onde: D = diâmetro médio atual da colônia; Da = diâmetro médio da colônia do dia anterior; N = número de dias após a inoculação (OLIVEIRA, 1991) e, a Tx pela razão entre o diâmetro final da colônia (Df) e o número de dias de incubação (ND), multiplicado por 100 ($Tx = Df/ND \times 100$) (OLHER et al., 2021).

5.2.4 Atividade antifúngica, *in vivo*, dos extratos de *Dipteryx punctata* e cumarina

Os efeitos dos produtos em condições *in vivo* foram avaliados em ensaios preventivo e curativo, segundo metodologia adaptada de Gomes (2008). Frutos sadios de bananas foram previamente desinfestados com hipoclorito de sódio (NaClO) a 2% i.a. por dois minutos, lavados com água destilada esterilizada e secos em papel filtro esterilizado. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial (5x5x3), sendo cinco áreas de coleta, cinco produtos (quatro extratos e a cumarina) e três concentrações (incluindo o controle), com três repetições (um fruto de banana por repetição).

No ensaio de aplicação preventiva, os frutos de banana foram pulverizados manualmente com os extratos e a cumarina, nas concentrações de 40% e 50%, pré selecionadas no ensaio *in vitro*. Para o tratamento controle, os frutos foram pulverizados com água. Após a aplicação e secagem natural dos produtos, foram feitos três ferimentos superficiais em cada fruto (pontos opostos), com agulhas esterilizadas, sobre os quais foi depositado um disco de meio BDA (5 mm) contendo

estruturas do fitopatógeno. Os frutos inoculados foram submetidos a câmara úmida por 48 horas e incubados a 25°C, sob fotoperíodo de 12 h. Após o aparecimento dos sintomas, as lesões da antracnose foram medidas, com auxílio de paquímetro digital, em intervalos de dois dias, até oito dias após a inoculação.

Para o ensaio de aplicação curativa, primeiramente foram feitos ferimentos superficiais nos frutos desinfestados e inoculação do fitopatógeno semelhante ao ensaio preventivo. Após a observação dos sintomas iniciais da antracnose, as lesões presentes nos frutos foram medidas e em seguida, pulverizados os extratos, a cumarina e a água (controle). A incubação e as avaliações foram realizadas da mesma maneira do ensaio de aplicação preventiva.

5.2.5 Análise estatística

Com os dados obtidos nos ensaios foram realizadas análises de variância e comparação entre as médias dos tratamentos pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando-se o software estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2010). Os dados de IVCM e Tx, também foram submetidos à análise de regressão.

5.3 Resultados e Discussão

5.3.1 Atividade antifúngica, *in vitro*, dos extratos de *Dipteryx punctata* e cumarina

Na avaliação do diâmetro médio das colônias de *C. musae*, houve diferença significativa tanto para os fatores isoladamente, quanto para a interação entre eles (áreas x partes da planta x concentrações).

Todos os extratos etanólicos e a cumarina reduziram o crescimento micelial do fitopatógeno, independentemente da concentração e procedência do material vegetal avaliado (Tabela 19; Figura 11). Quando se considera os extratos e cumarina, nas diferentes concentrações, dentro de cada área de coleta, observou-se que, as maiores reduções no diâmetro médio das colônias de *C. musae* foram ocasionadas pelos extratos dos resíduos (área 1; concentração 50%), extrato dos galhos (área 2; concentração 50%), variando nas demais áreas de coleta, com mais de um produto e concentração apresentando semelhanças entre si (Tabela 19).

O extrato etanólico de folhas de *Piper marginatum* apresentou efeito inibitório sobre *C. musae* a partir da concentração de 10% (MACÊDO et al., 2018). Extratos

aquosos de alho (*Allium sativum*) e canela (*Cinnamomum zeylanicum*) foram avaliados no controle de *Colletotrichum* sp., e as maiores concentrações também proporcionaram o menor diâmetro da colônia (VENTUROSO et al., 2011a).

Para o extrato das folhas, os melhores resultados foram encontrados para o material coletado nas áreas 3, 4 e 5, com reduções de 36,2 mm, 36,7 mm e 35,8 mm, respectivamente (concentração de 50%), em relação ao controle (Tabela 19). Esses extratos apresentam como constituintes majoritários em comum, o éster etílico do ácido linolênico (pertencente aos ácidos graxos), e o fitol, lup-20(29)-en-3-ona e lupeol que fazem parte da classe dos terpenos. Farmacologicamente, esta classe é uma rica fonte de bioativos, com comprovadas atividades anti-inflamatória, antibacterianas, antifúngicas e antioxidantes (OLIVEIRA, 2016; YAO et al., 2016).

Quando *C. musae* foi submetido aos extratos dos galhos, as reduções no diâmetro médio das suas colônias, em relação ao controle, variaram de 26,3 mm a 37,3 mm (área 1) e, de 28,2 mm a 43 mm (área 2). É importante ressaltar que, no extrato dos galhos coletados na área 1, todos os constituintes químicos identificados apresentaram porcentagens significativas e podem ter influenciado na sua ação; e para o extrato dos galhos da área 2, além do lupeol, a 4-O-metilmanose apresentou-se como constituinte em maior porcentagem. As substâncias presentes na composição de produtos vegetais podem atuar de forma sinérgica e apresentar ampla ação fungicida ou fungistática (BENKEBLIA, 2004; MEDICE et al., 2007).

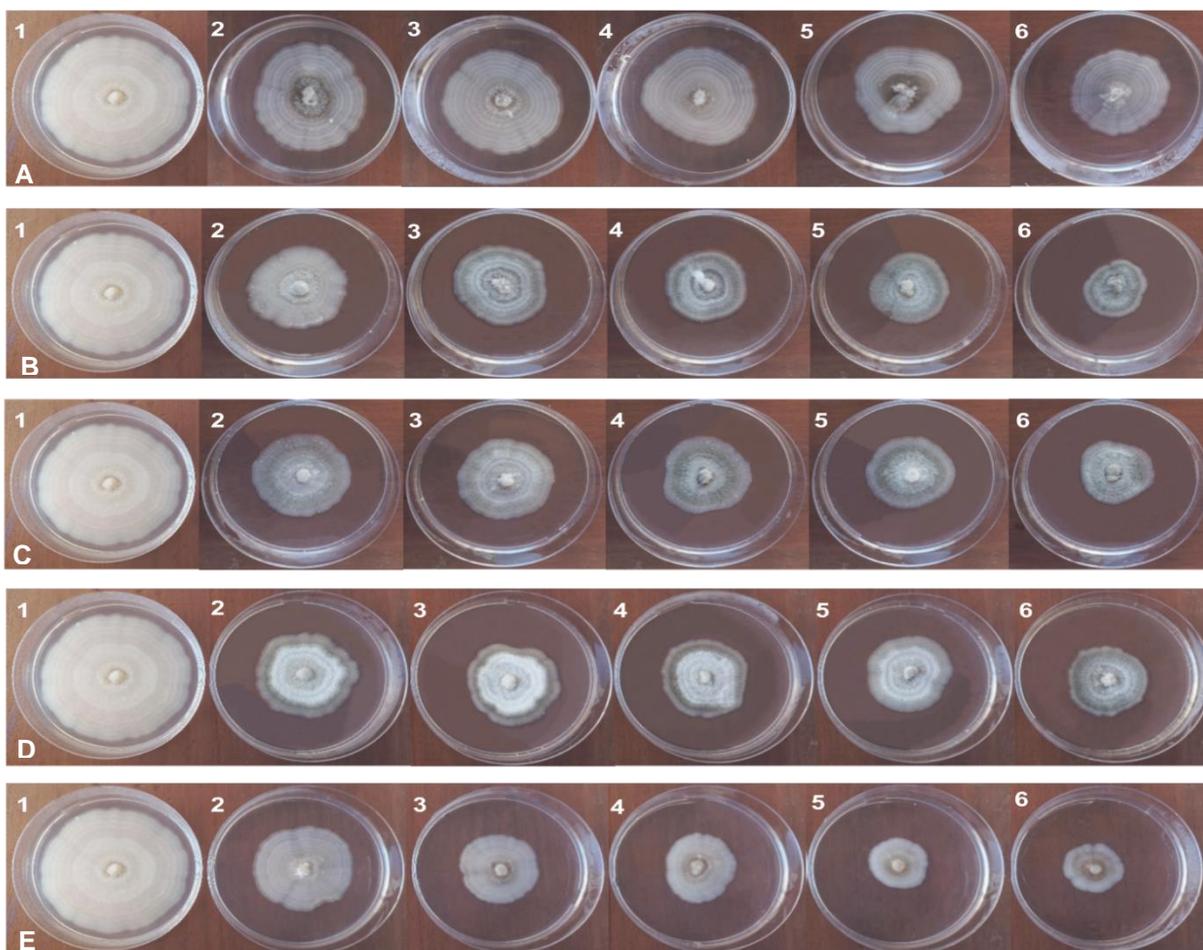
Os extratos obtidos dos resíduos de *D. punctata* diminuíram o crescimento de *C. musae* (Tabela 19), com reduções variando de 30,7 mm (área 4) a 46,6 mm (área 1), na concentração de 50%, em relação ao controle. Este resultado é muito promissor, tendo em vista que os resíduos são descartados após a retirada das sementes para comercialização, podendo ser, portanto, uma fonte inovadora de destinação para esse subproduto, além de contribuir para reduzir a contaminação ambiental.

As reduções no diâmetro médio das colônias de *C. musae*, ocasionadas pelo extrato das sementes, variaram de 21 mm a 38,7 mm em relação ao controle, na área 4 (Tabela 19). Na análise química dos extratos dos frutos de *D. punctata* verificou-se a presença de importantes ácidos graxos como, ácido palmítico, ácido cis-vacênico, ácido oleico, etil oleato, além da hidrocumarina e cumarina, podendo ser esse um dos motivos para que os extratos dos resíduos e sementes apresentem efeito positivo na redução do crescimento do fitopatógeno.

Os menores diâmetros médios das colônias de *C. musae*, ocasionados pela cumarina foram de 24,2 mm na concentração de 10% e de 40,2 mm na concentração de 50%, em relação ao controle. (Tabela 19). Frações de óleo obtidas de sementes de cumaru (*Dipteryx* sp.) avaliadas sobre *C. musae* reduziram o crescimento micelial do fungo, especialmente a fração diclorometânica, que apresentou além da cumarina, o composto denominado 3,4-dihidrocumarina (SOUSA et al., 2018).

Verificou-se também, a mudança na coloração e irregularidade no crescimento das colônias na presença dos extratos de *D. punctata* (Figura 10). E este comportamento variável de determinadas características fenotípicas de uma mesma espécie de *Colletotrichum* é causado por diversos fatores como as condições ambientais e temporais de cultivo em que esta foi colocada (SANTOS et al., 2015).

Figura 11 – Colônias de *Colletotrichum musae* submetidas aos extratos de *Dipteryx punctata* e ao padrão de cumarina, nas concentrações de 10%, 20%, 30%, 40% e 50%. **A.** Extrato das folhas da área 4: controle (1); concentrações (2, 3, 4, 5 e 6). **B.** Extrato dos galhos da área 2: controle (1); concentrações (2, 3, 4, 5 e 6). **C.** Extrato dos resíduos da área 1: controle (1); concentrações (2, 3, 4, 5 e 6). **D.** Extrato das sementes da área 4: controle (1); concentrações (2, 3, 4, 5 e 6). **E.** Padrão de cumarina: controle (1); concentrações (2, 3, 4, 5 e 6).



Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.

Tabela 19 – Diâmetro médio das colônias de *Colletotrichum musae* submetidas aos extratos etanólicos de *Dipteryx punctata* e ao padrão de cumarina, em diferentes concentrações.

Extratos	Concentrações (%)	Diâmetro médio das colônias do fitopatígeno (mm)					
		Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	
Controle	0,0	65,2 aA	65,2 aA	65,2 aA	65,2 aA	65,2 aA	
	10	41,7 bB	49,0 bA	42,8 cB	42,7 cB	40,5 cB	
	20	39,2 dB	44,4 bA	38,1 dB	37,2 eB	37,5 dB	
	Folhas	30	37,4 eB	40,4 cA	35,4 eB	34,8 eB	35,7 eB
		40	35,9 eB	38,0 dA	32,0 fC	31,2 gC	33,8 fB
		50	33,5 fA	34,8 fA	29,0 hB	28,5 hB	29,4 hB
Galhos	10	38,9 dB	37,0 eC	40,8 cB	43,2 bA	43,0 bA	
	20	37,4 eB	31,3 gD	36,3 eC	40,6 dA	39,8 cA	
	30	33,1 fB	29,6 gC	32,2 fB	37,0 eA	36,1 eA	
	40	32,1 gB	24,0 hD	29,7 hC	34,3 fA	35,2 eA	
	50	27,9 hB	22,2 iD	26,4 hC	32,8 fA	29,7 hB	
Resíduos	10	36,1 eC	41,9 cB	45,5 bA	47,5 bA	47,7 bA	
	20	35,0 eB	41,7 cA	41,2 cA	41,2 cA	40,6 cA	
	30	30,7 gC	38,3 dB	41,1 cA	38,4 dB	37,7 dB	
	40	22,9 hC	31,0 gB	38,4 dA	36,3 eA	36,7 dA	
	50	18,6 iD	24,0 hC	32,2 fB	34,5 fA	30,1 gB	
Sementes	10	39,0 dC	43,0 bA	44,9 bA	44,2 bA	41,5 cB	
	20	36,8 eB	39,6 cA	40,9 cA	38,7 dA	39,8 cA	
	30	34,9 eB	37,3 dA	38,2 dA	37,8 dA	37,6 dA	
	40	34,4 fB	35,8 eB	37,8 dA	33,0 fC	36,3 eB	
	50	32,4 fA	33,0 fA	31,2 gA	26,5 hB	31,8 gA	
Cumarina	10	41,0 cA	41,0 cA	41,0 cA	41,0 cA	41,0 cA	
	20	34,9 eA	34,9 eA	34,9 eA	34,9 eA	34,9 eA	
	30	31,9 gA	31,9 gA	31,9 gA	31,9 gA	31,9 gA	
	40	26,8 hA	26,8 há	26,8 hA	26,8 hA	26,8 hA	
	50	25,0 hA	25,0 hA	25,0 hA	25,0 hA	25,0 hA	
CV%		2,2					

Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey (≤ 0.05). **Fonte:** SOUSA, B. C. M., 2022.

Na determinação do percentual de inibição do crescimento (PIC), as maiores reduções apresentaram PIC de 71,4% (extratos dos resíduos; concentração 50%; área 1) e 66% (extratos dos galhos; concentração 50%; área 2) (Tabela 20), sendo considerada alta atividade antifúngica pela inibição superior a 50% (VENTUROSOSO et al., 2011a).

O percentual de inibição do crescimento de *C. musae*, nos demais tratamentos variou de 46,6% a 63,3%, na maior concentração e de 24,8% a 44,6%, nas menores concentrações testadas dos diferentes produtos. Apenas na concentração de 10% para o extrato das folhas (área 2) e extrato dos resíduos (áreas 3, 4 e 5), o PIC não foi superior a 30% (Tabela 20).

Estudos de avaliação de atividade antifúngica constataram essa tendência de maior efeito na inibição do desenvolvimento dos fitopatógenos com o aumento das concentrações dos produtos vegetais no meio de cultura (VENTUROSOSO et al., 2011b).

A atividade antimicrobiana de extratos vegetais sobre o desenvolvimento de fungos *in vitro* e *in vivo* têm sido amplamente estudada, e os resultados demonstram que tanto o crescimento de micélios, quanto a infecção pode ser estimulada ou inibida pelos extratos vegetais. Alguns produtos inibiram o desenvolvimento da podridão dos frutos de banana enquanto, em outros, os efeitos foram fungistáticos por causa de atividades seletivas (CRUZ et al., 2013).

Extratos e óleos de alecrim pimenta (*Lippia sidoides*), botões florais de cravo da Índia (*Caryophyllus aromaticus*) e eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) foram testados *in vitro* e *in vivo* sobre *C. musae* e, os resultados foram significativos para alecrim pimenta e botões de cravo da Índia, inibindo *in vitro* 100% o crescimento do patógeno, no entanto, nos testes *in vivo* os resultados apresentam pouca eficiência, podendo ser atribuída às baixas concentrações dos produtos testados, bem como a volatilidade dos produtos de origem vegetais (OLIVEIRA; VIANA; MARTINS, 2016).

Os óleos de cravo-botão (*Eugenia caryophyllus*), melaleuca (*Melaleuca alternifolia*), tomilho (*Thymus vulgaris*) e gengibre (*Zingiber officinale*) foram avaliados no controle alternativo de *C. musae*, sendo mais eficiente, *in vitro*, os óleos de cravo e tomilho na inibição do crescimento micelial, germinação e esporulação em todas as concentrações testadas, enquanto que, em condições *in vivo*, as concentrações de 160 µL de óleo de gengibre e, de 160 e 240 µL de óleo de

melaleuca reduziram a severidade da antracnose nos frutos (RODRIGUES et al., 2018).

Tabela 20 – Percentual de inibição do crescimento (PIC) de *Colletotrichum musae* submetido a diferentes concentrações dos extratos etanólicos de *Dipteryx punctata* e do padrão de cumarina.

Extratos	Concentrações (%)	Percentual de Inibição do Crescimento (PIC%)				
		Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
Controle	0,0	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA	0 aA
Folhas	10	36,0 bB	24,8 bA	34,3 cB	34,5 cB	37,9 cB
	20	39,8 dB	31,9 bA	41,6 dB	42,9 eB	42,4 dB
	30	42,6 eB	38,1 cA	45,7 eB	46,6 eB	45,2 eB
	40	45,0 eB	41,8 dA	50,9 fC	52,2 gC	48,2 fB
	50	48,6 fA	46,6 fA	55,6 hB	56,3 hB	54,9 hB
Galhos	10	40,3 dB	43,2 eC	37,3 cB	33,8 bA	34,1 bA
	20	42,6 eB	51,9 gD	44,3 eC	37,7 dA	38,9 cA
	30	49,3 fB	54,6 gC	50,7 fB	43,2 eA	44,6 eA
	40	50,7 gB	63,1 hD	54,4 hC	47,3 fA	46,0 eA
	50	57,3 hB	66,0 iD	59,5 hC	49,7 fA	54,5 hB
Resíduos	10	44,6 eC	35,8 cB	30,2 bA	27,1 bA	26,8 bA
	20	46,4 eB	36,0 cA	36,9 cA	36,8 cA	37,7 cA
	30	52,9 gC	41,2 dB	37,0 cA	41,2 dB	42,2 dB
	40	64,9 hC	52,4 gB	41,1 dA	44,3 eA	43,7 dA
	50	71,4 iD	63,3 hC	50,7 fB	47,0 fA	53,8 gB
Sementes	10	40,2 dC	34,1 bA	31,2 bA	32,3 bA	36,4 cB
	20	43,6 eB	39,2 cA	37,3 cA	40,6 dA	39,0 cA
	30	46,4 eB	42,7 dA	41,3 dA	42,0 dA	42,3 dA
	40	47,3 fB	45,1 eB	42,0 dA	49,4 fC	44,4 eB
	50	50,3 fA	49,4 fA	52,2 gA	59,4 hB	51,2 gA
Cumarina	10	37,1 cA	37,1 cA	37,1 cA	37,1 cA	37,1 cA
	20	46,5 eA	46,5 eA	46,5 eA	46,5 eA	46,5 eA
	30	51,1 gA	51,1 gA	51,1 gA	51,1 gA	51,1 gA
	40	58,8 hA	58,8 hA	58,8 hA	58,8 hA	58,8 hA
	50	61,6 hA	61,6 hA	61,6 hA	61,6 hA	61,6 hA
CV%						4,5

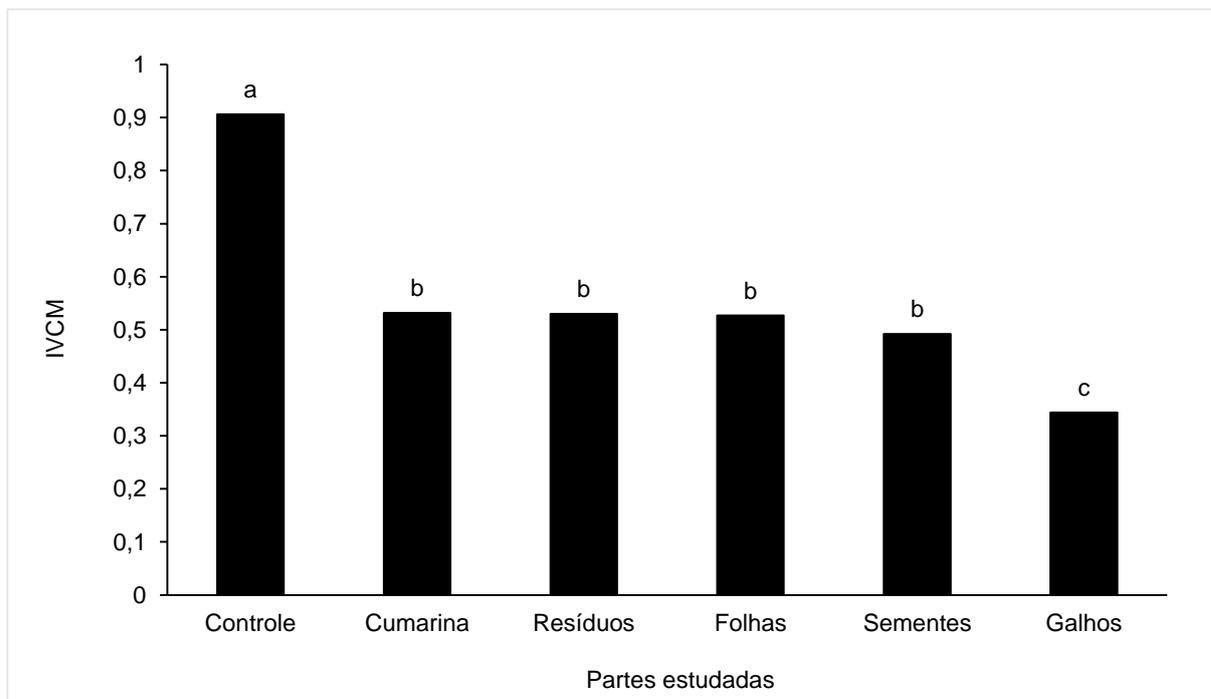
Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey (≤ 0.05). **Fonte:** SOUSA, B. C. M., 2022.

Em relação ao índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM), todos os produtos avaliados reduziram a velocidade de crescimento de *C. musae*. O menor IVCM foi ocasionado pelo extrato dos galhos (Gráfico 11). A redução ocasionada por

esse produto significou uma diminuição de 0,6 do IVCM do controle. Os IVCM observados quando *C. musae* foi submetido aos extratos de cumaru foram menores 1,8 vezes (sementes), 1,7 vezes (folhas), 1,7 vezes (resíduos) e 1,7 vezes (cumarina) que o crescimento do fungo na ausência de qualquer extrato.

Os óleos de cravo-botão (*Eugenia caryophyllata*), palmarosa (*Cymbopogon martinii*) e melaleuca ou tea tree (*Melaleuca alternifolia*) foram avaliados sobre o crescimento micelial e índices de velocidade do crescimento de *C. musae*, sendo eficientes no controle de a partir da dose de 50 µL/L (BARBOSA; VIEIRA; TEIXEIRA, 2015).

Gráfico 11 – Índice de velocidade do crescimento micelial (IVCM) de *Colletotrichum musae* submetido aos diferentes extratos etanólicos de *Dipteryx punctata* e ao padrão de cumarina.



Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.

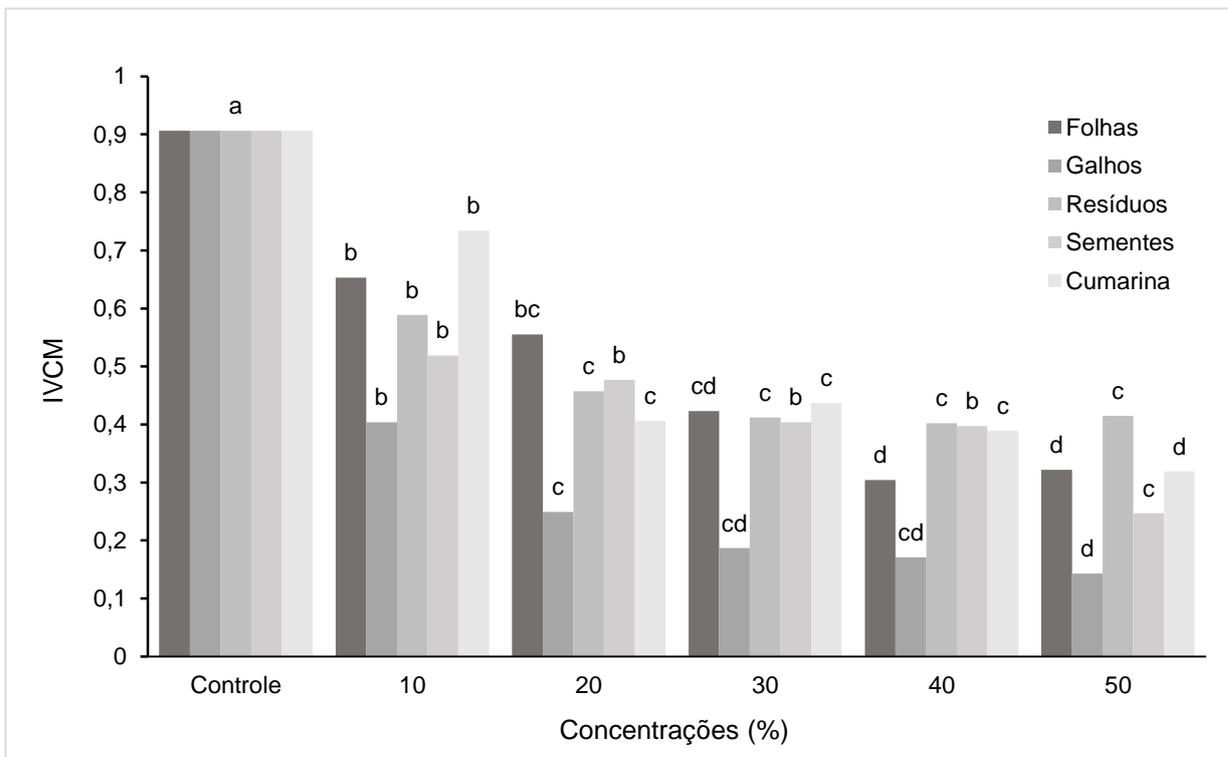
Para o extrato das folhas e galhos, as maiores reduções no IVCM ocorreram a partir da concentração de 30%. Nos resíduos, os menores índices de velocidade foram obtidos a partir da concentração de 20% e, para os extratos das sementes e para o padrão de cumarina, a concentração de 50% teve destaque na redução da velocidade de crescimento do fitopatógeno (Gráfico 12).

As médias dos índices de velocidade nas melhores concentrações dos extratos de folhas e galhos foram 61,4% e 81,6% menores que a velocidade de crescimento do controle. Para os extratos dos resíduos, sementes e cumarina, esses

índices representaram 53,4%, 72,7% e 64,8% de redução da velocidade de crescimento do fungo em relação ao controle, respectivamente.

Essas reduções são importantes, porque quanto mais lento for o desenvolvimento do fitopatógeno sobre os frutos de banana, menores serão as lesões e, conseqüentemente, menos agressiva será a doença, isso implica diretamente em menores perdas do produto e econômicas, uma vez que a antracnose pode depreciar o fruto para comercialização.

Gráfico 12 – Índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) de *Colletotrichum musae* submetido a diferentes concentrações dos extratos etanólicos de *Dipteryx punctata* e do padrão de cumarina.

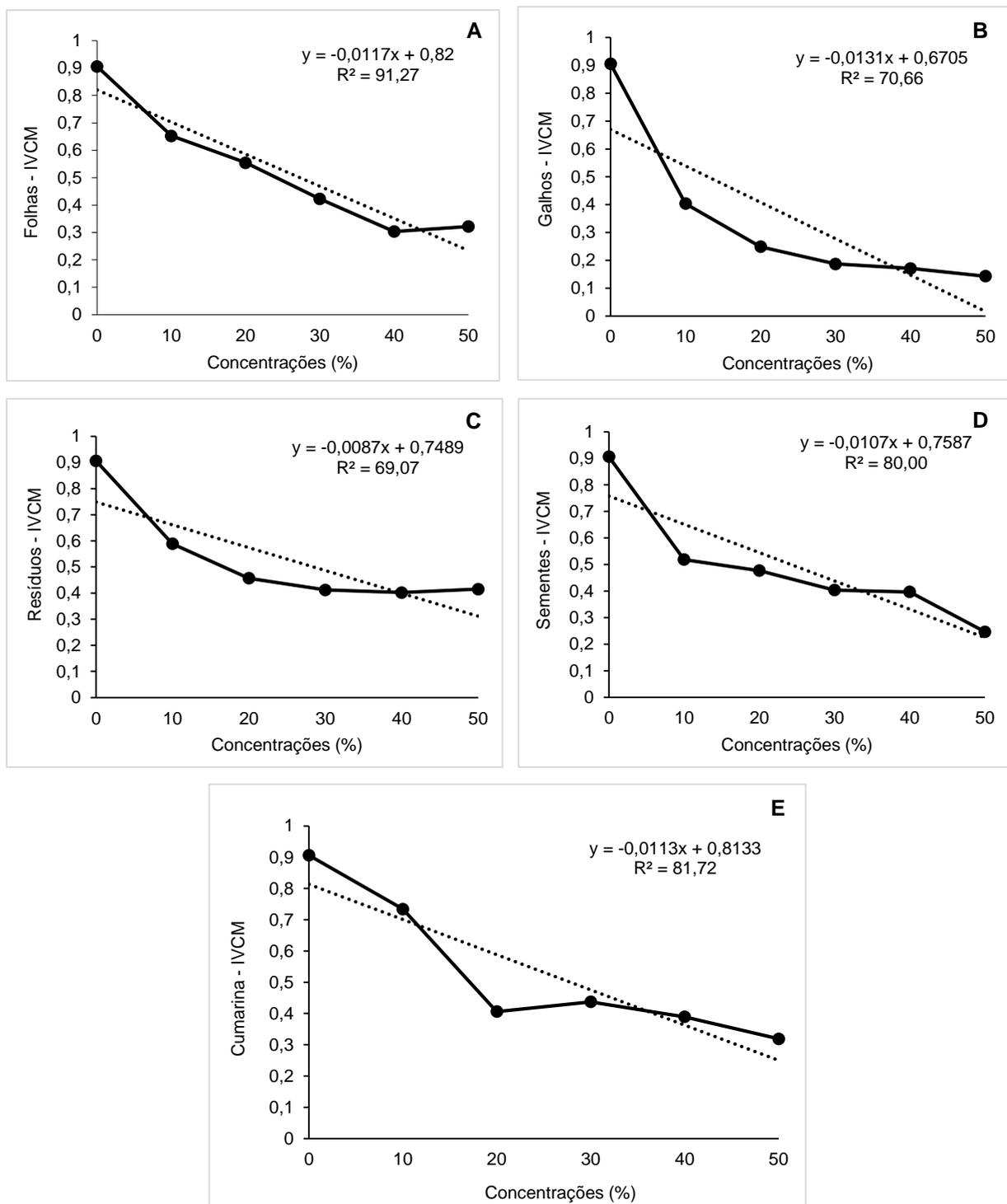


Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.

Para cada produto utilizado no controle de *C. musae* foram plotadas funções do primeiro grau ($y = ax \pm b$), que descrevem o comportamento do índice de velocidade do crescimento micelial (IVCM), variável dependente (y), em função das concentrações em teste (%), variável independente (x), e do índice de velocidade do controle (b), verificando-se uma tendência decrescente no IVCM para *C. musae* com o aumento das concentrações, sendo os menores índices de velocidade de crescimento diário obtidos nas concentrações de 40% e 50%, em todos os extratos etanólicos de *D. punctata* (Gráfico 13).

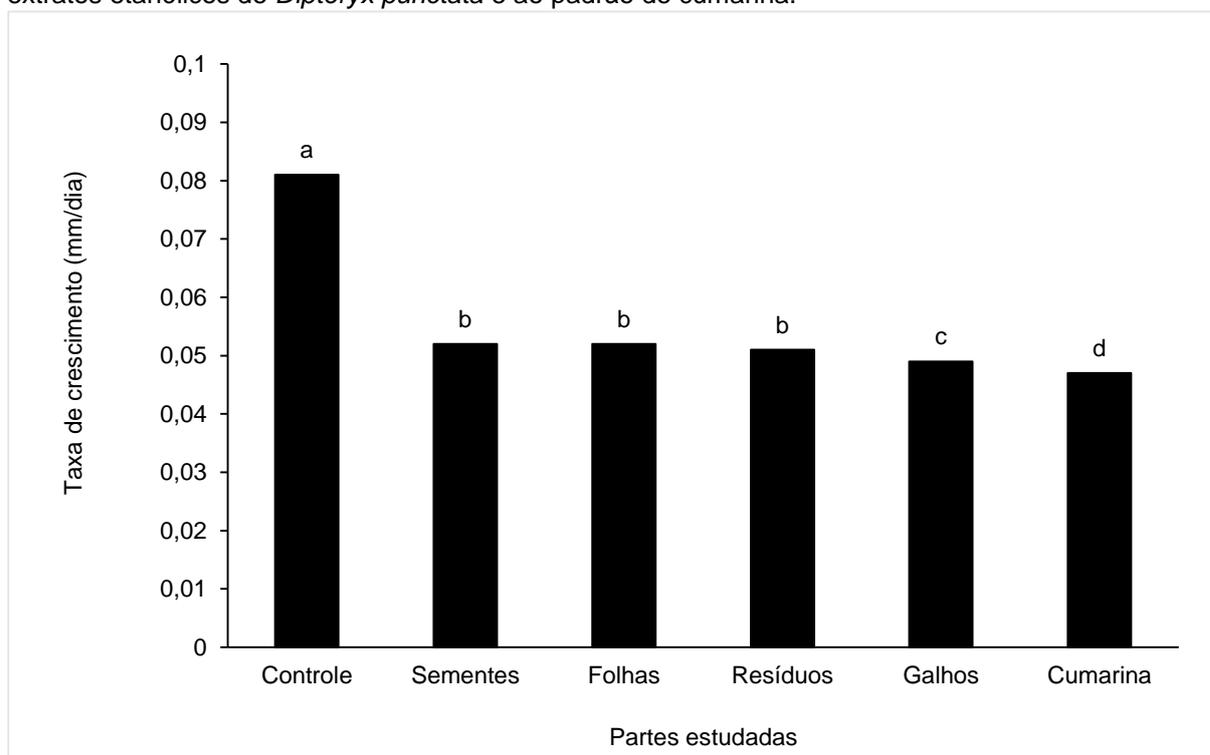
Submetido aos extratos das folhas, resíduos e cumarina, o IVCM médio foi 2 vezes mais lento que o controle; para as sementes foi 2,2 vezes menor e para os galhos a média do índice foi 3,9 vezes menor que o crescimento do fungo apenas em meio BDA.

Gráfico 13 – Análise de regressão do Índice de velocidade do crescimento micelial (IVCM) de *Colletotrichum musae* submetido a diferentes concentrações dos extratos etanólicos de *Dipteryx punctata* e do padrão de cumarina. **A.** Extrato das folhas. **B.** Extrato dos galhos. **C.** Extrato dos resíduos. **D.** Extrato das sementes. **E.** Padrão de cumarina. **Fonte:** SOUSA, B. C. M., 2022.



Houve diferença entre os produtos vegetais obtidos de *D. punctata* para a taxa de crescimento micelial (Tx) de *C. musae*, corroborando com as outras análises realizadas. As Tx do fungo na presença da cumarina e submetido ao extrato dos galhos foram de 0,047 mm/dia e 0,049 mm/dia, respectivamente (Gráfico 14). Para a cumarina, essa taxa crescimento foi 1,7 vezes menor que o crescimento do fungo apenas em BDA (controle).

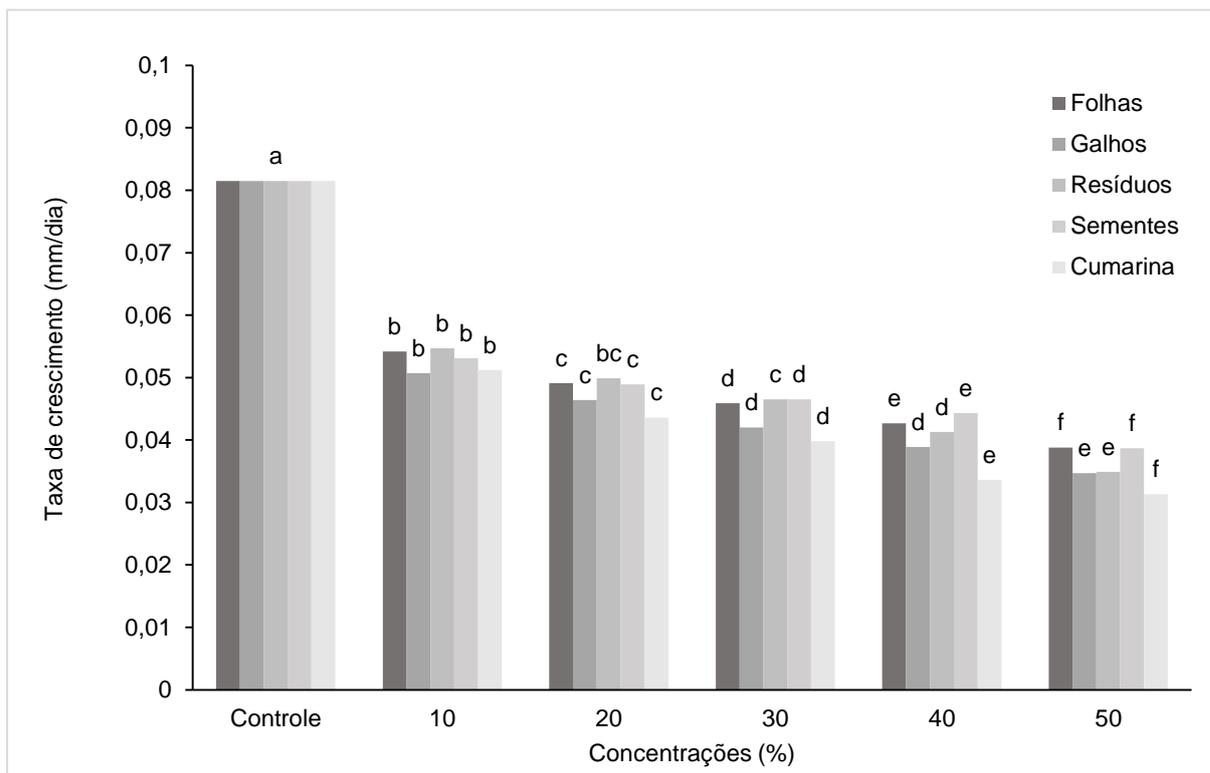
Gráfico 14 – Taxa de crescimento micelial de *Colletotrichum musae* submetido aos diferentes extratos etanólicos de *Dipteryx punctata* e ao padrão de cumarina.



Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.

A taxa de crescimento micelial avaliada em função das concentrações, demonstra que os extratos e a cumarina reduziram o crescimento diário de *C. musae* em todas as concentrações testadas (Gráfico 15). A maior concentração dos produtos ocasionou reduções acima de 50% na taxa de crescimento, com destaque para os extratos dos galhos com 57,4%, dos resíduos com 57,2% e para a cumarina com 61,6%, quando comparadas com o controle.

Gráfico 15 – Taxa de crescimento micelial de *Colletotrichum musae* submetido a diferentes concentrações dos extratos etanólicos de *Dipteryx punctata* e do padrão de cumarina.

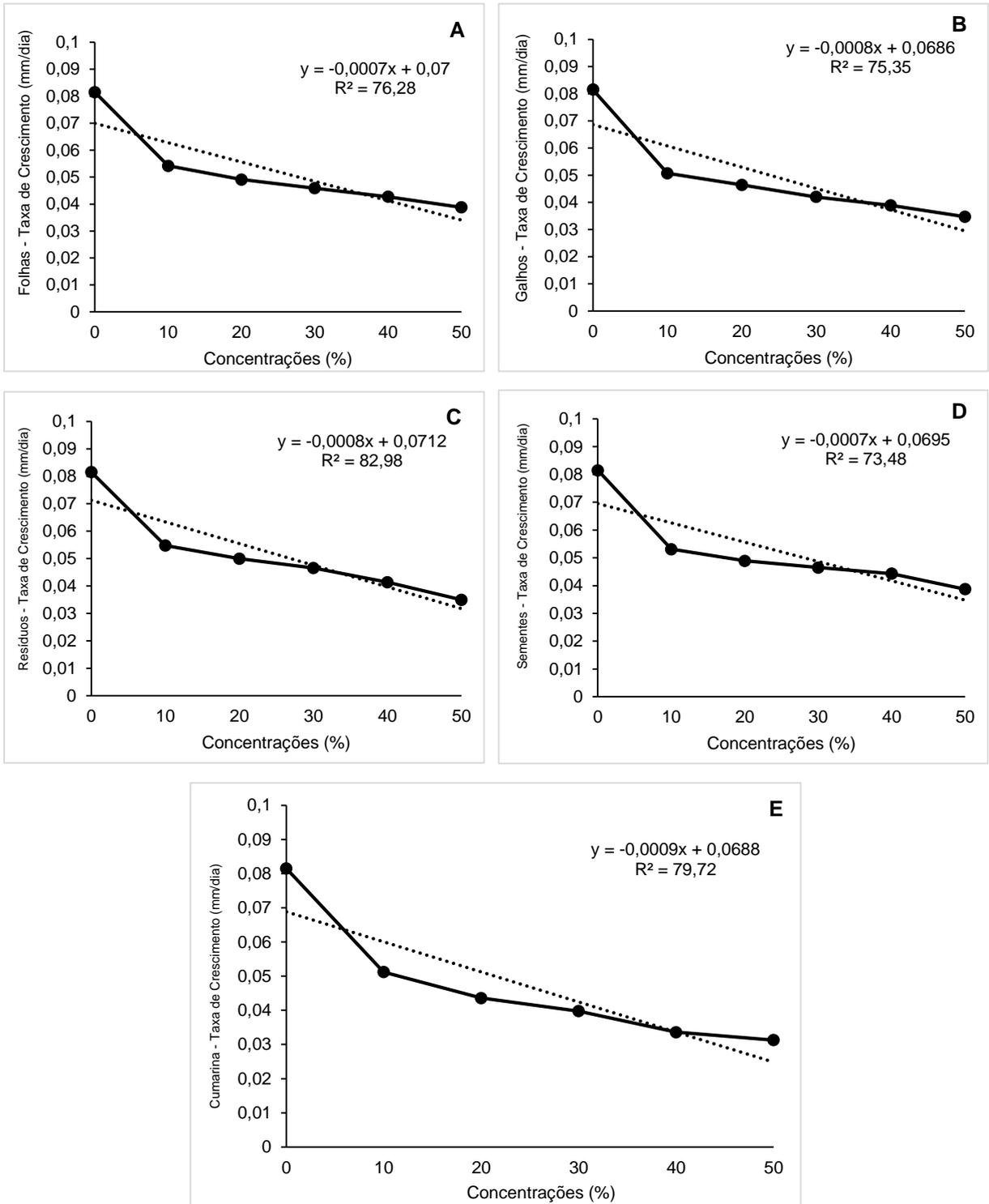


Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.

Nas análises de regressão das concentrações sobre a taxa de crescimento micelial (Tx) do fitopatógeno, observou-se comportamento linear (Gráfico 16), com os extratos e a cumarina reduzindo a Tx com o aumento das concentrações, enfatizando assim, o efeito inibitório das mesmas no decorrer dos dias de incubação do fitopatógeno. As concentrações proporcionaram uma taxa de crescimento média para a cumarina 2,0 vezes menor que o controle; para os galhos, essa taxa foi 1,9 vezes menor e, para os extratos das folhas, resíduos e sementes as taxas foram 1,8 vezes menores, quando comparadas ao controle.

Diferentes concentrações de extratos das folhas e ramos de melão de São Caetano (*Momordica charantia*) também demonstraram efeito linear das concentrações, ocorrendo maior inibição do crescimento micelial de *C. musae* com o aumento da concentração dos extratos (CELOTO et al., 2011). O extrato aquoso de canela avaliado no controle de *Cercospora kikuchii*, *Fusarium solani*, *Colletotrichum* sp. e *Phomopsis* sp. reduziu linearmente o diâmetro da colônia de *C. kikuchii*, com o aumento das concentrações utilizadas (VENTUROSOSO et al., 2011b).

Gráfico 16 – Análise de regressão da Taxa de crescimento micelial de *Colletotrichum musae* submetido a diferentes concentrações dos extratos etanólicos de *Dipteryx punctata* e do padrão de cumarina. **A.** Extrato das folhas. **B.** Extrato dos galhos. **C.** Extrato dos resíduos. **D.** Extrato das sementes. **E.** Padrão de cumarina. **Fonte:** SOUSA, B. C. M., 2022.



5.3.2 Atividade antifúngica, *in vivo*, dos extratos de *Dipteryx punctata* e cumarina

Houve diferença significativa para os fatores isoladamente, bem como a interação entre os produtos vegetais e as concentrações avaliadas, nos dois ensaios *in vivo*. Os extratos etanólicos de *D. punctata* e a cumarina reduziram o diâmetro médio das lesões, em relação ao controle, tanto na aplicação preventiva quanto curativa (Tabela 21). A procedência do material de coleta não influenciou no efeito dos produtos.

Na aplicação preventiva, não houve diferença significativa para o diâmetro médio das lesões entre os produtos e concentrações testadas, mas houve diferença desses fatores em relação ao tratamento controle (Tabela 21). De modo geral, os extratos ocasionaram reduções no tamanho das lesões nos frutos de banana que variaram de 34,4% a 48%, na concentração de 40% e 41,2% a 52,7%, na concentração de 50%, quando comparadas ao controle. Para a cumarina, as variações foram de 45,9% e 55,4%, em relação ao controle, mostrando-se promissora na redução das lesões nos frutos (Figura 12).

Na aplicação de extratos de melão de São Caetano (*Momordica charantia*), para o controle da antracnose em banana, verificaram que os tratamentos diferiram significativamente do controle, indicando a presença de substâncias antifúngicas, principalmente quando aplicados 1 e 24 horas antes da inoculação do fungo, confirmando a ação protetora dos extratos e redução do diâmetro das lesões da antracnose (CELOTO et al., 2011).

Tabela 21 – Diâmetro médio das lesões de antracnose ocasionadas por *Colletotrichum musae* em frutos de banana com aplicação preventiva dos extratos etanólicos de *Dipteryx punctata* e do padrão de cumarina.

Tratamento	Concentrações (%)	Diâmetro médio das lesões (mm)				
		Folhas	Galhos	Resíduos	Sementes	Cumarina
Controle	0,0	14,8 aA	14,8 aA	14,8 aA	14,8 aA	14,8 aA
Preventiva	40	9,2 bA	9,7 bA	9,5 bA	7,7 bA	8,0 bA
	50	8,6 bA	8,7 bA	8,2 bA	7,0 bA	6,6 bA
CV%						21,47

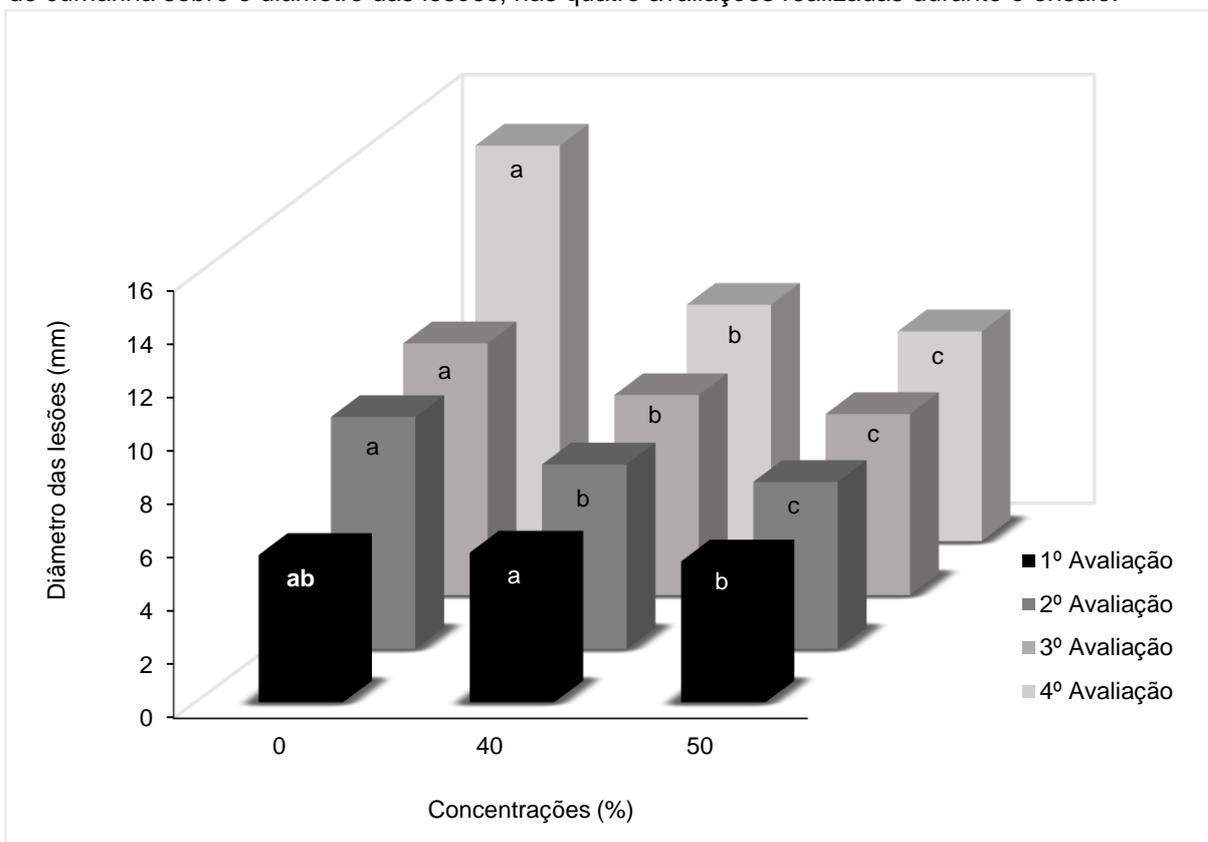
Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (≤ 0.05). **Fonte:** SOUSA, B. C. M., 2022.

Em relação às quatro avaliações realizadas no ensaio preventivo, verificou-se o efeito protetor dos extratos e da cumarina já a partir da segunda avaliação (Figura 12), com os frutos tratados apresentando menor desenvolvimento das lesões, sendo este, um resultado promissor quanto a ação protetora dos frutos (Gráfico 17).

Quando em grau adequado de maturação, a casca da banana apresenta proteção ideal que garante a segurança e conservação contra agentes externos; no entanto, assim como ocorre a hidrólise do amido que é convertido em açúcares solúveis, que caracteriza o gosto adocicado, redução da adstringência e amaciamento da casca, os compostos fenólicos presentes nas bananas que auxiliam nessa proteção diminuem (AURORE; PARFAIT; FAHRASMANE, 2009).

As reduções das lesões observadas pela aplicação preventiva dos extratos de cumaru podem estar vinculadas a interação entre os compostos presentes nos extratos e a composição natural da banana, tendo em vista que os produtos vegetais estudados são ricos em compostos fenólicos, oferecendo a proteção que a casca perde durante o processo de amadurecimento.

Gráfico 17 – Efeito da aplicação preventiva dos extratos etanólicos de *Dipteryx punctata* e do padrão de cumarina sobre o diâmetro das lesões, nas quatro avaliações realizadas durante o ensaio.



Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (≤ 0.05). **Fonte:** SOUSA, B. C. M., 2022.

Figura 12 – Frutos de banana não tratados e tratados preventivamente com o padrão de cumarina e, inoculados com *Colletotrichum musae*. **A.** Frutos pulverizados com água e inoculados com fitopatógeno (controle). **B.** Frutos pulverizados com cumarina (40%) e inoculados com o fitopatógeno. **C.** Frutos pulverizados com cumarina (50%) e inoculados com fitopatógeno, em quatro avaliações.



Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.

Semelhante ao observado na aplicação preventiva, os produtos e concentrações avaliados também diferiram do tratamento controle, na aplicação curativa. Todos os extratos, com exceção dos galhos, na concentração de 50%, ocasionaram maior redução no diâmetro médio das lesões da antracnose, em relação à concentração de 40% e ao controle (Tabela 22). Essas reduções corresponderam para o extrato das folhas 25,4%, para os resíduos 22,2% e sementes 26,7%. A cumarina foi o tratamento que resultou nas menores lesões, com 50,2% de redução em relação ao controle, na concentração de 50% (Figura 13).

Tabela 22 – Diâmetro médio das lesões de antracnose ocasionadas por *Colletotrichum musae* em frutos de banana com aplicação curativa dos extratos etanólicos de *Dipteryx punctata* e do padrão de cumarina.

Tratamento	Concentrações (%)	Diâmetro médio das lesões (mm)				
		Folhas	Galhos	Resíduos	Sementes	Cumarina
Controle	0,0	31,5 aA	31,5 aA	31,5 aA	31,5 aA	31,5 aA
Curativa	40	25,9 bA	26,3 bA	26,3 bA	25,2 bA	19,3 bB
	50	23,5 cAB	25,4 bA	24,5 cAB	23,1 cB	15,7 cC
CV%						7,87

Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (≤ 0.05). **Fonte:** SOUSA, B. C. M., 2022.

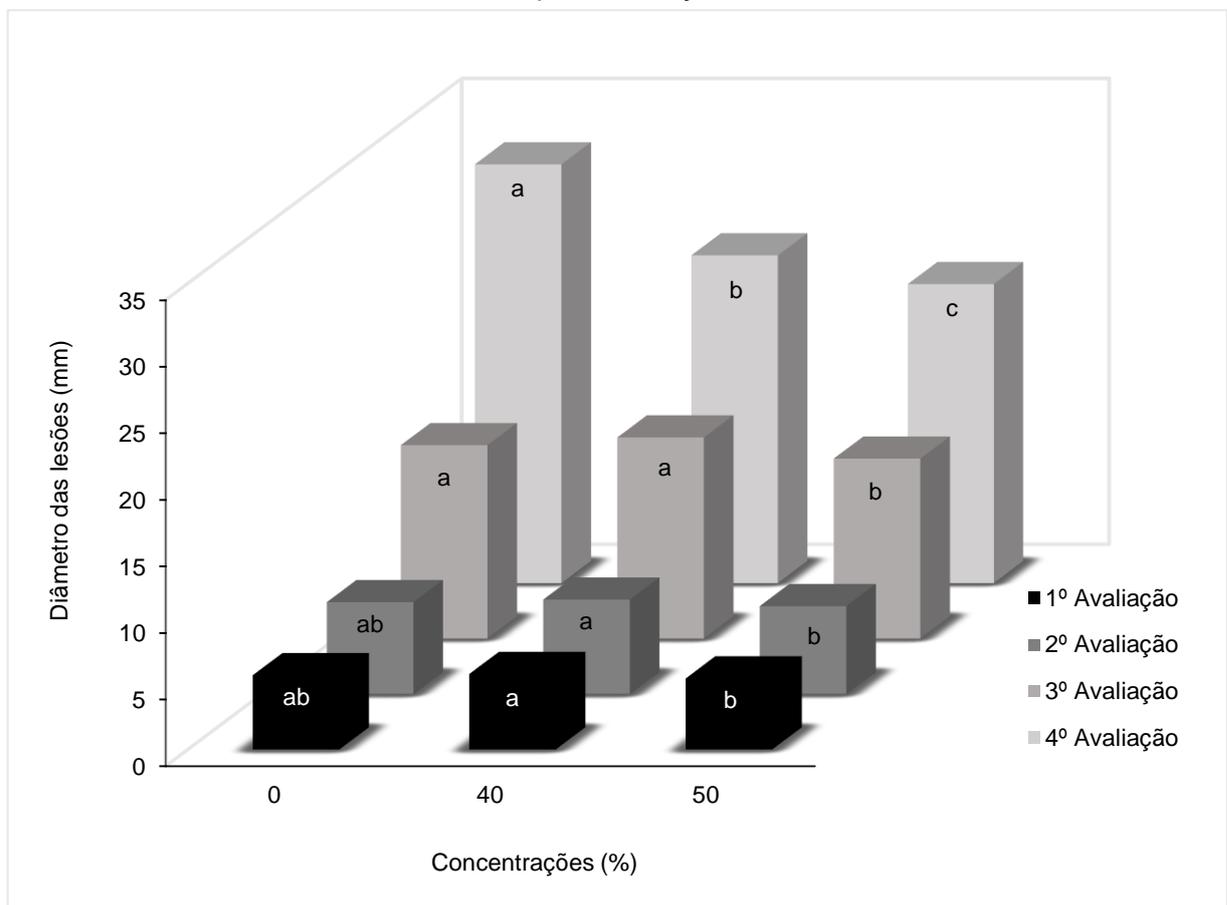
Para o ensaio curativo, o efeito das concentrações dos tratamentos em relação ao controle foi obtido apenas na terceira avaliação, na concentração de 50%, e nas duas concentrações em teste na quarta avaliação realizada (Gráfico 18).

A redução da intensidade da antracnose conferida por produtos alternativos pode estar vinculada ao favorecimento da resistência vegetal, através da produção de metabólitos secundários e mecanismos de defesa estruturais mais eficientes, como a presença de bioflavonóides e polímeros, precursores dos compostos secundários fitoalexinas e quitinases, respectivamente, responsáveis pela defesa vegetal; e pela ação germicida através da ruptura de membranas celulares dos fungos (NEGREIROS et al., 2013).

Frutos de banana submetidos a emulsão de óleos essenciais de alho (*Allium sativum*), copaíba (*Copaifera langsdorfii*), cravo-botão (*Eugenia caryophyllata*) e canela (*Cinnamomum zeylanicum*) promoveram menor percentual de severidade e o maior percentual de controle da antracnose nos frutos (CRUZ et al., 2013).

A ação antifúngica, *in vitro* e *in vivo*, de óleos de cravo-botão (*Eugenia caryophyllata*), tomilho (*Thymus vulgaris*), capim-limão (*Cymbopogon citratus*), canela (*Cinnamomum zeylanicum*) e orégano (*Origanum vulgare*) a 0,1% associados ou não com película de fécula de mandioca a 2 e 3%, no controle da antracnose em banana, mostrou os melhores resultados para o óleo de orégano, no teste *in vitro* e, para as películas isoladas e combinada com os óleos de capim-limão e tomilho, nas avaliações *in vivo*; houve também redução das lesões nos frutos de banana com a aplicação dos óleos isoladamente (SOARES et al., 2020).

Gráfico 18 – Efeito da aplicação curativa dos extratos etanólicos de *Dipteryx punctata* e do padrão de cumarina sobre o diâmetro das lesões, nas quatro avaliações realizadas durante o ensaio.



Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (≤ 0.05). **Fonte:** SOUSA, B. C. M., 2022.

Figura 13 – Frutos de banana inoculados com *Colletotrichum musae* e não tratados e tratados curativamente com o padrão de cumarina. **A.** Frutos inoculados com fitopatógeno (controle) e pulverizados com água. **B.** Frutos inoculados com o fitopatógeno e pulverizados com cumarina (40%). **C.** Frutos inoculados com fitopatógeno e pulverizados com cumarina (50%).



Fonte: SOUSA, B. C. M., 2022.

Como podemos observar, os dados obtidos são de fundamental importância tanto para o conhecimento sobre a espécie *D. punctata*, quanto para a consolidação da eficácia de produtos naturais como alternativas sustentáveis de controle da antracnose em banana. A renda obtida pela agricultura da banana representa cerca de 75% da renda familiar mensal total dos pequenos agricultores (FAO, 2021), e métodos de controle mais baratos e menos danosos, reduzem os custos na produção e aumentam a possibilidade de faturamento na venda de produtos mais orgânicos.

Os extratos etanólicos de *D. punctata* e a cumarina necessitam de testes em condições de campo, para que seja realizada a adequação da produção do extrato e formulação para uso em larga escala; além da determinação toxicológica ao ambiente e ao homem (CELOTO et al., 2011).

Novas técnicas, épocas, doses e intervalos de aplicação também possibilitam a identificação de um método seguro e eficaz no controle da antracnose em banana,

pois apenas com adoção dessas medidas sustentáveis, que devem iniciar no campo até o consumidor final, parâmetros de qualidade exigidos pelo mercado poderão ser atingidos (OLIVEIRA; VIANA; MARTINS, 2016).

5.4 Conclusão

Os extratos apresentaram alta atividade antifúngica sobre *Colletotrichum musae*, destacando-se os extratos dos galhos, resíduos e o padrão cumarina.

Os resultados obtidos para o percentual de inibição do crescimento (PIC%), índice de velocidade (IVCM) e taxa de crescimento micelial (Tx), demonstram o potencial dos produtos avaliados no controle de *C. musae*, nas condições utilizadas neste trabalho.

A atividade antifúngica encontrada para os resíduos dos frutos tem grande potencial, tendo em vista a possibilidade de reaproveitamento e valorização de um subproduto vegetal rico em compostos bioativos, além de contribuir para a redução do descarte de resíduos sólidos no ambiente.

A aplicação preventiva dos extratos, nas duas maiores concentrações, foi mais eficaz na redução das lesões da antracnose em frutos de banana.

Ensaio mais aprofundados são importantes para confirmar a eficácia dos extratos e cumarina em condições de campo, bem como para adequar a produção e dosagem dos extratos e, determinar a toxicidade desses produtos tanto para o ambiente, quanto para a saúde humana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G. Isolamento de Fungos Fitopatogênicos. In: ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G. (Ed.). **Métodos em fitopatologia**. Lavras: UFV, 2007. p. 53-90.
- AUORE, G.; PARFAIT, B.; FAHRASMANE, L. Banana raw materials for making processed food products. **Trends in Food Science and Technology**, v. 20, p. 78-91, 2009.
- BARBOSA, M. S.; VIEIRA, G. H. C.; TEIXEIRA, A. V. Atividade biológica *in vitro* de própolis e óleos essenciais sobre o fungo *Colletotrichum musae* isolado de bananeira (*Musa* spp.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 2, p. 254-261, 2015.
- BASTOS, C. N. Efeito do óleo de *Piper aduncum* sobre *Crinipellis pernicioso* e outros fungos fitopatogênicos. **Fitopatologia Brasileira**, v. 22, n. 3, p. 44-3, 1997.
- BENKEBLIA, N. Antimicrobial activity of essential oil extracts of various onions (*Allium cepa*) and garlic (*Allium sativum*). **Food Science and Technology**, v. 37, n. 2, p. 263-268, 2004.
- CELOTO, M. I. B.; PAPA, M. F. S.; SACRAMENTO, L. V. S.; CELOTO, F. J. Atividade antifúngica de extratos de *Momordica charantia* L. sobre *Colletotrichum musae*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. 3, p. 337-341, 2011.
- CORRÊA, A. J. C. **Análise comparativa de atividades antimicrobiana e citotóxica de extratos brutos e frações do rizoma de *Alpinia zerumbet* (PERS.) B.L. BURTT. & R.M. SM. Com três cumarinas sintéticas**. 2014. Dissertação (Pós-graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2014.
- CRUZ, M. E. S.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; CLEMENTE, E.; ITAKO, A. T.; STANGARLINS, J. R.; CRUZ, M. J. S. Plant extracts for controlling the post-harvest anthracnose of banana fruit. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, n. 4, supl.I, p. 727-733, 2013.
- CUNICO, M. M.; MIGUEL, O. G.; MIGUEL, M. D.; CARVALHO, J. L. S.; PEITZ, C.; AUER, C. G.; GRIGOLETTI JÚNIOR, A. Estudo da atividade antifúngica de *Ottonia martiana* Miq., Piperaceae: um teste *in vivo*. **Visão Acadêmica**, v. 4, n. 2, p. 77-82, 2003.
- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Banana: Market Review 2020. Rome, 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cb6639en/cb6639en.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2022.
- FERREIRA, D. F. **Software estatístico SISVAR versão 5.6**. CNPQ: Universidade Federal de Lavras, 2010.

GOMES, L. I. S. **Métodos de inoculação de *Colletotrichum gloeosporioides* e efeito de óleos essenciais no controle da antracnose em frutos de mamoeiro.** 2008. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

LEE, Y.; KIM, J.; SHIN, S.; LEE, S.; PARK, I. Antifungal activity of Myrtaceae essential oils and their components against three phytopathogenic fungi. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 23, n. 1, p. 23-28, 2008.

LIMA FILHO, R. M.; OLIVEIRA, S. M. A.; MENEZES, M. Caracterização Enzimática e Patogenicidade Cruzada de *Colletotrichum* spp. Associados a Doenças de Pós-Colheita. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. 6, p. 620-625, 2003.

LYON, G. D.; REGLINSKI, T.; NEWTON, A. C. Novel disease control compounds: the potential to “immunize” plants against infection. **Plant Pathology**, v. 44, p. 407-427, 1995.

MACÊDO, C. G.; SOUSA, B. C. M.; FRAGA, S. S.; LOURIDO, K. A.; LUSTOSA, D. C.; SILVA, E. O.; CASTRO, K. C. F. Fitoquímica e atividade antifúngica do extrato de folhas de *Piper marginatum* no controle de fitopatógenos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.6, p.70-77, 2018.

MEDICE, R.; ALVES, E.; ASSIS, R. T.; JÚNIOR, R. G. M.; LOPES, E. A. G. L. Óleos essenciais no controle da ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 1, p. 83-90, 2007.

NEGREIROS, R. J. Z.; SALOMÃO, L. C. C.; PEREIRA, O. L.; CECON, P. R.; SIQUEIRA, D. L. Controle da antracnose na pós-colheita de bananas ‘prata’ com produtos alternativos aos agrotóxicos convencionais. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 35, n. 1, p. 051-058, 2013.

OLHER, M. L. D. R.; PEREIRA, D. C. S.; MARTINS, M. L.; MARTINS, E. M. F.; CAMPOS, A. N. R. Controle *in vitro* do crescimento micelial e da germinação de conídios de *Botrytis cinerea* por metabólitos e extratos de *Pisolithus microcarpus*. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 15008-15025, 2021.

OLIVEIRA, J. A. **Efeito do tratamento fungicida em sementes no controle de tombamento de plântulas de pepino (*Cucumis sativas* L.) e pimentão (*Capsicum annanum* L.).** 1991. 111 f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1991.

OLIVEIRA, H. M. B. F. **Avaliação das atividades antifúngica, antioxidante e citotóxica dos monoterpenos (r)(+)-citronelal, (s)(-)-citronelal, 7-hidroxicitronelal.** 2016. 145 f. Tese (Doutorado em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

OLIVEIRA, E. S.; VIANA, F. M. P.; MARTINS, M. V. V. A. Alternativas a fungicidas sintéticos no controle da antracnose da banana. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 4, p. 340-350, 2016.

PERUCH, L. A. M.; SCHROEDER, A-L.; COLARICCIO, A.; GUIMARÃES, L.; CHAGAS, C. M. **Doenças do maracujazeiro amarelo**. Florianópolis: Epagri, 2009. 99 p.

PINTO, T. J. A.; KANEKO, T. M.; OHARA, M. T. **Controle Biológico de Qualidade de Produtos Farmacêuticos, Correlatos e Cosméticos**. 2 ed. São Paulo: Atheneu Editora, 2003. 325 p.

RODRIGUES, M. L. M.; MIZOBUTSI, E. H.; NACARATH, I. R. F. F.; FERNANDES, M. B.; MIZOBUTSI, G. P.; RIBEIRO, R. C. F.; REIS, S. T.; PINHEIRO, J. M. S.; PRATES, P. J. L. LAGE, G. G. A. Essential oils in the controlo f anthracnose on 'Prata Ana' banana. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 9, 2018.

SANTOS, P. C. M.; LIMA, W. G.; BEZERRA, C. S.; MICHEREFF, S. J.; CÂMARA, M. P. S. Diversidade genotípica e patogênica de *Colletotrichum musae* no estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 2, p. 355-366, 2015.

SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; STANGARLIN, J. R.; CRUZ, M. E. S. Uso de extratos vegetais no controle de fungos fitopatogênicos. **Revista Floresta**, v. 30, p. 129-137, 2000.

SILVA, K. S.; REBOUÇAS, T. N. H.; LEMOS, O. L.; BOMFIM, M. P.; BOMFIM, A. A.; ESQUIVEL, G. L.; BARRETO, A. P. P.; SÃO JOSÉ, A. R.; DIAS, N. O.; TAVARES, G. M. Patogenicidade causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) em diferentes espécies frutíferas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 1, 2006.

SILVA, A. C.; SALES, N. L. P.; ARAÚJO, A. V.; CALDEIRA JÚNIOR, C. F. Efeito *in vitro* de compostos de plantas sobre o fungo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. isolado do maracujazeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, Edição Especial, p. 1853-1860, 2009.

SOARES, M. G. O.; ALVES, E.; FREITAS, A. S.; ALMEIDA, C. A.; COSTA, S. S. Control of anthracnose in banana with cassava starch film associated or not with essential oils. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, n. 3, e8258, 2020.

SOUSA, B. C. M.; BARATA, L. E. S.; MACEDO, C. G.; FRAGA, S. S.; KASPER, A. A. M.; LOURIDO, K. A.; PAULINO, G. S.; ALMEIDA, E. C.; SARTORATTO, A.; LUSTOSA, D. C. Avaliação do teor de Cumarina e atividade antifúngica de frações de Óleo de Cumaru. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.6, p.63-69, 2018.

SOYLU, E. M.; KURT, S.; SOYLU, S. In vitro and in vivo antifungal activities of the essential oils of various plants against tomato grey mould disease agent *Botrytis cinerea*. **International Journal of Food Microbiology**, v. 143, n. 3, p. 183-189, 2010.

SULLIVAN, G. Occurrence of umbelliferone in the seeds of *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.30, n.3, p.609-610, 1982.

TAUBE JÚNIOR, P. S.; CASTRO, K. C. F.; BARATA, L. E. S. **Experimentos de Química**. Santarém: Ufopa, 2014. 242 p.

TAVARES, G. M.; SOUZA, P. E. Efeito de fungicidas no controle *in vitro* de *Colletotrichum gloeosporioides*, agente etiológico da Antracnose do Mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 1, p. 52-59, 2005.

VENTUROSO, L. R.; BACCHI, L. M. A.; GAVASSONI, W. L.; CONUS, L. A.; PONTIM, B. C. A.; BERGAMIN, A. C. Atividade antifúngica de extratos vegetais sobre o desenvolvimento de fitopatógenos. **Summa Phytopathologica**, v. 37, n. 1, p. 18-23, 2011a.

VENTUROSO, L. R.; BACCHI, L. M. A.; GAVASSONI, W. L.; CONUS, L. A.; PONTIM, B. C. A.; SOUZA, F. R. Inibição do crescimento *in vitro* de fitopatógenos sob diferentes concentrações de extratos de plantas medicinais. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 78, n. 1, p. 89-95, 2011b.

YAO, J.; FANG, S.; LIU, L.; OPPONG, M. B.; LIU, E.; FAN, G.; ZHANG, H. A Review on the terpenes from genus *Vitex*. **Molecules**, v. 21, n. 9, 1179, 2016.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil é o país que mais publica estudos sobre *Dipteryx*, e as espécies *D. alata* e *D. odorata* são as mais pesquisadas, reforçando a necessidade de incentivar a produção acadêmica e publicações científicas sobre outras espécies do gênero *Dipteryx*.

A presença das classes de compostos estudadas e a caracterização química por CG-EM corroboraram com a ação antioxidante promissora encontrada nos extratos, especialmente para os obtidos das folhas e resíduos dos frutos.

A Fitoquímica realizada para *D. punctata* contribui para reduzir a escassez de informações sobre essa espécie.

Os extratos e a cumarina apresentaram alta atividade antifúngica e, a aplicação preventiva foi mais eficaz na redução das lesões da antracnose em frutos de banana.

As atividades antioxidante e antifúngica mostraram resultados com potencial para o desenvolvimento futuro de produtos. No entanto, testes mais aprofundados devem ser realizados para confirmar esse potencial, especialmente o relacionado ao uso dos extratos como medida de controle alternativa para *Colletotrichum musae*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDO, M. T. N.; VALERI, S. V.; MARTINS, A. L. M. Sistemas agroflorestais e agricultura familiar: uma parceria interessante. **Revista Tecnologia e Inovação Agropecuária**, v. 1, n. 2, p. 50-59, 2008.
- AIMEX. **Dados de Exportação**. 2021. Disponível em: <https://www.aimex.com.br/estatisticas>. Acesso em: 24 dez. 2021.
- ALVES, C. Q.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P.; BAHIA, M. V.; AGUIAR, R. M. Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos. Revisão. **Química Nova**, v. 33, n. 10, 2010.
- AMARAL, J. F. **Atividade anti-inflamatória, antinociceptiva e gastroprotetora do óleo essencial de *Croton sonderianus* Muell.** Arg. 2004. 150 f. Dissertação (Mestrado em Farmacologia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.
- ARAÚJO, V. F.; ECHEVERRIA, R. M.; PASTORE JÚNIOR, F. **Sistema de extração de sementes de Cumaru**. Universidade de Brasília - UNB. Instituto de Química, Laboratório de Tecnologia Química - LATEQ. Brasília, Distrito Federal, 2004.
- ARBOS, K. A.; STEVANI, P. C.; CASTANHA, R. F. Atividade antimicrobiana, antioxidante e teor de compostos fenólicos em casca e amêndoa de frutos de manga. **Revista Ceres**, v. 60, n. 2, p. 161-165, 2013.
- ARCO-VERDE, M. F. **Sustentabilidade biofísica e socioeconômica de sistemas agroflorestais na Amazônia Brasileira**. 2008. 188 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- ARELHANO, L. E.; CANDIDO, C. J.; GUIMARÃES, R. C. A.; PRATES, M. F. O. Caracterização nutritiva, bioativas e sensorial de *frozen yogurt* adicionado de castanhas de baru. **Interações**, v. 20, n. 1, p. 257-265, 2019.
- ARNAO, M. B. Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. **Trends in Food Science & Technology**, v. 11, n. 11, p. 419-421, 2000.
- BAE, G. U.; SEO, D. W.; KWON, H. K.; LEE, H. Y.; HONG, S.; LEE, Z. W.; HA, K. S.; LEE, H. W.; HAN, J. W. Hydrogen peroxide activates p70(S6k) signaling pathway. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 274, n. 46, p. 32596-602, 1999.
- BARHAM, J. Tribo Dipterygeae. In: LEWIS, G. P., SCHRIRE, B. D., MACKINDER, B. A.; LOCK, J. M. **Legumes of the World**. Kew, Royal Botanic Gardens, 2005. p. 250-251.
- BASTOS, C. N. Óleos essenciais e plantas: uma alternativa no controle de fitopatógenos, In: POLTRONIERI, L. S.; TRINDADE, D. R.; SANTOS, I. P. S. **Pragas e doenças de cultivos amazônicos**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. p. 93-100.

BETTIOL, W.; GHINI, R. Proteção de plantas em sistemas agrícolas alternativos. In: CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. (Eds.) **Métodos Alternativos de Controle Fitossanitário**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2003. p. 79-95.

BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. (Ed.). **Biocontrole de doenças de plantas**. Uso e perspectivas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. 332 p.

BOYCE, A. M. Historical aspects of insecticide development. In: METCALF, R. L.; McKELVEY JR., J. J. **The future for insecticides needs and prospects: proceedings of a rockefeller foundation conference**, Bellagio, Italy. New York: J. Wiley, 1974. p. 469-488.

CARBONI, R. C. D. **Complexos de espécies de *Colletotrichum* associados aos citros e a outras frutíferas no Brasil**. 2018. Tese (Pós-graduação em Agronomia – Genética e melhoramento de plantas) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Jaboticabal, São Paulo, 2018.

CARVALHO, P. E. R. Cumaru-ferro *Dipteryx odorata*. **Comunicado técnico Embrapa**, n. 225, ISSN 1517-5030, 2009.

CARVALHO, C. S.; LIMA, H. C.; CARDOSO, D. B. O. S. *Dipteryx in Flora e Funga do Brasil*. 2020a. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB22952>. Acesso em: 07 abr. 2022.

CARVALHO, C. S.; LIMA, H. C.; CARDOSO, D. B. O. S. *Dipteryx in Flora do Brasil* 2020b. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB83130>. Acesso em: 29 dez. 2021.

CASTILHOS, T. S.; GIORDANI, R. B.; HENRIQUES, A. T.; MENEZES, F. S.; ZUANAZZI, J. A. S. Avaliação *in vitro* das atividades anti-inflamatória, antioxidante e antimicrobiana do alcalóide montanina. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, n. 2, p. 209-214, 2007.

CELOTO, M. I. B.; PAPA, M. F. S.; DO SACRAMENTO, L. V. S.; CELOTO, F. J. Atividade antifúngica de extratos de plantas a *Colletotrichum gloeosporioides*. **Acta Scientiarum**, v. 30, n. 1, p. 1-5, 2008.

CIESLA, L.; KRYSZEN, J.; STOCHMAL, A.; OLESZEK, W.; WAKSMUNDZKA-HAJNOS, M. Approach to develop a standardized TLC-DPPH test for assessing free radical scavenging properties of selected phenolic compounds. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 70, n. 0, p. 126-135, 2012.

CORRÊA, A. J. C. **Análise comparativa de atividades antimicrobiana e citotóxica de extratos brutos e frações do rizoma de *Alpinia zerumbet* (PERS.) B.L. BURTT. & R.M. SM. com três cumarinas sintéticas**. 2014. Dissertação (Pós-graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2014.

COSTA, M. A. C.; JESUS, J. G.; FARIAS, J. G.; NOGUEIRA, J. C. M.; OLIVEIRA, A. L. R. Variação estacional do óleo essencial em arnica (*Lychnofora ericoides* Mart.). **Revista de Biologia Neotropical**, v. 5, n. 1, p. 53-65, 2008.

COSTA, C. A.; NASCIMENTO, M. B.; BAIA, A. D. B.; SOUZA, A. S.; SILVA, I. L. S. S. Atividade antifúngica do extrato aquoso de gengibre sobre o crescimento micelial e esporulação *in vitro* de *Phytophthora palmivora* agente etiológico da Podridão do pé do mamoeiro (*Carica papaya* L.). In: Seminário Anual de Iniciação Científica da Ufra, 10, 2012. **Anais [...]** Belém, 2012.

CUNICO, M. M.; MIGUEL, O. G.; MIGUEL, M. D.; CARVALHO, J. L. S.; PEITZ, C.; AUER, C. G.; GRIGOLETTI JÚNIOR, A. Estudo da atividade antifúngica de *Ottonia martiana* Miq., Piperaceae: um teste *in vivo*. **Visão Acadêmica**, v. 4, n. 2, p. 77-82, 2003.

DECKER, S. **Inseticidas vegetais**. Boletim da Agricultura. São Paulo: Secretaria de Agricultura, Indústrias e Comércio do Estado de S. Paulo, 1942, 18 p.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Banana: Market Review 2020. Rome, 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cb6639en/cb6639en.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2022.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. International trade Banana: Market Review Preliminary results 2021. Rome, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cb9411en/cb9411en.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2022.

FELIPINI, R. B.; DI PIERO, R. M. Redução da severidade da podridão-amarga de maçã em pós-colheita pela imersão de frutos em quitosana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1591-1597, 2009.

FERNANDES, O. C. C.; CARNEIRO, A. L. B.; SILVA, A. B.; FEITOSA, K. B.; LEMOS, R. A.; CRUZ FILHO, R. F.; SILVA, J. C. Compostos Naturais e Atividade Antimicrobiana. In: TEIXEIRA, M. F. S.; SILVA, T. A.; PALHETA, R. A.; CARNEIRO, A. L. B.; ATAYDE, H. M. **Fungos da Amazônia: uma riqueza inexplorada** (Aplicações Biotecnológicas). Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2011. p. 82-103.

FRANCISCO, V. M. da C. R. **Filogenia molecular e morfológica da tribo Dipterygeae** (*Papilionoideae*, *Leguminosae*). 2010. Dissertação (Pós-graduação em Botânica) - Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro/Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro, 2010.

FUMAGALI, E.; GONÇALVES, R. A. C.; MACHADO, M. F. P. S.; VIDOTI, G. J.; OLIVEIRA, A. J. B. Produção de metabólitos secundários em cultura de células e tecidos de plantas: O exemplo dos gêneros *Tabernaemontana* e *Aspidosperma*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 4, p. 627-641, 2008.

GUERRA, G. A. D. Pluralismo epistemológico e metodológico em busca de paradigmas ecológicos. In: HENTZ, A.; MANESCHY, R. **Práticas agroecológicas:**

soluções sustentáveis para a agricultura familiar na região sudeste do Pará. Jundiá, Paco Editorial, 2011. 357 p. 17-24.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C.; CROSS, C. E. Free radicals, antioxidants, and human disease: where are we now? **The Journal of Laboratory and Clinical Medicine**, v. 119, n. 6, p. 598-620, 1992.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 289 - **Quantidade produzida e valor da produção na extração vegetal, por tipo de produto extrativo**. 2021a. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/289>. Acesso em: 24 dez. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 1613 – **Área destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor de produção das lavouras permanentes**. 2021b. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>. Acesso em: 25 dez. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agropecuária**. 2021c. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/>. Acesso em: 25 mai. 2021.

ILDIS – INTERNATIONAL LEGUME DATABASE AND INFORMATION SERVICE. *Dipteryx punctata*. 2018. Disponível em: <http://www.ildis.org/LegumeWeb/>. Acesso em: 30 dez. 2019.

INDEX FUNGORUM. *Colletotrichum musae* (Berk. & M.A. Curtis) Arx. 2022. Disponível em: <http://www.indexfungorum.org/names/NamesRecord.asp?RecordID=295348>. Acesso em: 16 jun. 2022.

JAMAL, C. M.; SILVEIRA, D.; RONCHI, R.; ANDRADE, M. A.; BATITUCCI, M. C.; BRASILEIRO, B. G.; SILVA, M. B. O uso de extratos vegetais no controle alternativo da podridão pós-colheita da banana. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO CERRADO, 9, 2008. **Anais** [...] Brasília: EMBRAPA Cerrados, 2008. p. 1-9.

JANSSEN, A. M.; SCHEFFER, J. J. C.; SVENDSEN, A. B. Antimicrobials activities of essential oils. **Pharmacy Weekb**, v. 9, n. 5, p. 193-197, 1987.

JAYAWARDENA, R. S.; BHUNJUN, C. S.; HYDE, K. D.; GENTEKAKI, E.; ITTHAYAKORN, P. *Colletotrichum*: lifestyles, biology, morpho-species, species complexes and accepted species. **Mycosphere**, v. 12, n. 1, p. 519-669, 2021.

KASPER, A. A. M.; SOUSA, B. C. M.; LOURIDO, K. A.; MARTIN, B. S.; BARATA, L. E. S.; LUSTOSA, D. C. Óleo essencial e hidrolato de *Cyperus articulatus* var. *nodosus* no controle de *Colletotrichum musae*. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

KIRSCHWENG, B.; TÁTRAALJAI, D.; FOLDES, E. PUKANSZKY, B. Natural antioxidants as stabilizers for polymers. **Polymer Degradation and Stability**, v. 145, 2017.

LE COINTE, P. **Amazônia Brasileira III - Árvores e Plantas Úteis (indígenas e aclimatadas)**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Brasileira, 1947. 506 p.

LEITE, C. D.; BOTELHO, R. V.; BROETTO, D.; MACHADO, D.; MAIA, A. J.; FARIA, C. M. D. R. Controle pós-colheita da podridão-amarga da maçã com o uso do óleo de Nim. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 1644-1648, 2009.

LEONEL, M.; CARMO, E. L. D.; LEONEL, S.; FRANCO, C. M. L.; CAMPANHA, R. B. Extração e caracterização do amido de diferentes genótipos de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. spe1, p. 599-605, 2011.

LIMA JÚNIOR, A. F. **Efeito de diferentes extratos vegetais no controle de *Anthoscelides obtectus* e *Sitophilus* sp.** 2011. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2011.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. v. 2. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 1998. 352 p.

LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F. DA; ALENCAR, J. C. **Essências madeireiras da Amazônia**. v. 2. Manaus: Inpa, 1979. 187 p.

LOURIDO, K. A.; VIEIRA, B. N. P.; PAULINO, G. S.; SOUSA, B. C. M.; BARATA, L. E. S.; LUSTOSA, D. C. Uso do óleo essencial de macacaporanga no controle alternativo da antracnose em frutos de goiaba. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

LUCENA, D. M.; AMÂNCIO, G. C. S.; MORAIS, H. A. Triagem fitoquímica e atividade antioxidante de extratos de louro (*Laurus nobilis* L.). **Revista Sociedade Científica**, v. 3, n. 8, 2020.

LUNZ, A. M. P.; FRANKE, I. L. **Princípios Gerais e planejamento de Sistemas Agroflorestais**. Rio Branco: Embrapa, 1998. 27 p.

LYON, G. D.; REGLINSKI, T.; NEWTON, A. C. Novel disease control compounds: the potential to "immunize" plants against infection. **Plant Pathology**, v. 44, p. 407-427, 1995.

MACHADO, M. R. **Plantios florestais na Amazônia Central: biometria, ciclagem bioquímica e alterações edáficas**. 2008. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia - INPA/Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Manaus, Amazonas, 2008.

MARICONI, F. A. M. **Inseticidas e seu emprego no combate as pragas**. Defensivos. 5 ed. São Paulo: Nobel, 1981. 122 p.

MARTINEZ, S. S. Composição do nim, In: MARTINEZ, S. S. **O Nim – Azadirachta indica: natureza, usos múltiplos, produção**. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 2002. p. 23-30.

MATOS, J. M. D.; MATOS, M. E. O. **Farmacognosia**: curso teórico – prático. Fortaleza: edições UFC, 1989.

MELO, P. S.; BERGAMASCHI, K. B.; TIVERON, A. P.; MASSARIOLI, A. P.; OLDONI, T. L. C.; ZANUS, M. C.; PEREIRA, G. E.; ALENCAR, S. M. Composição fenólica e atividade antioxidante de resíduos agroindustriais. **Ciência Rural**, v. 41, n. 6, p.1088-1093, 2011.

MESQUITA, R. C. G.; JAKOVAC, A. C. C.; BENTOS, T. V. Enriquecimento de capoeiras na Amazônia central: olhando o passado para prever o sucesso futuro do sistema. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 9, 2009. **Anais [...]** São Lourenço-MG, 2009.

MOON, J. K.; SHIBAMOTO, T. Antioxidant Assays for Plant and Food Components. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 5, p. 1655-1666, 2009.

MORAIS, S. M.; CATUNDA JÚNIOR, F. E. A.; SILVA, A. R. A.; MARTINS NETO, J. S.; RONDINA, D.; CARDOSO, J. H. L. Atividade antioxidante de óleos essenciais de espécies de Croton do Nordeste do Brasil. **Química nova**, v. 29, n. 5, p. 907-910, 2006.

MORAIS, L. A. S. Óleos essenciais no controle fitossanitário. In: BETTIOL, W. & MORANDI, M. A. B. **Biocontrole de doenças de plantas**: uso e perspectivas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. p.137-150.

MOTA, C. G.; PAULETTO, D.; CAPUCHO, H. L. V.; SILVA, S. U. P.; PONTE, M. X. O cultivo do cumaru como alternativa econômica para agricultores familiares: estudo de caso na região oeste do Pará. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, e46511326732, 2022.

NAIR, P. K. The coming of age of agroforestry. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 87, p. 1613-1619, 2007.

OHANA, D. T. **Anatomia de sementes e plântulas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Will. (Fabacea), como contribuição ao estudo farmacognóstico de plantas da região amazônica**. 1998. Dissertação (Pós-graduação em Botânica) - Instituto de Pesquisas da Amazônia - INPA/Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Manaus, Amazonas, 1998.

OLIVEIRA, P. S.; MULLER, R. C. S.; DANTAS, K. G. F.; ALVES, C. N.; VASCONCELOS, M. A. M.; VENTURIERI, G. C. Ácidos fenólicos, flavonoides e atividade antioxidante em mel de *Melipona fasciculata*, *M. flavolineata* (Apidae, Meliponini) e *Apis mellifera* (Apidae, Apini) da Amazônia. **Química Nova**, v. 35, n. 9, p. 1728-1732, 2012.

OLIVEROS-BASTIDAS, A. J.; CORDERO, I.; PAREDES, D.; BUENDIA, D.; DOMÍNGUEZ, F. A. M. Extracción y cuantificación de cumarina mediante HPLC-UV em extractos hidroetanólico de semillas de *Dipteryx odorata*. **Revista Latinoamericana de Química**, v. 39, n. 1-2, p. 17-31, 2011.

PASTORE JÚNIOR, F.; BORGES, V. L.; **Produtos Florestais Não-Madeireiros - Processamento, coleta e comercialização**. Projeto ITTO PD 143/91. LATEQ - IQ - UnB. Brasília, Distrito Federal, 1998.

PAULINO, G. S.; SOUSA, B. C. M.; LOURIDO, K. A.; VIEIRA, B. N. P.; VIEIRA, T. A.; LUSTOSA, D. C. Uso do óleo de Castanha do Brasil no controle alternativo de fitopatógenos de espécies agrícolas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018a.

PAULINO, G. S.; VIEIRA, B. N. P.; SANTOS, B. R. J.; MATOS, J. C. N. LUSTOSA, D. C. Controle da antracnose do mamoeiro com óleo essencial e hidrolato de louro (*Laurus sp.*) **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018b.

PAULINO, G. S.; VIEIRA, B. N. P.; SANTOS, B. R. J.; MATOS, J. C. N.; LUSTOSA, D. C. Óleos essenciais no controle alternativo da antracnose em hortaliças e frutíferas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018c.

PERUCH, L. A. M.; SCHROEDER, A-L.; COLARICCIO, A.; GUIMARÃES, L.; CHAGAS, C. M. **Doenças do maracujazeiro amarelo**. Florianópolis: Epagri, 2009. 99 p.

PESCE, C. **Oleaginosas da Amazônia**. 2. ed., rev. e atual. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, Núcleo de Estudos Agrários e Desenvolvimento Rural, 2009. 334 p.: il. 1. ed. em 1941.

PICADO, W. Ciencia y geopolítica en los orígenes de la Revolución Verde. **Revista de Ciencias Ambientales**, v. 36, n. 2, p. 46-56, 2008.

POLTRONIERI, L. S.; TRINDADE, D. R.; ALBUQUERQUE, F. C.; DUARTE, M. L. R.; POLTRONIERI, M. C. **Doenças do maracujazeiro no Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 37 p.

POTENZA, M. R. Produtos naturais para o controle de pragas. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO: CAFÉ, 5, 2004. **Anais [...]** São Paulo-SP, 2004. p. 89-100.

PRANCE, G. T.; SILVA, M. F. **Árvores de Manaus**. Manaus: Inpa, 1975. 312 p.

RÊGO, L. J. S. **Análise econômica da produção da amêndoa de cumaru e caracterização do seu mercado em Santarém e Alenquer, Pará**. 2014. 141 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2014.

RÊGO, L. J. S.; SILVA, M. L.; SILVA, L. F.; GAMA, J. R. V.; REIS, L. P.; REIS, P. C. Caracterização do consumo de amêndoa de cumaru na Amazônia Oriental. **Biota Amazônia**, v. 7, n. 3, p. 23-27, 2017.

REIS, A.; DUVAL, A. M. Q.; INOUE-NAGATA, A. K.; ÁVILA, A. C.; LOPES, C. A. **Manejo de doenças em pimentas no Brasil**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2011.

RIOS, M. N. DA S.; PASTORE JÚNIOR, F. **Plantas da Amazônia: 450 espécies de uso geral**. Brasília: Universidade de Brasília - Biblioteca Central, 2011.

ROBBERS, J. E.; SPEEDIE, M. K.; TYLER, V. E. **Farmacognosia e Farmacobiotechnologia**. São Paulo: Editorial Premier, 1997. 372 p.

ROCHA, J. F. G. **Solos da região sudeste do município de Santarém, estado do Pará: mapeamento e classificação**. 2014. 61 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia) - Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2014.

ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Food Science and Technology**, v. 27, n. 1, p. 53-60, 2007.

ROZWALKA, L. C.; LIMA, M. L. R. Z. C.; MIO, L. L. M. NAKASHIMA, T. Extratos, decoctos e óleos essenciais de plantas medicinais e aromáticas na inibição de *Glomerella cingulata* e *Colletotrichum gloeosporioides* de frutos de goiaba. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 301-307, 2008.

SAITO, M. L.; LUCCHINI, F. **Substâncias Obtidas de Plantas e a Procura por Praguicidas Eficientes e Seguros ao Meio Ambiente**. Jaguariúna: Embrapa/CNPMA, 1998. 46 p.

SALGADO, A. P. S. P.; SCHMIDT, P. A.; FRAGA, A. C.; CASTRO, D. P.; SILVA, V. F.; VILELA, F. J.; AGUIAR, P. M.; CASTRO NETO, P. Rendimento de óleos fixos de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum*) e sua caracterização química. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 4, 2003. **Anais [...]** Goiânia: EMBRAPA Algodão, 2003.

SAMPAIO, P. de T. B. Cumaru (*Dipteryx odorata*). In: CLAY, J. w.; SAMPAIO, P. de T. B.; CLEMENT, C. R. **Biodiversidade amazônica: exemplos e estratégias de utilização**. Manaus: Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico, 2000. p. 281-287.

SANTOS, S. H. M. Cumaru *Dipteryx odorata* Willd. Família Leguminosae. **Recomendações técnicas Embrapa Amazônia Oriental**, Belém-PA, 2002.

SANTOS, P. L.; PRANDO, M. B.; MORANDO, R.; PEREIRA, G. V. N.; KRONKA, A. Z. Utilização de extratos vegetais em proteção de plantas. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.17; p. 2562. 2013.

SCHMAL, B. **Óleos da Amazônia os cheiros da floresta em vidrinhos: manejo comunitário de produtos florestais não madeireiros e fortalecimento local no município de Silves – AM**. Manaus: Ibama/ProVarzea, 2006. 28 p.

SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; STANGARLIN, J. R.; CRUZ, M. E. S. Uso de extratos vegetais no controle de fungos fitopatogênicos. **Revista Floresta**, v. 30, p. 129-137, 2000.

SCHWAN-ESTRADA, K. R. F. Extratos vegetais e de cogumelos no controle de doenças de plantas. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 4038-4045, 2009.

SILVA, M. B.; ROSA, M. B.; BRASILEIRO, B. G.; ALMEIDA, V.; SILVA, C. A. Desenvolvimento de produtos à base de extratos de plantas para o controle de doenças de plantas. In: VENEZON, M.; PAULA JR., T. J.; PALLINI, A. (Eds.). **Controle alternativo de pragas e doenças**. Viçosa: EPAMIG/CTZM, 2005. p. 221-246.

SILVA, P. de T. E.; BRIENZA JÚNIOR, S.; YARED, J. A. G.; BARROS, P. L. C.; MACIEL, M. de N. M. Principais espécies florestais utilizadas em sistemas agroflorestais na Amazônia. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 49, p. 127-144, 2008.

SILVA, A. C.; SALES, N. L. P.; ARAÚJO, A. V.; CALDEIRA JÚNIOR, C. F. Efeito *in vitro* de compostos de plantas sobre o fungo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. isolado do maracujazeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, Edição Especial, p. 1853-1860, 2009.

SILVA, M. B.; MORANDI, M. A. B.; PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M.; FONSECA, M. C. M. Uso de princípios bioativos de plantas no controle de fitopatógenos e pragas. **Informe Agropecuário**, v. 31, n. 255, p. 70-77, 2010a.

SILVA, T. M.; JARDIM, F. C. S.; SILVA, M. S.; SHANLEY, P. O mercado de amêndoas de *Dipteryx odorata* (Cumaru) no Estado do Pará. **Revista Floresta**, v. 40, n. 3, p. 603-614, 2010b.

SILVA, A. F.; PAULETTO, D.; CAPUCHO, H. L. V.; SOUSA, V. S.; SILVA, A. R.; PIMENTEL, C. R. Produção e renda do componente arbóreo cumaru (*Dipteryx* spp.) em sistemas agroflorestais na Região Oeste do Pará. In: FRANCISCO, P. R. M.; SÁ, T. F. F.; BRAGA JÚNIOR, J. M. **Caderno de Pesquisa Ciência e Inovação**. Campina Grande: EPGRAF, 2018. p. 99-109.

SILVA, D. V.; OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; SILVA, M. A. P.; BARCELOS, K. R. Qualidade nutricional das farinhas de epicarpo e mesocarpo de frutos de baru submetidos à secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 65-70, 2019.

SILVA, F. P.; LIMA, S. Y. B.; CAVALCANTE, G. M. Atividade antioxidante de méis produzidos na região do Agreste e comercializados em uma feira do interior de Pernambuco. **Revista Artigos.com**, v. 22, 2020.

SIMÕES, C. M. O.; SHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5 ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora da UFRGS / Editora da UFSC, 2004. 1102 p.

SOUSA, B. C. M.; PAULINO, G. S.; REBELO, R. X.; KASPER, A. A. M.; BARATA, L. E. S.; LUSTOSA, D. C. Controle alternativo da antracnose do maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims.) com óleo essencial e hidrolato de breu branco (*Protium heptaphyllum* (Aubl.) March.). **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018a.

SOUSA, B. C. M.; BARATA, L. E. S.; MACEDO, C. G.; FRAGA, S. S.; KASPER, A. A. M.; LOURIDO, K. A.; PAULINO, G. S.; ALMEIDA, E. C.; SARTORATTO, A.; LUSTOSA, D. C. Avaliação do teor de Cumarina e atividade antifúngica de frações de Óleo de Cumaru. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.6, p.63-69, 2018b.

SOUSA, B. C. M.; SOUSA, M.; LOURIDO, K. A.; REBELO, R. X.; VIEIRA, B. N. P.; LUSTOSA, D. C. Óleos essenciais de *Mentha* sp. e *Vitis* sp. no Controle alternativo de fitopatógenos de espécies agrícolas e florestais. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018c.

SOUZA, C. R.; AZEVEDO, C. P.; LIMA, R. M.; ROSSI, L. M. B. Comportamento de espécies florestais em plantios a pleno sol e em faixas de enriquecimento de capoeira na Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 40, n. 1, p. 127-134, 2010.

SULLIVAN, G. Occurrence of umbelliferone in the seeds of *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.30, n.3, p.609-610, 1982.

TAGAMI, O. K.; GASPARIN, M. D. G.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; CRUZ, M. E. S.; ITAKO, A. T.; TOLENTINO JÚNIOR, J. B.; MORAES, L. M.; STANGARLIN, J. R. Fungitoxidade de *Bidens pilosa*, *Thymus vulgaris*, *Lippia alba* e *Rosmarinus officinalis* no desenvolvimento *in vitro* de fungos fitopatogênicos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 2, p. 285-294, 2009.

THE PLANT LIST. **A working list of all plant species**. 2013. Disponível em: <http://www.theplantlist.org>. Acesso em: 03 dez. 2019.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F. O crescimento da castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em Roraima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 7, p. 633-638, 2005.

TONINI, H.; OLIVEIRA JUNIOR, M. M. C.; SCHWENGBER, D. Crescimento de espécies nativas da Amazônia submetidas ao plantio no estado de Roraima. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 2, p. 151-158, 2008.

TROPICOS.ORG. **Jardim Botânico do Missouri**. 2022. Disponível em: <https://tropicos.org>. Acesso em: 15 jun. 2022.

VARELA, V. P.; FAÇANHA, J. G. V. Secagem de sementes de cumaru: influência sobre a germinação e vigor. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 22, n. 9/10, p. 959-963, 1987.

VENTUROSO, L. R.; BACCHI, L. M. A.; GAVASSONI, W. L.; CONUS, L. A.; PONTIM, B. C. A.; BERGAMIN, A. C. Atividade antifúngica de extratos vegetais sobre o desenvolvimento de fitopatógenos. **Summa Phytopathologica**, v. 37, n. 1, p. 18-23, 2011.

VIANA, F. M. P.; FREIRE, F. C. O.; CARDOSO, J. E.; VIDAL, J. C. **Principais Doenças do Maracujazeiro na Região Nordeste e seu Controle**. Fortaleza: Embrapa, 2003. 12 p.

VIEIRA, T. A.; ROSA, L. S.; VASCONCELOS, P. C. S.; SANTOS, M. M.; MODESTO, R. S. Sistemas agroflorestais em áreas de agricultores familiares em Igarapé-Açu, Pará: caracterização florística, implantação e manejo. **Acta Amazônica**, v. 37, n. 4, 549-558, 2007.

VIZZOTTO, M.; KROLOW, A. C.; WEBER, G. E. B. Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância. **Documento: Embrapa Clima Temperado**, n. 316, p. 7-15, 2010.

WFO. **World Flora Online**. 2022. Disponível em: <http://www.worldfloraonline.org>. Acesso em: 06 abr. 2022.

ZOGHBI, M. das G. B.; ANDRADE, E. H. de; MAIA, J. G. S. **Aroma de flores da Amazônia**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2000. 240 p.

APÊNDICES:

APÊNDICE A – Número de publicações sobre o gênero *Dipteryx* por periódicos nos anos de 1980 a 2021.

APÊNDICE B – Dissertações desenvolvidas sobre espécies do gênero *Dipteryx*, nos anos de 1993 a 2021.

APÊNDICE C – Teses desenvolvidas sobre espécies do gênero *Dipteryx*, nos anos de 1999 a 2022.

APÊNDICE D – Identificação botânica da espécie *Dipteryx punctata* na Área 1.

APÊNDICE E – Identificação botânica da espécie *Dipteryx punctata* na Área 2.

APÊNDICE F – Identificação botânica da espécie *Dipteryx punctata* na Área 3.

APÊNDICE G – Identificação botânica da espécie *Dipteryx punctata* na Área 4.

APÊNDICE H – Identificação botânica da espécie *Dipteryx punctata* na Área 5.

APÊNDICE I – Cromatograma do extrato das folhas de *Dipteryx punctata*, área 1.

APÊNDICE J – Cromatograma do extrato das folhas de *Dipteryx punctata*, área 2.

APÊNDICE K – Cromatograma do extrato das folhas de *Dipteryx punctata*, área 3.

APÊNDICE L – Cromatograma do extrato das folhas de *Dipteryx punctata*, área 4.

APÊNDICE M – Cromatograma do extrato das folhas de *Dipteryx punctata*, área 5.

APÊNDICE N – Cromatograma do extrato dos galhos de *Dipteryx punctata*, área 1.

APÊNDICE O – Cromatograma do extrato dos galhos de *Dipteryx punctata*, área 2.

APÊNDICE P – Cromatograma do extrato dos galhos de *Dipteryx punctata*, área 3.

APÊNDICE Q – Cromatograma do extrato dos galhos de *Dipteryx punctata*, área 4.

APÊNDICE R – Cromatograma do extrato dos galhos de *Dipteryx punctata*, área 5.

APÊNDICE S – Cromatograma do extrato dos resíduos de *Dipteryx punctata*, área 1.

APÊNDICE T – Cromatograma do extrato dos resíduos de *Dipteryx punctata*, área 2.

APÊNDICE U – Cromatograma do extrato dos resíduos de *Dipteryx punctata*, área 3.

APÊNDICE V – Cromatograma do extrato dos resíduos de *Dipteryx punctata*, área 4.

APÊNDICE W – Cromatograma do extrato dos resíduos de *Dipteryx punctata*, área 5.

APÊNDICE X – Cromatograma do extrato das sementes de *Dipteryx punctata*, área 1.

APÊNDICE Y – Cromatograma do extrato das sementes de *Dipteryx punctata*, área 2.

APÊNDICE Z – Cromatograma do extrato das sementes de *Dipteryx punctata*, área 3.

APÊNDICE AA – Cromatograma do extrato das sementes de *Dipteryx punctata*, área 4.

APÊNDICE BB – Cromatograma do extrato das sementes de *Dipteryx punctata*, área 5.

APÊNDICE A – Número de publicações sobre o gênero *Dipteryx* por periódicos nos anos de 1980 a 2021.

PERIÓDICOS	ANOS																				TOTAL	
	1980	1988	1994	2000	2001	2003	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		2020
1. Acta Amazônica	1	1	2	1	1	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	12
2. Ciência Florestal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	6
3. Revista Árvore	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1	1	6
4. Floresta e Ambiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1	5
5. Ciência Rural	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	0	0	0	4
6. Revista Brasileira de Farmacognosia	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	4
7. Rodriguésia	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	4
8. Brazilian Journal of Biology	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3
9. CERNE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	3
10. Food Science and Technology	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
11. Pesquisa Agropecuária Brasileira	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	3
12. Química Nova	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
13. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3
14. Revista de Biologia Tropical	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
15. Acta Botânica Brasileira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
16. Acta Scientiarum. Agronomia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
17. Brazilian Journal of Botany	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
18. Ciência e Agrotecnologia	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
19. Crop Breeding and Applied Biotechnology	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2
20. Genetics and Molecular Biology	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
21. Interações (Campo Grande)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2
22. Journal of the Brazilian Chemical Society	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
23. Maderas. Ciencia y Tecnología	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
24. Revista de Ciências Agrárias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2
25. Anais da Academia Brasileira de Ciências	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
26. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
27. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1

APÊNDICE B – Dissertações desenvolvidas sobre espécies do gênero *Dipteryx*, nos anos de 1993 a 2021.

1993				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UNICAMP	Ciência e Nutrição	Composição e caracterização química e nutricional do fruto do baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.)	Marie Togashi	Valdemiro C. Sgarbieri
1999				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UFMG	Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre	Ecologia e comportamento de <i>Alouatta seniculus</i> em uma mata de terra firme na Amazônia Central	Angela Marcela Santamaria Gomez	Anthony Brome Rylands
2001				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
INPA	Ciências de Florestas Tropicais	Efeitos da liteira fina sobre a disponibilidade de nutrientes e o crescimento de plântulas em áreas de extração seletiva de madeira na Amazônia Central	Claudio Yukishige Yano	Flávio Jesus Luizão
2002				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
INPA	Ciências de Florestas Tropicais	Padrão de desenvolvimento radial horário do fuste de três espécies florestais típicas da Amazônia utilizando dendrômetros automáticos	Erika Vieira de Miranda	Niro Higuchi
USP	Ciência e Engenharia de Materiais	Determinação do módulo de elasticidade da madeira: proposta para simplificação de procedimentos metodológicos	Elen Aparecida Martines Morales	Francisco Antonio Rocco Lahr
2004				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
INPA	Ecologia	Mapeamento preditivo da vegetação: uso de SIG para modelar a distribuição espacial de espécies arbóreas na Amazônia Central	Juliana Stropp Carneiro	Eduardo Martins Venticinque
UFPA	Ciências Biológicas	Isolamento de microssatélites de espécies madeireiras no contexto da sustentabilidade genética no manejo florestal	Christina Cleo Vinson	Maria Iracilda da Cunha Sampaio e Ana Yamaguishi
2006				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
PUC-GO	Ecologia e Produção Sustentável	Avaliação físico-química de frutos do Cerrado <i>in natura</i> e processados para a elaboração de multimisturas	Bruno de Andrade Martins	Adélia Maria Lima Silva e Márcio Caliar

PUC-GO	Ecologia e Produção Sustentável	O extrativismo de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.) em Pirenópolis (GO) e sua sustentabilidade	Denise Lúcia Mateus Gomes Nepomuceno	Alecssandro Regal Dutra
UNB	Ciências Agrárias	Efeito do manejo sobre a qualidade do substrato e o desenvolvimento de espécies arbóreas do Cerrado em uma cascalheira no Distrito Federal	Gustavo Henrique Marquim Firmo de Araújo	Wenceslau J. Goedert
UNB	Ecologia	Plantio de espécies nativas e uso de poleiros artificiais na restauração de uma área perturbada de Cerrado sentido restrito em ambiente urbano no Distrito Federal, Brasil	Fabiola Ferreira Oliveira	José Felipe Ribeiro
UFV	Solos e Nutrição de Plantas	Qualidade do solo em sistemas agroflorestais em Alta Floresta MT	Ademilso Sampaio de Oliveira	Irene Maria Cardoso, Eduardo de Sá Mendonça e Elpídio Inácio Fernandes Filho
2007				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UFMS	Ciência Animal	Prospecção de produtos naturais na proteção de mudas arbóreas em pastagem sob pastejo contínuo	Arthur Ulisses Curado Filho	Valeria Cristina Palmeira Zago
UNB	Fitopatologia	Identificação e desenvolvimento de técnica alternativa de controle de fungos em sementes utilizadas no artesanato	Ana Angélica Alves Felix	Denise Vilela de Rezende
2008				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UFG	Ciência e Tecnologia de Alimentos	Avaliação cinética de comportamento de componentes do baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.) para estudo da vida de prateleira da polpa do fruto	Aline Luiz de Mendonça	Raquel de Andrade Cardoso Santiago
UFG	Ciência e Tecnologia de Alimentos	Caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de pães de forma elaborados com subproduto de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.)	Lorena Santana Rocha	Raquel de Andrade Cardoso Santiago
UNB	Engenharia Florestal	Processo produtivo para o aproveitamento dos produtos florestais não-madeireiros do baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.)	Noara Modesto Pimentel	Joaquim Carlos Gonçalves
UNB	Química	Compósitos poliméricos obtidos a partir do óleo de Baru: síntese e caracterização	Adriana Linhares Drummond	Maria José Araújo Sales
2009				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
INPA	Ciências de Florestas Tropicais	Plantios florestais na Amazônia Central: biometria, ciclagem bioquímica e alterações edáficas	Murilo Rezende Machado	Paulo de Tarso Barbosa Sampaio

INPA	Ciências de Florestas Tropicais	O papel, de plantios homogêneos de espécies florestais nativas em promover a regeneração natural na Amazônia Central	Thaís Almeida Lima	Gil Vieira
UFG	Ciência e Tecnologia de Alimentos	Qualidade nutricional e valor proteico da amêndoa de baru em relação ao amendoim, castanha-de-caju e castanha-do-pará	Jullyana Borges de Freitas	Maria Margareth Veloso Neves
UFG	Ciência e Tecnologia de Alimentos	Composição nutricional e qualidade proteica da amêndoa de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.) de plantas de três regiões do Cerrado do Estado de Goiás	Ludmila de Paula Czeder	Maria Margareth Veloso Neves
UFMG	Construção Civil	Avaliação teórico-experimental de peças estruturais de madeira, solicitadas a carga de impacto, para uso em carrocerias	Everton Cruvinel Júnior	Edgar Vladimiro Mantilla Carrasco
UFRA	Ciências Biológicas	Caracterização física de frutos e sementes, morfologia da plântula e secagem de semente de cumaru (<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.).	Julieta Castelo Branco Ismael	Moacir B. Dias Filho e Eniel D. Cruz
UNICAMP	Ciência de Alimentos	Seleção de microrganismos produtores de frutotransferase e estudo das propriedades bioquímicas da frutotransferase de <i>Penicillium</i> sp.	Júnior Cota Silva	Gláucia Maria Pastore

2010

Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UFMG	Biologia Vegetal	Crescimento inicial de espécies arbóreas em substrato impactado por resíduo industrial alcalino rico em zinco	Ygor Maximiliano de Pompein Pessoa	Marcel Giovanni Costa Franca e Sílvia Roberto de Lucena Tavares
UNB	Ciências Florestais	Estoque de carbono em uma jazida revegetada no Distrito Federal: geração de créditos de carbono	Lucinéia da Silva Sousa	Rodrigo Studart Corrêa
UNB	Ciências Florestais	Viabilidade econômica-financeira de extração sustentada de múltiplos produtos em floresta estacional semidecídua secundária na microrregião do entorno de Brasília	Sergio Luiz do Bomfim	Álvaro Nogueira de Souza
UNESP	Alimentos e Nutrição	Isolamento, fracionamento e caracterização parcial das proteínas de amêndoa de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.)	Kézia Soares da Cruz	Valdir Augusto Neves
UNICAMP	Ciência de Alimentos	Prospecção de processos biotecnológicos de interesse industrial	Gustavo Molina	Gláucia Maria Pastore

2011

Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UFAM	Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia	A produção de artesanatos pela AVIVE como uma proposta de design sustentável	Lília Valessa Mendonça da Silva	Ivani Ferreira de Faria

UFG	Ciência e Tecnologia de Alimentos	Efeito da amêndoa de baru, amendoim e castanha-do-Pará no perfil sérico e na peroxidação de lipídios em ratos com dieta hiperlipídica	Daniela Canuto Fernandes	Maria Margareth Veloso Naves
UFG	Nutrição e Saúde	Qualidade nutricional e valor protéico das amêndoas de baru, de pequi e da castanha-de-cajú-do-cerrado em relação ao amendoim	Amanda Goulart de Oliveira Sousa	Maria Margareth Veloso Naves
UFG	Nutrição e Saúde	Qualidade de granola elaborada com passas de caju-do-cerrado e amêndoa de baru	Priscila Laís Coelho de Souza	Mara Reis Silva
UFOPA	Recursos Naturais da Amazônia	Morfofisiologia de graviola (<i>Annona muricata</i>), cumaru (<i>Dipteryx odorata</i>) e copaíba (<i>Copaifera langsdorffii</i>)	Helton Luis Nina Lameira	Patrícia Chaves de Oliveira
UFV	Ciência Florestal	Efeito do tratamento térmico da madeira para produção de briquetes	Mariana Almeida Vilas Boas	Angélica de Cássia Oliveira Carneiro e Benedito Rocha Vital
UNESP	Engenharia e Ciência de Alimentos	Caracterização e propriedades funcionais de óleos extraídos de castanhas e nozes	Tainara Costa	Neuza Jorge

2012

Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
INPA	Ciências de Florestas Tropicais	Crescimento inicial e respostas fotossintéticas de três espécies leguminosas arbóreas submetidas à adubação verde e química em um plantio florestal na Amazônia	Roberto Kirmayr Jaquetti	João Baptista Silva Ferraz
UFAM	Engenharia Civil	Utilização de resíduos da espécie <i>Dipteryx polyphylla</i> (cumarurana), <i>Dipteryx odorata</i> (cumaru) e <i>Brosimum parinarioides</i> (Amapá) na produção de painéis de madeira aglomerada com resina poliuretana à base de óleo de mamona	Mirian Dayse Furtado Lima	Virginia Mansanares Giacon
UFG	Ciência e Tecnologia de Alimentos	Qualidade de rapaduras enriquecidas com farelo de arroz extrusado e amêndoas de baru/amendoim torrados	Célia Caroline Florindo da Silva	Márcio Caliari, Manoel Soares Júnior e Adelaide Del Pino Beleia
UFG	Ciência e Tecnologia de Alimentos	Efeitos dos parâmetros da extração e avaliação da qualidade física e química dos óleos de baru e amendoim	Jean Carlos Rodrigues Lima	Adriana Régia Marques de Souza e Katiuchia Pereira Takeuchi
UFG	Genética e Melhoramento de Plantas	Germinação, estabelecimento e multiplicação <i>in vitro</i> de <i>Eugenia dysenterica</i> DC. E <i>Dipteryx alata</i> Vogel, espécies frutíferas do Cerrado	Lívia Cristina da Silva	Sérgio Tadeu Sibov
UFMS	Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste	Utilização de amêndoas de frutos do Cerrado na produção de pães sem glúten	Elda Regina Leite Galvão de Ávila	José Antônio Braga Neto

UFMT	Engenharia Agrícola	Unidade demonstrativa de restauração ecológica introduzida em agroecossistema degradado, no Alto Rio São Lourenço, Campo Verde-MT	William Pietro de Souza	Normandes Matos da Silva
UFOPA	Recursos Naturais da Amazônia	Efeito de extratos vegetais sobre atividades biológicas induzidas por peçonhas botrópicas	Valéria Mourão de Moura	Rosa Helena Veras Mourão e Joacir Stolarz de Oliveira
UFV	Botânica	Diversidade e distribuição geográfica de Leguminosae Adans. na Amazônia Meridional, Mato Grosso, Brasil	Ivani Kuntz Gonçalves	Flávia Cristina Pinto Garcia, Andreza Viana Neri e Rafael Soares de Arruda
UNB	Agronomia	Estudo de características morfológicas e variabilidade genética de baru e araticum utilizando marcadores RAPD e microssatélites	Marcela Versiani Venancio Pires	Fábio Gelape Faleiro e José Ricardo Peixoto
USP	Biologia Comparada	Desenvolvimento e morfologia da flor em espécies da tribo Dipterygeae (Leguminosae, Papilionoideae)	Viviane Gonçalves Leite	Simone de Pádua Teixeira
2013				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
INPA	Ciências de Florestas Tropicais	Adição de carvão vegetal no substrato para formação de mudas de leguminosas arbóreas	Aroldo Felipe de Freitas	Luiz Augusto Gomes de Souza
UFAM	Química	Estudos dos constituintes químicos dos resíduos madeiros de <i>Andira parviflora</i> , <i>Dipteryx odorata</i> e <i>Swartzia laevicarpa</i> (Fabaceae)	Mauro Galucio Garcia	Maria da Paz Lima e Claudete Catanhede do Nascimento
UFG	Genética e Melhoramento de Plantas	Caracterização fenotípica e variação genética quantitativa em <i>Dipteryx alata</i> Vog (Barueiro) do Cerrado	Elias Emanuel Silva Mota	Lázaro José Chaves e Thannya Nascimento Soares
UFGD	Ciência e Tecnologia Ambiental	Semeadura direta de espécies florestais nativas, como alternativa de restauração ecológica para a região de Dourados, Mato Grosso do Sul	Rodolfo Portela Souza	Zefa Valdivina Pereira
UFPR	Engenharia Florestal	Equações de volume comercial para espécies nativas na Região do Vale do Jari, Amazônia Oriental	Nelson Akira Hiramatsu	Julio Eduardo Arce e Carlos Roberto Sanquetta
UFRRJ	Química	Preparo de padrões de isoflavonas de <i>Glycine max</i> (L.) Merrill (soja) e contribuição na investigação Fitoquímica de <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd (cumaru) – otimização de análise cromatográfica e caracterização estrutural de flavonoides	Carolina Passos da Cunha	Raimundo Braz Filho e Ranoel Luiz de Oliveira Godoy

UFV	Ciência Florestal	Crescimento e qualidade de mudas de <i>Cassia grandis</i> Linnaeus f., <i>Plathymenia foliolosa</i> Benth. E <i>Dipteryx alata</i> Vogel em resposta à adubação fosfatada e saturação por bases do substrato	Eliane Cristina Sampaio de Freitas	Haroldo Nogueira de Paiva, Hélio Garcia Leite e Silvio Nolasco de Oliveira Neto
UNB	Botânica	Impacto de gramínea nativa e exótica no desenvolvimento inicial de espécies arbóreas do Cerrado	Bruno dos Santos Rabelo	Fabian Borghetti
UNB	Ciências Florestais	Variabilidade genética de populações de <i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne e <i>Dipteryx alata</i> Vogel em áreas nativas e em plantios de recuperação de áreas degradadas em Paracatu, MG	Natasha Brianez Rodrigues	José Roberto Rodrigues Pinto
UNICAMP	Ciência e Tecnologia de Alimentos	Características nutricionais e funcionais e avaliação biológica da farinha da amêndoa de baru parcialmente desengordurada	Ana Paula Silva Siqueira	Maria Margareth Veloso Naves e Maria Teresa Bertoldo Pacheco
2014				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
INPA	Ciências de Florestas Tropicais	Padrões e tendências de 30 anos de floração em espécies arbóreas de terra firme na Amazônia Central	Izabela Fonseca Aleixo	Antenor Pereira Barbosa
UEM	Engenharia Química	Extração de compostos bioativos da semente de cumaru (<i>Dipteryx odorata</i>) utilizando fluidos pressurizados	Jéssica de Carvalho Lima	Lúcio Cardozo Filho
UFAM	Ciências Florestais e Ambientais	Estudo de madeira amazônica para compor vigas laminadas	Aidson Ponciano Dias	Claudete Catanhede do Nascimento
UFG	Agronomia	Caracterização do comércio de madeira serrada na cidade de Goiânia – GO	Tatiane Santiago Lopes	Carlos Roberto Sette Júnior
UFG	Ciência e Tecnologia de Alimentos	Desenvolvimento do doce tipo canjica com amêndoa de baru	Divino Ribeiro Machado Júnior	Flávio Alves da Silva e Clarissa Damiani
UFG	Ciência e Tecnologia de Alimentos	Avaliação da atividade antimicrobiana e caracterização físico-química de sabonete líquido à base de óleo de baru, buriti e pequi	Nayara Ribeiro Soares	Clarissa Damiani e Adriana Régia M. de Souza
UFG	Genética e Biologia Molecular	Estrutura genética molecular de uma coleção de germoplasma <i>in vivo</i> e <i>ex situ</i> de <i>Dipteryx alata</i> Vog.	Rejane Araújo Guimarães	Thannya Nascimento Soares
UFG	Nutrição e Saúde	Efeito do consumo da amêndoa de baru sobre o perfil lipídico e estado oxidativo de indivíduos moderadamente hipercolesterolêmicos	Ana Paula Nunes Bento	Maria Margareth Veloso Naves
UFG	Nutrição e Saúde	Efeito do consumo da amêndoa de baru associado à prescrição normocalórica sobre a composição corporal, perfil lipídico e atividade de enzimas antioxidantes em mulheres com excesso de peso	Rávila Graziany machado de Souza	João Felipe Mota e Maria Margareth Veloso Naves

UFV	Ciência Florestal	Análise econômica da produção da amêndoa de cumaru e caracterização do seu mercado em Santarém e Alenquer, Pará	Lyvia Julienne Sousa Rêgo	Márcio Lopes da Silva
UFMT	Ciências Florestais e Ambientais	Composição, estrutura e diversidade em floresta ombrófila na reserva Biológica do Jaru-RO	Guilherme Benelli de Azevedo	Zenesio Finger
UNB	Agronomia	Cultivos consorciados de espécies hortícolas e arbóreas em agroflorestas sucessionais biodiversas	Marcelo Nicolini de Oliveira	Ana Maria Resende Junqueira
UNB	Ciências Florestais	Efeito do hidrogel em plantios de mudas nativas do Cerrado para recuperação de área degradada pela mineração no Distrito Federal	Marina Moraes Monteiro	Alcides Gatto
UNESP	Ciência Florestal	Variações genéticas para caracteres silviculturais em progênies e procedências de <i>Dipteryx alata</i> Vogel	Darlin Ulises Gonzalez Zaruma	Mario Luiz Teixeira de Moraes
UNESP	Ciência dos Materiais	Estudo fitoquímico e propriedades biológicas da <i>Dipteryx alata</i> Vogel (Baru)	Rodolfo Marcchiori Sanchez	Rosangela da Silva de Laurentiz
UNICAMP	Engenharia Agrícola	Influência da densidade da madeira estimada por esclerometria	Nádia Schiavon da Veiga	Julio Soriano
USP	Arquitetura e Urbanismo	O processo de produção de um sistema construtivo em painéis estruturais pré-fabricados em madeira	Yuri Endo Kokubun	Claudia Terezinha de Andrade Oliveira

2015

Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UFG	Agronomia	Área de Preservação Permanente em processo de revegetação com espécies arbóreas e adubos verdes	Evaldo de Melo Ferreira	Wilson Mozena Leandro
UFMS	Biologia Animal	Efeito da densidade sobre a remoção secundária de endocarpos de "baru" (<i>Dipteryx alata</i> Vog.) por roedores em remanescentes de cerrado	João Paulo dos Santos Vieira Alencar	José Ragusa Netto
UFMS	Biologia Animal	Roedores como agentes secundários na remoção de endocarpos de "baru" (<i>Dipteryx alata</i> Vogel) em borda e interior de fragmentos de Cerrado	Marcos José Wolf	José Ragusa Netto
UFMS	Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste	Elaboração, caracterização e aceitabilidade de bebida fermentada saborizada à base de extrato hidrossolúvel da amêndoa de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.)	Marceli Borges Fioravante	Priscila Aiko Hiane e José Antonio Braga Neto
UFMT	Ciências Florestais e Ambientais	Parâmetros genéticos em progênies de meio-irmãos para caracteres de emergência e crescimento inicial de <i>Dipteryx alata</i> Vogel e <i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos em viveiro	Bruna Cristina Almeida	Diego Tyszka Martinez

UFMT	Ciências de Materiais	Preparação e caracterização de poliuretanos com diferentes quantidades de óleo de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.)	Elizabeth Luiza de Almeida	Adriano Buzutti de Siqueira
UFOP	Ciências Biológicas	Efeito da farinha da amêndoa de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.) na alteração do perfil lipídico e do estresse oxidativo induzido por dieta hipercolesterolêmica em ratas	Larissa Lélis Teixeira Reis	Marcelo Eustáquio Silva e Larissa de Freitas Bonomo
UNB	Ciências Florestais	Semeadura direta de árvores do Cerrado: testando técnicas agroecológicas para o aperfeiçoamento do método	Raíssa Ribeiro Pereira Silva	Daniel Luis Mascia Vieira
UNB	Ecologia	A ocorrência de fogo media a remoção de sementes por pequenos roedores em habitats florestais neotropicais	Thayse Cavicchioli Cazetta	Emerson Monteiro Vieira
UNB	Tecnologias Químicas e Biológicas	Aproveitamento energético de biomassas residuais florestais do cerrado para produção de gás de síntese por meio do processo de gaseificação	Nádia Alves Viana	Grace Ferreira Ghesti
2016				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UEG	Engenharia Agrícola	Qualidade das amêndoas de baru em função de embalagens e temperaturas de torrefação	Vanesa Beny da Silva Xavier Reis	André José de Campos
UFG	Agronomia	Biofertilizante à base de vinhaça para adubação de espécies nativas em solo de Cerrado	Rosana Alves Gonçalves	Leonardo Santos Collier e Wilson Mozena Leandro
UFG	Ecologia e Evolução	Desenvolvimento de superfícies de resistência explicando a variação genética por modelagem orientada por padrão: uma análise com espécies de árvores de Cerrado	Kelly da Silva e Souza	José Alexandre Felizola Diniz Filho e Ricardo Dobrovolski
UFGD	Química	Desenvolvimento de método analítico para determinação de selênio em castanhas do Cerrado por espectrometria de absorção atômica com geração de hidreto	Anderson dos Santos Greco	Jorge Luiz Raposo Júnior
UFMG	Ciência de Alimentos	Bioprospeção de fungos endofíticos potencialmente produtores de enzimas lipolíticas aplicáveis na área de alimentos	Elaine Cristina da Costa	Inayara Cristina Alves Lacerda, Evelyn de Souza Oliveira e Gecernir Colen
UFMG	Produção Vegetal	Saturação de bases em solo do Cerrado para produção de mudas de pequi e baruzeiro	William Gleidson Alves Torres	Paulo Sergio Nascimento Lopes
UFMS	Biologia Vegetal	Estudos anatômicos de folíolos do Clado Dipterygeae (Leguminosae, Papilionoideae)	Nayla Fernanda Silva	Ângela Lúcia Bagnatori Sartori
UFT	Biotecnologia	<i>Lactobacillus paracasei</i> microencapsulados com alginato de cálcio revestidos com gelatina: sobrevivência <i>in vitro</i> e aplicação em bebidas à base de oleaginosas	Rosetania Correia Neves da Conceição	Claudia Cristina Auler do Amaral Santos
UNB	Ciências Florestais	Aspectos econômicos do extrativismo do baru no Vale do Urucuia, Minas Gerais	Gabriel Müller Valadão	Álvaro Nogueira de Sousa

UNB	Ecologia	Impactos causados pelo extrativismo, uso da terra e manejo na persistência de populações de <i>Dipteryx alata</i> Vog. (baru) no Cerrado	Juliana Benez Ferreira	Aldicir Osni Scariot
UNESP	Agronomia	Manejo e conservação genética <i>ex situ</i> em <i>Dipteryx alata</i> Vogel no bolsão sul-mato-grossense	Daniela Araújo	Mario Luiz Teixeira de Moraes
UNESP	Agronomia	Análise espacial de populações naturais de <i>Dipteryx alata</i> Vogel: Subsídio para coleta de sementes	Diana Carla de Oliveira Santana Lima	Mario Luiz Teixeira de Moraes e Alan Rodrigo Panosso
UNESP	Agronomia	Varição genética entre e dentro de populações de <i>Dipteryx alata</i> Vog. Para caracteres morfológicos de plântulas, frutos e sementes	Kelly Cristina da Luz	Miguel Luiz Menezes Freitas
UNIFAL	Ciências Farmacêuticas	Avaliação dos efeitos do óleo obtido das amêndoas de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.) sobre marcadores de risco cardiovascular e funções hepática e renal em ratos normais e dislipidêmicos	Mayara Áthina Reis	Fernanda Borges de Araújo Paula e Stella Maris da Silveira Duarte

2017

Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UEG	Recursos Naturais	Efeito do aquecimento global em atributos da germinação e distribuição geográfica potencial de <i>Dipteryx alata</i> Vog. (Fabaceae)	Raquel Menestrino Ribeiro	João Carlos Nabout
UFG	Engenharia Química	Processamento e avaliação da estabilidade de extrato hidrossolúvel a base de castanha-do-Brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) e baru (<i>Dipteryx alata</i> Vogel)	Kamilla Soares Silva	Cláudio Fernandes Cardoso e Flávio Alves da Silva
UFG	Genética e Melhoramento de Plantas	Diversidade e estrutura genética em populações naturais de <i>Pterodon emarginatus</i> Vogel (Leguminosae)	Marcos Vinícius Pereira Pinto	Thannya Nascimento Soares
UFOPA	Recursos Naturais da Amazônia	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. e <i>Dipteryx magnifica</i> (Ducke) Ducke (Fabaceae): caracterização Fitoquímica quanto à presença de cumarina e atividades antifúngica e antibacteriana	Bruna Cristine Martins de Sousa	Lauro Euclides Soares Barata e Denise Castro Lustosa
UFRRJ	Ciências Ambientais e Florestais	Potencial dendrocronológico de árvores da família Fabaceae na Floresta Tropical Amazônica do Peru	Leif Armando Portal Cahuana	João Vicente de Figueiredo Latorraca
UFT	Ciências do Ambiente	Bioprospecção para compostos antimicobacterianos	Franciano Dias Pereira Cardoso	Márcio Galdino dos Santos e Aparecido Osdimir Bertolin
UFT	Ciência e Tecnologia de Alimentos	Elaboração e caracterização de iogurte de extrato hidrossolúvel da amêndoa de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.)	Carla Francisca de Sousa Vieira	Abraham Damian Giraldo Zuniga

UFT	Ecologia de Ecótonos	Desempenho de três espécies arbóreas nativas de Cerrado introduzidas em uma área antropizada no município de Porto Nacional, Tocantins	Eiderson Silva Cabral	Wagner de Melo Ferreira
UFT	Produção Vegetal	Crescimento de mudas de <i>Dipteryx alata</i> Vogel em função da restrição radicular	Ana Beatriz Marques Honorio	Tarcísio Castro Alves de Barros Leal
UNESP	Agronomia	Germinação e produção de mudas de <i>Dipteryx lacunifera</i> Ducke	Kerly Franciele Belussi Silva	Regina Maria Monteiro de Castilho
2018				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
INPA	Agricultura no Trópico Úmido	Desenvolvimento de mudas arbóreas em sistemas agroflorestais na Terra Indígena Andirá-Marau, Amazônia Central, Brasil	João Raphaelli Gabriel	Sônia Sena Alfaia
UEG	Ciências Moleculares	Otimização da extração do óleo de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.) e influência das condições de armazenamento das amêndoas e safras na qualidade dos óleos obtidos	Drauton Danilo de Jesus Pinto	Giuliana Muniz Vila Verde
UEG	Produção Vegetal	Ambientes e recipientes na produção e qualidade de mudas de baruzeiros	Márcio Silva Melo	Cleiton Gredson Sabin Benett
UFAM	Ciências Florestais e Ambientais	Desempenho operacional de uma serraria de médio porte no município de novo Aripuanã, Amazonas	Kellyson Luiz Reis Mota	Niro Higuchi
UFAM	Ciências Florestais e Ambientais	Resíduos de espécies madeireiras de manejo florestal para produção de móveis	Susane Almeida de Carvalho	Joaquim dos Santos e Claudete Catanhede do Nascimento
UFGD	Ciências da Saúde	Composição química e efeitos de frutos do Cerrado sobre o estresse oxidativo, longevidade e doença de Alzheimer em <i>Caenorhabditis elegans</i>	Natacha Rios Leite	Edson Lucas dos Santos
UFGD	Ciência e Tecnologia de Alimentos	Desenvolvimento de bebida fermentada nutracêutica por <i>Weissella confusa</i> utilizando o extrato da amêndoa de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vogel) como substrato	Ludmila Vilela Rezende	Gustavo Graciano Fonseca e Danielle Marques Vilela
UFPB	Ciência e Tecnologia de Alimentos	Impacto do consumo materno do óleo e amêndoa de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.) sobre uma prole de ratos em desenvolvimento	Rita de Cássia de Araújo Bidô	Juliana Késsia Barbosa Soares e Camila Carolina de Menezes Santos Bertozzo
UFPB	Ciências da Nutrição	Ação antitrombótica, antiagregante, antioxidante e moduladora da função vascular em ratos suplementados com o óleo da amêndoa do baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.)	Cristiane Cosmo Silva Luis	Robson Cavalcante Veras

UFPR	Engenharia de Alimentos	Oil extraction from baru (<i>Dipteryx alata</i> Vogel) seeds using compressed solvents technology	Damian Estuardo Lopez Fetzer	Marcos Lúcio Corazza
UFPR	Engenharia Florestal	Avaliação dos efeitos de espécies, composição e acabamento na qualidade de pisos engenheirados	Jéssica Aline Bueno	Rosilani Trianoski
UFTM	Química	Uso da energia solar nos processos de lixiviação e destilação aplicados à produção sustentável de óleos vegetais	Lucas Rodrigo Custódio Silva	Kássia Graciele dos Santos
UFVJM	Ciência e Tecnologia de Alimentos	Elaboração e caracterização de biscoitos enriquecidos com farinha de amêndoa de baru	Lucielle Vieira Soares	Poliana Mendes de Souza
UNB	Ecologia	Espécies semeadas e colonizadoras garantem a trajetória sucessional da restauração de florestas na bacia do Alto Xingu	Silvia Barbosa Rodrigues	Daniel Luis Mascia Vieira
UNB	Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural	Influência da rochagem no desenvolvimento de sistemas agroflorestais e na captura de dióxido de carbono atmosférico	Gustavo José Soares	Suzi Maria de Cordova Huff Theodoro
UNESP	Agronomia	Atividade funcional e antioxidante das amêndoas do baru	Adriana Maria Ragassi Fiorini	Rogério Lopes Vieites
UNESP	Ciência Florestal	Coeficientes de parentesco em espécies florestais	Antonio Higo Moreira de Sousa	Evandro Vagner Tambarussi e Cristiano Bueno de Moraes
UNESP	Ciência Florestal	Semeadura direta de espécies arbóreas nativas de Cerrado: diferença entre espécies e efeitos da matocompetição	Raquel Aparecida Passaretti	Giselda Durigan
UTFPR	Tecnologia de Alimentos	Encapsulação de óleos de alto valor nutricional para formulação de alimentos	Valquiria Maeda Rojas	Odinei Hess Gonçalves e Ailey Aparecida Coleho Tanamati
2019				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UFAM	Ciência e Engenharia de Materiais	Encapsulação de ativos naturais com atividade antimicrobiana em materiais de parede proteicos e lipídicos	Laiane Souza da Silva	Edgar Aparecido Sanches e Ani Beatriz Jackisch Matsuura
UFT	Ecologia de Ecótonos	Biometria de sementes e desenvolvimento pós seminal de <i>Dipteryx alata</i> , <i>Enterolobium gummiferum</i> e <i>Magonia pubescens</i> , e influência dos extratos de <i>Parkia platycephala</i> e do sombreamento na germinação e/ou desenvolvimento inicial dessas espécies	Maíra Jéssica Gomes de Souza	Wagner de Melo Ferreira
UFV	Meteorologia Aplicada	Zoneamento edafoclimático em cenários de mudanças climáticas para a seleção de espécies em projetos de recomposição florestal em Minas Gerais, Brasil	Heitor Eduardo Ferreira Campos Morato Filpi	Hewley Maria Acioli Imbuzeiro
UNB	Ensino de Biologia em Rede Nacional	Inovando o ensino de botânica por meio de práticas de produção de mudas nativas do Cerrado e	Emival Alves Ramos Magalhães	Lucia Helena Soares e Silva

		montagem de um caderno de práticas botânicas		
UNB	Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural	Viabilidade socioeconômica de atividades agroextrativistas: estudo de caso com baru e pequi em dois assentamentos de Formosa-GO	Paula Divina da Cunha	Janaína Deane de Abreu Sá Diniz
UNICAMP	Engenharia Agrícola	Dureza Janka de madeiras folhosas estimada por esclerometria	Ingrid Zacharias Martins	Julio Soriano
2020				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UFAM	Ciências Florestais e Ambientais	Sobrevivência, crescimento e características fotossintéticas de espécies florestais em resposta à fertilização fosfatada	Alaíde de Oliveira Carvalho	Marciel José Ferreira
UFMS	Recursos Naturais	Aprendizado profundo aplicado em imagens de VANT para a detecção de <i>Dipteryx alata</i>	Marcio Santos Araújo	José Marcato Júnior
UFT	Ciência e Tecnologia de Alimentos	Caracterização de bioprodutos da pirólise de biomassa de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.) e seu potencial como coadjuvantes tecnológicos	Yara Karla de Salles Nemet	Magale Karine Diel Rambo
UFV	Ciência e Tecnologia de Alimentos	Propriedades técnico-funcionais de óleo de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.): um promissor ingrediente para a indústria de alimentos	Linamarys Aparecida de Oliveira Paulo	Márcia Cristina Teixeira Ribeiro Vidigal
UNESP	Cirurgia Veterinária	Avaliação do extrato alcoólico da casca e da semente da <i>Dipteryx alata</i> Vogel na cicatrização da pele de camundongos (linhagem C57BL6)	Marcelo Candido Portilho Gouveia	Bruno Watanabe Minto
UNIOESTE	Bioenergia	Síntese enzimática do biodiesel do óleo da semente de baru (<i>Dipteryx alata</i>) a partir de lipases fúngicas de <i>Penicillium sumatrense</i> por fermentação em estado sólido	Tayrine Mainko Hoblos Pozzobon	Maria Luiza Fernandes Rodrigues
2021				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UFMS	Biologia Vegetal	Custo-efetividade de métodos de implantação de baru, <i>Dipteryx alata</i> Vogel, sob efeito de filtros ambientais	Luanda Caroline Parreira de Paula	Letícia Couto Garcia Ribeiro
UFMS	Ciência dos Materiais	Análise e Diferenciação de espécies de madeiras comerciais utilizando espectroscopia óptica no infravermelho por transformada de Fourier e análise multivariada	Everton Chaves Prates de Jesus	Cicero Rafael Cena da Silva
UFMS	Engenharia Civil	Comportamento higratérmico e energético de painéis de vedação vertical externa em madeira para a zona bioclimática 2	Liliane Bonadiman Buligon	Giane de Campos Grigoletti
UNICAMP	Alimentos e Nutrição	Microencapsulação de óleo de amêndoa de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vogel) por atomização utilizando diferentes combinações de materiais de parede	Dyana Carla Lima	Rodney Alexandre Ferreira Rodrigues

Fonte: BDTD, 2022.

APÊNDICE C – Teses desenvolvidas sobre espécies do gênero *Dipteryx*, nos anos de 1999 a 2022.

1999				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UFG	Agronomia	Avaliação comportamental de plantas de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.) nos cerrados do Estado de Goiás	Gilmarcos de Carvalho Corrêa	Lincoln Fonseca Zica
UNB	Ecologia	Respostas de mudas de espécies arbóreas do Cerrado a nutrientes em latossolo vermelho escuro	José Teodoro de Melo	Haridasan Mundayatan
UNB	Ecologia	Influência de árvores das espécies nativas <i>Dipteryx alata</i> Vog. e <i>Caryocar brasiliense</i> Camb. no sistema solo-planta em pastagem de <i>Brachiaria decumbens</i> Stapf no Cerrado	Maria Elizabete de Oliveira	Laércio Leonel Leite
2004				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UNB	Ecologia	Fitossociologia e ecologia de população de <i>Dipteryx alata</i> Vog. (baru) em área de transição cerrado denso/mata estacional, Pirenópolis, Goiás	Márcia Aparecida de Brito	José Felipe Ribeiro
2005				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
INPA	Botânica	Alterações fisiológicas e bioquímicas durante a germinação de sementes de espécies da flora amazônica	Zilvanda Lourenço de Oliveira Melo	José Francisco de Carvalho Gonçalves
UNESP	Ciências Biológicas	Fenologia reprodutiva de espécies florestais nativas com potencial oleaginoso na Amazônia Central	Antônio Moçambique Pinto	Leonor Patrícia Cerdeira Morellato
2006				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UNB	Ecologia	Estratégias reprodutivas de espécies arbóreas e a sua importância para o manejo e conservação florestal: Floresta nacional do Tapajós (Belterra-PA)	Márcia Motta Maués	Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira
2007				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UFG	Agronomia	Caracterização física e química de frutos de barueiros (<i>Dipteryx alata</i> Vog.) de ocorrência natural no Cerrado do Estado de Goiás, Brasil	Rosângela Vera	Ronaldo Veloso Naves e Manoel Soares Júnior
2008				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UFG	Agronomia	Adubação de mudas de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.), em viveiro	Abílio Rodrigues Pacheco	Jácomo Divino Borges
		Estrutura e restauração de cerradão em Palmas – TO e germinação de sementes de		Haroldo Nogueira de Paiva, José

UFV	Ciência Florestal	<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler, <i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne, <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. e <i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F. Macbr	Maria Inês Ramos Azevedo	Mauro Gomes e Sebastião Venâncio Martins
UNB	Ciências Florestais	Manejo de floresta estacional semidecídua secundária em Pirenópolis, Goiás	Fábio Venturoli	Jeanine Maria Felfili
2009				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UFG	Agronomia	Estrutura genética populacional e fluxo gênico em <i>Dipteryx alata</i> Vogel (Fabaceae) no Cerrado	Thannya Nascimento Soares	Lázaro José Chaves
UFV	Ciência Florestal	Risco-retorno e elasticidade da demanda da madeira serrada e custo do manejo florestal na Amazônia	Rommel Noce	Márcio Lopes da Silva
2010				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UFPR	Processos Biotecnológicos	Desenvolvimento de Bioprocesso para produção de biomassa rica em cobre e zinco por fermentação submersa utilizando leveduras isoladas do baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.) e testados em resíduos da agroindústria brasileira	Andréa Haruko Arakaki	Luciana Porto de Souza Vandenberghe e Carlos Ricardo Soccol
UFV	Ciência Florestal	Propriedades de madeiras termoretificadas	Solange de Oliveira Araújo	Benedito Rocha Vital, Angélica de Cássia Oliveira Carneiro e Ricardo Marius Della Lucia
UNB	Ciências Florestais	Influência das dimensões dos corpos-de-prova e da velocidade de ensaio na caracterização de três espécies de madeiras tropicais	Julio Eustaquio de Melo	Alexandre Florian da Costa e Mário Rabelo de Souza
UNICAMP	Tecnologia de Alimentos	Desenvolvimento tecnológico para o aprimoramento do processamento de polpa e amêndia de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.)	Bruno de Andrade Martins	Flávio Luis Schmidt
2011				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UFGD	Agronomia	Acúmulo de biomassa, composição química e digestibilidade de capim-massai (<i>Panicum maximum</i>) consorciado com milho e leguminosas forrageiras	Tatiana da Costa moreno Gama	Beatriz Lempp e Edimilson Volpe
UFMS	Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste	Área de adipócitos e parâmetros bioquímicos de ratos submetidos à dieta hiperlipídica e exercício aeróbio	Fabricio Cesar de Paula Ravagnani	Celso Massaschi Inouye
UNB	Desenvolvimento Sustentável	Obstáculos à exploração do baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.) no Cerrado Goiano: sustentabilidade comprometida?	Rogério Marcos Magalhães	Donald Rolfe Sawyer

UNESP	Ciência Florestal	Variabilidade genética e correlações juvenil – adulto de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.) no município de Brasilândia - MG	Jozébio Esteves Gomes	Edson Seizo Mori
2012				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UNB	Ciências Florestais	Monitoramento de propriedades de madeiras da Amazônia submetidas ao ataque de fungos apodrecedores	Diego Martins Stangerlin	Alexandre Florian da Costa e Tereza Cristina Monteiro Pastore
UNB	Ciências da Saúde	Potencial antioxidante do baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.) um estudo <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i>	Alinne Martins Ferreira Marins	Egle Machado de Almeida Siqueira
UNB	Ciências da Saúde	Caracterização e estabilidade dos compostos bioativos em amêndoas de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.), submetidas a processo de torrefação	Miriam Rejane Bonilla Lemos	Egle Machado de Almeida Siqueira
UNESP	Engenharia e Ciência de Alimentos	Propriedades funcionais de óleos extraídos de sementes de frutos do cerrado brasileiro	Débora Maria Moreno Luzia	Neuza Jorge
USP	Irrigação e Drenagem	Desenvolvimento inicial de três espécies nativas do Cerrado em função de lâminas de irrigação e tamanhos de recipiente	César Antônio da Silva	Durval Dourado Neto
2013				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UFPR	Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia	Caracterização do <i>Pediococcus acidilactic</i> b14 quanto às propriedades probióticas e sua associação com <i>Lactobacillus acidophilus</i> ATCC 4356 com aplicação em sobremesa com soja aerada potencialmente simbiótica	Maria Carolina de Oliveira Ribeiro	Luciana Porto de Souza Vandenberghe, Carlos Ricardo Socol e Michele Rigon Spier
UFPR	Engenharia Florestal	Análise da estrutura espacial horizontal de uma floresta de terra firme da Amazônia	Ulisses Silva da Cunha	Sebastião do Amaral Machado
UNB	Ciências Florestais	Padrões da distribuição de plantas arbóreo-arbustivas em meso-escala no Pantanal de Mato Grosso	Cândida Pereira da Costa	Jeanine Maria Felfili e Manoel Cláudio da Silva Júnior
UNB	Nutrição Humana	Efeito antioxidante do tucum-do-cerrado [<i>Bactris setosa</i>] em ratos submetidos ao estresse oxidativo induzido por ferro	Adriana Medeiros Fustinoni	Egle Machado de Almeida Siqueira
UNB	Nutrição Humana	Atividade antioxidante de frutos do Cerrado e identificação de compostos em <i>Bactris setosa</i> Mart., <i>Palmae</i> (Tucum-do-Cerrado)	Fernanda Ribeiro Rosa	Sandra Fernandes Arruda
USP	Tecnologia Nuclear	Aplicação da radiação gama na determinação de parâmetros físicos em madeiras	Gilberto Carvalho	Leonardo Gondim de Andrade e Silva
2014				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UFG	Agronomia	Plantas de cobertura associadas a fontes de adubação na	Átila Reis da Silva	Wilson Mozena Leandro e

		recuperação inicial de área degradada pela mineração de bauxita em Barro Alto, GO		Leonardo Santos Collier
UFRGS	Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais	Avaliação da estabilidade térmica e da cinética de degradação da madeira através da caracterização de seus componentes	Matheus Poletto	Ruth Marlene Campomanes Santana e Ademir José Zattera
UNB	Ciências Florestais	Avaliação da qualidade de briquetes produzidos com seis biomassas agroflorestais por métodos não destrutivos	Frederico de Souza	Ailton Teixeira do Vale e Waldir Ferreira Quirino
UNB	Ciências Florestais	Ensaio não destrutivo para avaliar o desempenho de madeiras amazônicas tratadas quimicamente	Ricardo Faustino Teles	Alexandre Florian da Costa
UNESP	Agronomia	Estratégias de propagação de barueiro (<i>Dipteryx alata</i> Vog. e jatobazeiro do cerrado (<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart.))	Léia Carla Rodrigues dos Santos Larson	Aparecida Conceição Boliani
2015				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UNICAMP	Ciência de Alimentos	Emprego de extratos de folhas e resíduos de espécies frutíferas do cerrado como fungicidas naturais em filmes e revestimentos comestíveis	Caroline Alves Breda	Marta Cristina Teixeira Duarte
USP	Recursos Florestais	Aplicação de tratamentos estabilizadores pós-secagem convencional visando a redução do potencial higroscópico da madeira	Saly Takeshita	Ivaldo Pontes Jankowsky
2016				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UFAM	Agronomia Tropical	Crescimento e morfoanatomia foliar de mudas de espécies florestais nativas da Amazônia cultivadas em diferentes substratos e níveis de sombreamento	Isabel Maria Gonçalves de Azevedo	Maria Silvia de Mendonça Queiroz e Antenor Pereira Barbosa
UFAM	Química	Estudo químico de resíduos madeireiros de <i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson, <i>Acacia mangium</i> Willd. e <i>Dipteryx polyphylla</i> Huber	Loretta Ennes Sabóia de Melo	Maria da Paz Lima
UFRRJ	Ciências Ambientais e Florestais	Identificação de madeiras nativas por DNA Barcode	Kelly Carla Almeida de Souza Borges	Roberto Carlos Costa Lelis e Evânia Galvão Mendonça
UNB	Botânica	Germinação de sementes de pares conespecíficos de áreas alagáveis no Pantanal e não alagáveis no Cerrado	Patrícia Carla de Oliveira	Fabian Borghetti
UNB	Ciências Florestais	A contemporaneidade dos valores sociais, econômicos e culturais de produtos florestais não madeireiros para os produtores de Pirenópolis-GO	Fábio Mesquita de Souza	José Imaña Encinas
USP	Ciência e Engenharia de Materiais	Painéis de alta densidade para aplicação em pisos: produção e avaliação de desempenho	Luciano Donizeti Varanda	Francisco Antonio Rocco Lahr

USP	Ciências Farmacêuticas	Desenvolvimento de sistemas dispersos a partir do óleo das sementes de baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.)	Cristhianne Soares Silva Moraes	Pedro Alves da Rocha Filho
USP	Energia Nuclear na Agricultura	Eficiência de plantas taniníferas no controle de helmintos gastrintestinais de ovinos	Érika Breda Canova	Helder Louvandini e Luciana Morita Katiki
2017				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UFG	Agronomia	Atributos químicos do solo e desempenho de culturas em rotação ou consórcio com plantas de cobertura em sistema agroflorestral	Everton Martins Arruda	Leonardo Santos Collier e Rilner Alves Flores
UFG	Agronomia	Desenvolvimento inicial de baru e murici consorciados com adubos verdes em área de Cerrado	Roberli Ribeiro Guimarães	Larissa Leandro Pires e Nei Peixoto
UFG	Genética e Biologia Molecular	Tamanho, montagem de novo e anotação do genoma de <i>Dipteryx alata</i> (Leguminosae)	Adriana Maria Antunes Taquary	Mariana Pires de Campos Telles
UFRPE	Ciências Florestais	Produção volumétrica bruta, rendimento e modelagem de madeira serrada de espécies comerciais da Amazônia	Robson Borges de Lima	Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira, José Antônio Aleixo da Silva e Marcelino Carneiro Guedes
UFRRJ	Ciências Ambientais e Florestais	Análise físico-química e molhabilidade da superfície de madeiras Amazônicas	Keiti Roseani Mendes Pereira	Rosilei Aparecida Garcia e Alexandre Miguel do Nascimento
UNB	Biotechnology e Biodiversidade	Biotechnology e biodiversidade agropecuária: panorama patentário e oportunidades para a região Centro-Oeste	Luciana Harumi Morimoto Figueiredo	Maria Fátima Grossi de Sá
UNB	Ciências Mecânicas	Investigação da pirólise de biomassa do Cerrado para aplicação à sistemas de gaseificação estagiada	Mara Rúbia da Silva Miranda	Carlos Alberto Gurgel Veras
UNB	Ecologia	Efeitos do solo, geografia, demografia e uso e manejo da terra na diversidade e estrutura genética e estratégia reprodutiva de populações naturais de <i>Caryocar brasiliense</i> e <i>Dipteryx alata</i>	Natasha Brianez Rodrigues	Aldicir Osni Scariot
UNESP	Agronomia	Interação genótipo x ambiente em quatro espécies arbóreas sob diferentes espaçamentos de plantio	Hugo Rodrigo Macedo	Mario Luiz Teixeira de Moraes e Marcela Aparecida Moraes
2018				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
INPA	Ciências de Florestas Tropicais	Ecophysiology of Fabaceae tree species during forest restoration in the balbina hydroelectric dam in Amazonas state	Roberto Kirmayr Jaquetti	José Francisco de Carvalho Gonçalves

UFOPA	Sociedade, Natureza e Desenvolvimento	A produção florestal e agroflorestal do cumaru (<i>Dipteryx</i> spp.) estudo de caso em três regiões do Estado do Pará	Cléo Gomes da Mota	Marcos Ximenes Ponte
UFMS	Engenharia Florestal	Caracterização e secagem da madeira de 12 espécies amazônicas	Felipe Susin	Elio José Santini
UNICAMP	Engenharia Agrícola	Influência de níveis de tensões nos impactos esclerométricos aplicados a peças de madeira fletidas	Nádia Schiavon da Veiga	Julio Soriano
2019				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UFOPA	Sociedade, Natureza e Desenvolvimento	Dinâmica de uso dos recursos florestais em diferentes modelos de ocupação territorial no Oeste Paraense	Everton Cristo de Almeida	João Ricardo Vasconcellos Gama
USP	Engenharia de Alimentos	Extração de óleo de amêndoas de baru via solventes alcoólicos: avaliação da composição do óleo, das alterações proteicas e estudo da recuperação do solvente	Keila Kazue Aracava	Christianne Elisabete da Costa Rodrigues
USP	Recursos Florestais	Fatores que influenciam a dinâmica florestal após exploração de madeira na Amazônia brasileira	Andreia Alves Erdmann	Edson José Vidal da Silva
2020				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UNB	Desenvolvimento Sustentável	A transformação do agroextrativismo do Cerrado: casos do Sul Maranhense e do Vale do rio Urucuia em Minas Gerais	Tayline Walverde Bispo	Stéphane Gérard Emile Guéneau
2021				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UFMS	Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste	Avaliação do risco de consumo de folhas e seiva de plantas medicinais do Cerrado Sul-Mato-Grossense em relação à sua composição elementar	Ana Carla Gomes Rosa	Valter Aragão do Nascimento
2022				
Instituição	Programa de Pós-graduação	Título do Trabalho	Autoria	Orientação
UNICAMP	Tecnologia de Alimentos	Estudo da extração supercrítica com e sem acoplamento de prensagem mecânica a frio de matérias-primas lipídicas	Larry Oscar Chañi Paucar	Maria Angela de Almeida Meireles Petenate
Fonte: BDTD, 2022.				

APÊNDICE D – Identificação botânica da espécie *Dipteryx punctata* na Área 1.



APÊNDICE E – Identificação botânica da espécie *Dipteryx punctata* na Área 2.



APÊNDICE F – Identificação botânica da espécie *Dipteryx punctata* na Área 3.



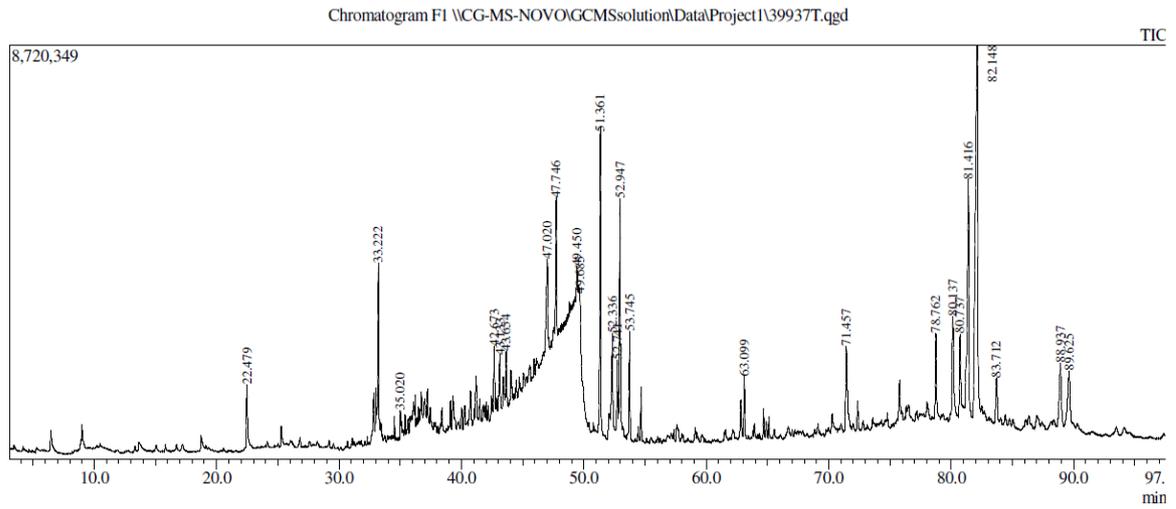
APÊNDICE G – Identificação botânica da espécie *Dipteryx punctata* na Área 4.



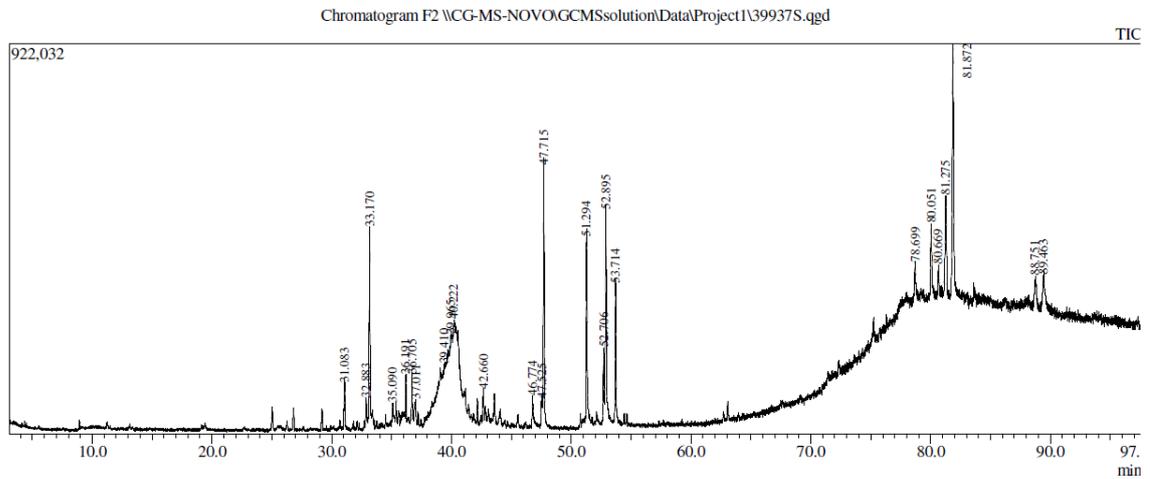
APÊNDICE H – Identificação botânica da espécie *Dipteryx punctata* na Área 5.



APÊNDICE I – Cromatograma do extrato das folhas de *Dipteryx punctata*, área 1.



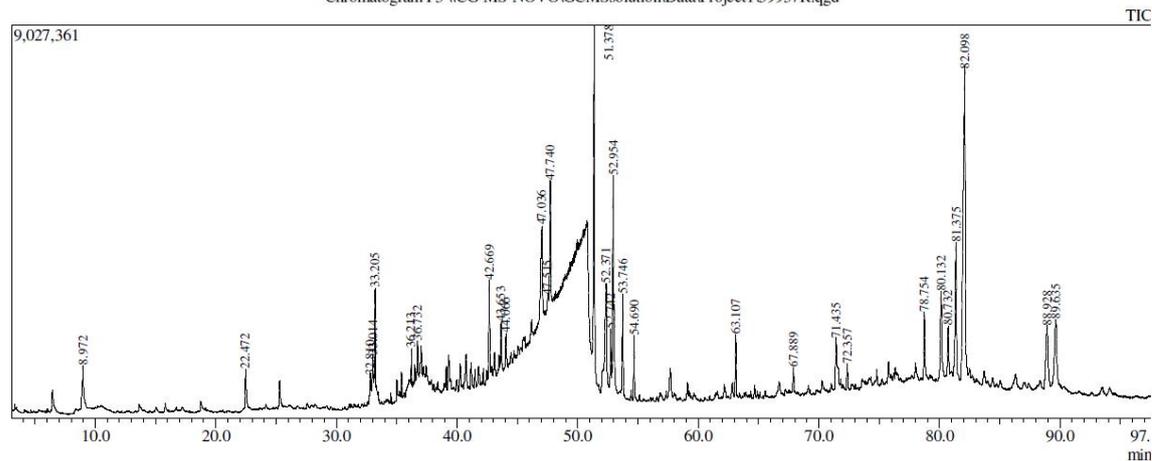
APÊNDICE J – Cromatograma do extrato das folhas de *Dipteryx punctata*, área 2.



APÊNDICE K – Cromatograma do extrato das folhas de *Dipteryx punctata*, área 3.



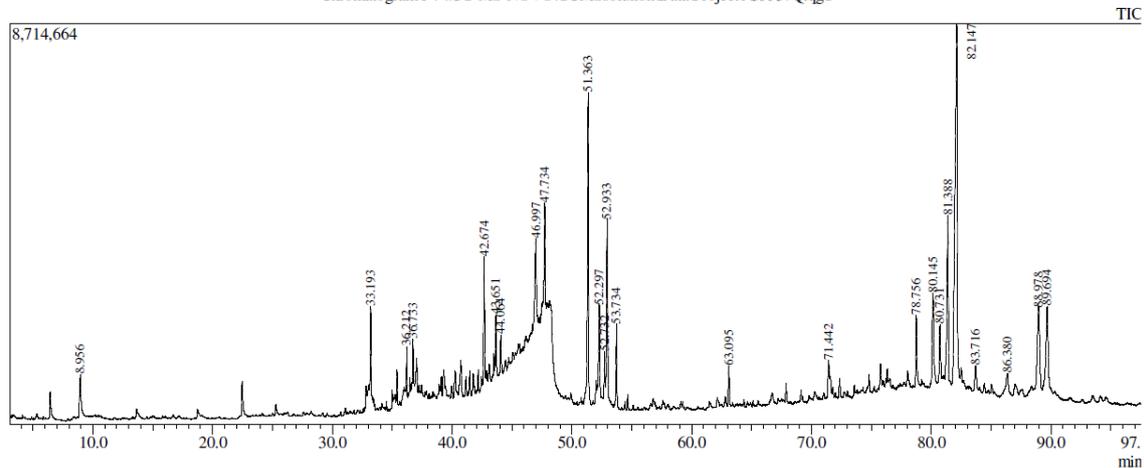
Chromatogram F3 \CG-MS-NOVO\GCMSsolution\Data\Project1\39937R.qgd



APÊNDICE L – Cromatograma do extrato das folhas de *Dipteryx punctata*, área 4.



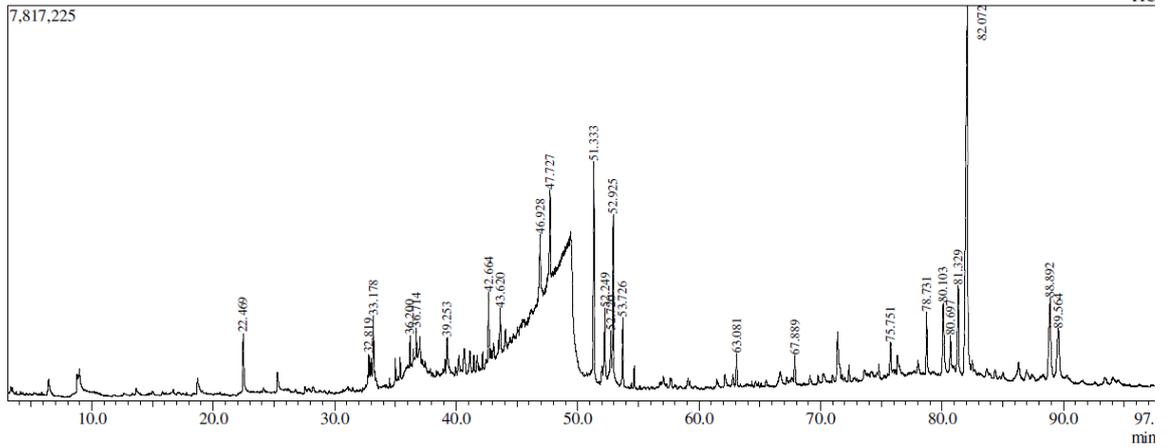
Chromatogram F4 \CG-MS-NOVO\GCMSsolution\Data\Project1\39937Q.qgd



APÊNDICE M – Cromatograma do extrato das folhas de *Dipteryx punctata*, área 5.



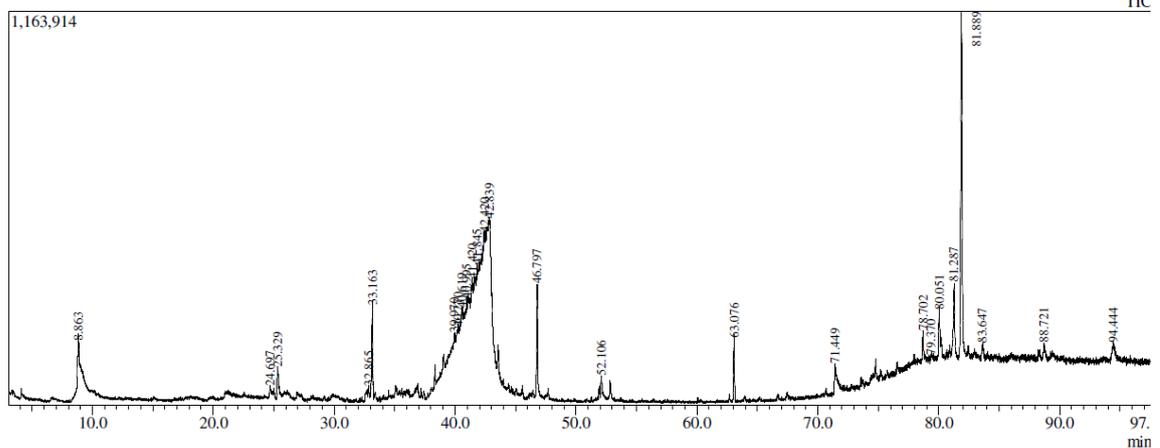
Chromatogram F5 \CG-MS-NOVO\GCMSsolution\Data\Project1\39937P.qgd



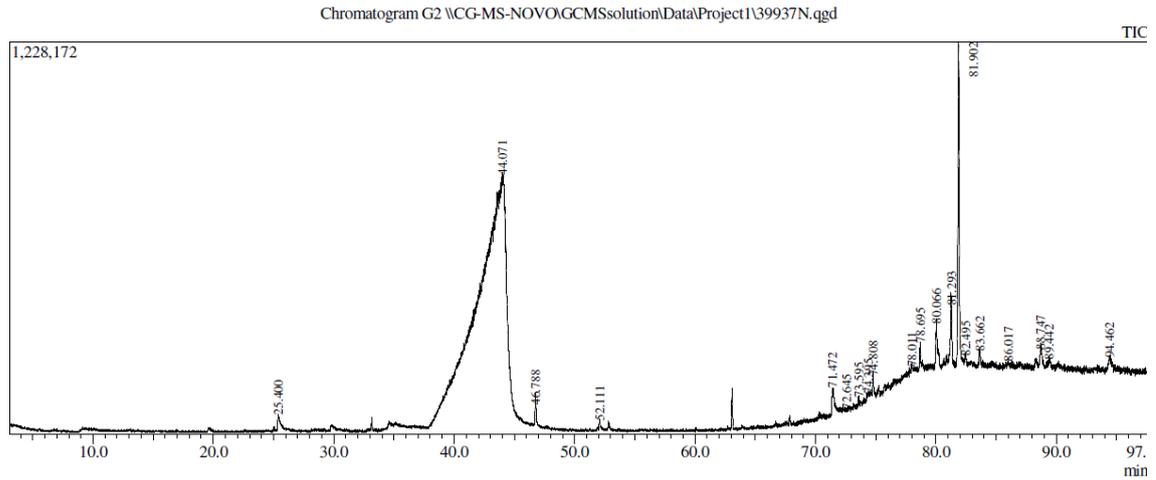
APÊNDICE N – Cromatograma do extrato dos galhos de *Dipteryx punctata*, área 1.



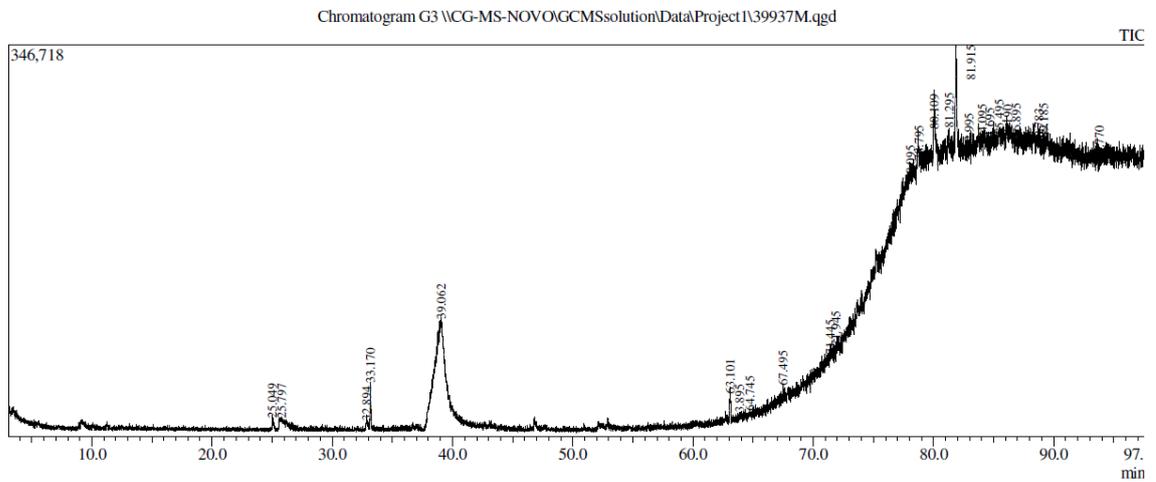
Chromatogram G1 \CG-MS-NOVO\GCMSsolution\Data\Project1\39937O.qgd



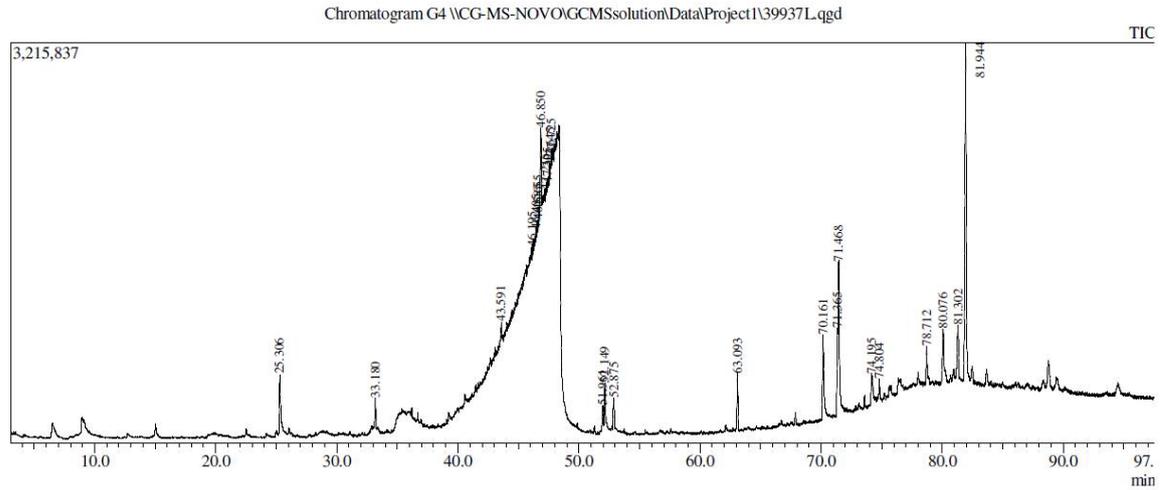
APÊNDICE O – Cromatograma do extrato dos galhos de *Dipteryx punctata*, área 2.



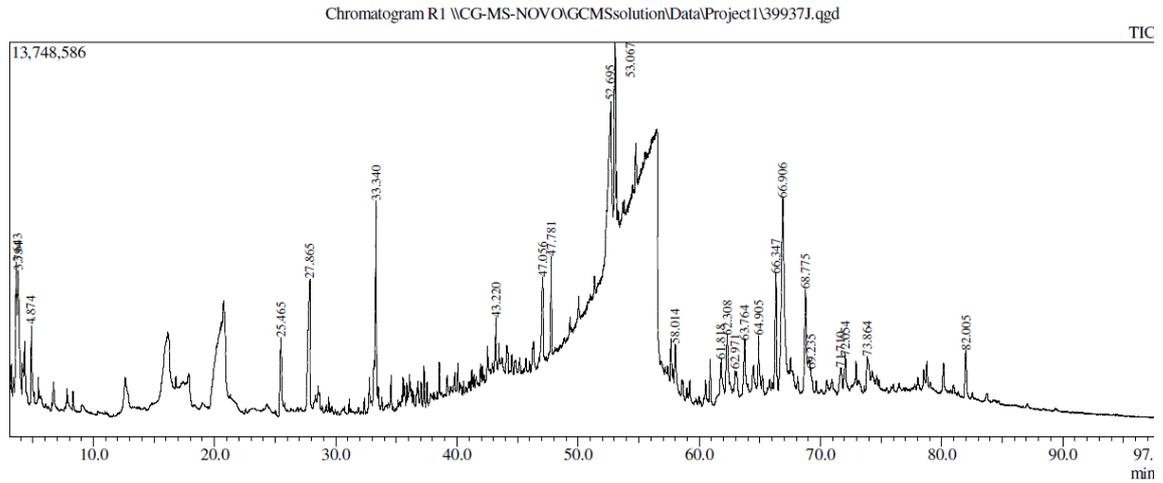
APÊNDICE P – Cromatograma do extrato dos galhos de *Dipteryx punctata*, área 3.



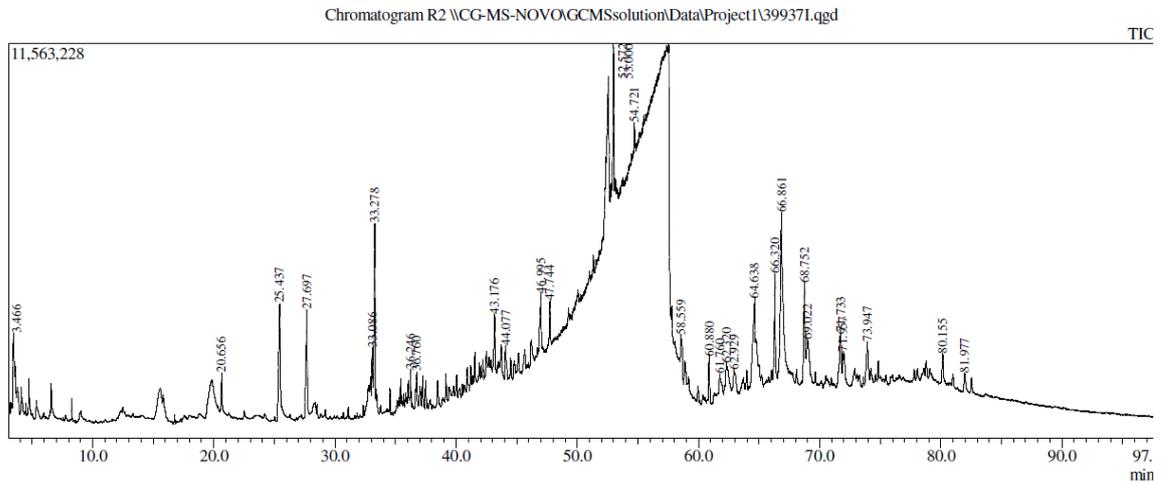
APÊNDICE Q – Cromatograma do extrato dos galhos de *Dipteryx punctata*, área 4.



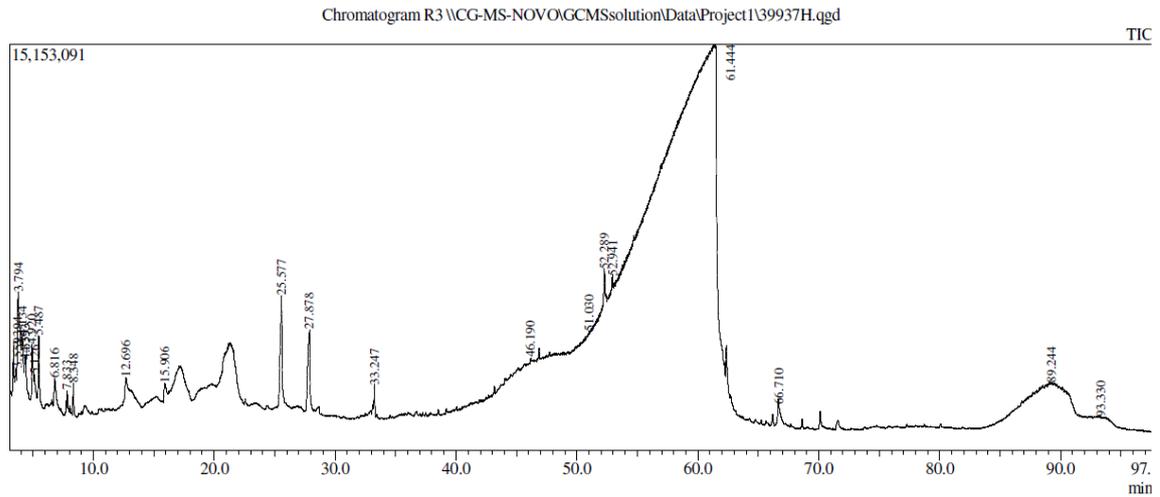
APÊNDICE S – Cromatograma do extrato dos resíduos de *Dipteryx punctata*, área 1.



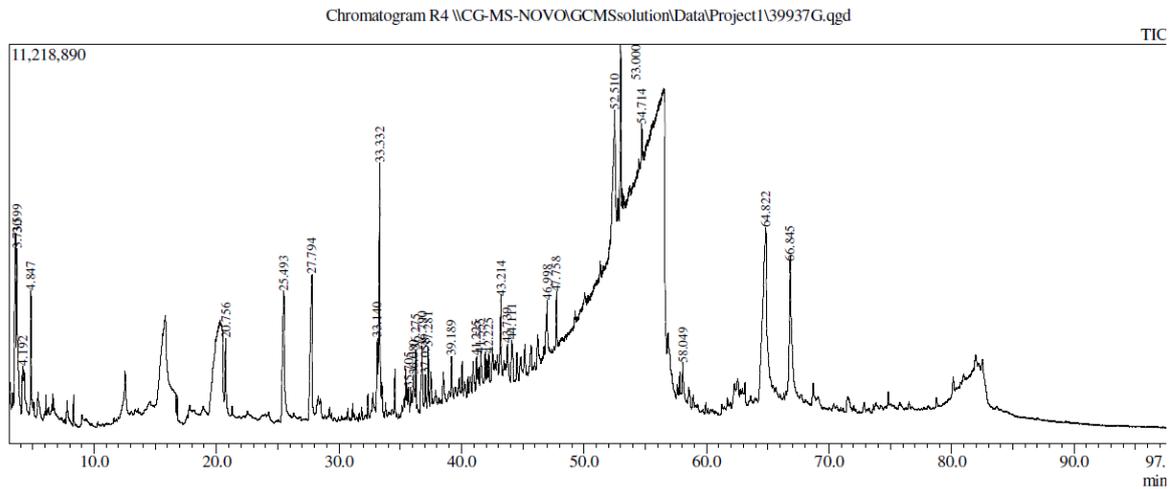
APÊNDICE T – Cromatograma do extrato dos resíduos de *Dipteryx punctata*, área 2.



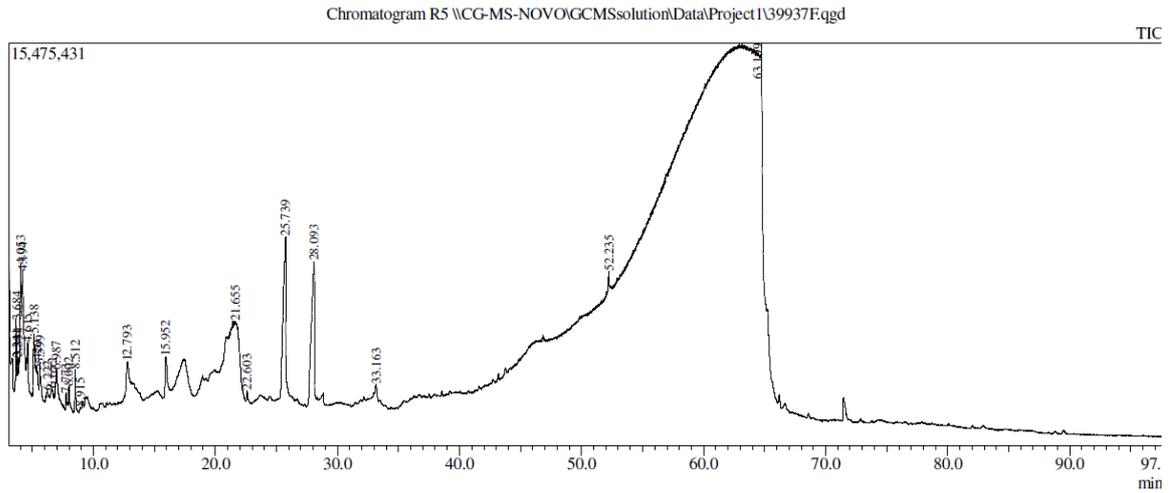
APÊNDICE U – Cromatograma do extrato dos resíduos de *Dipteryx punctata*, área 3.



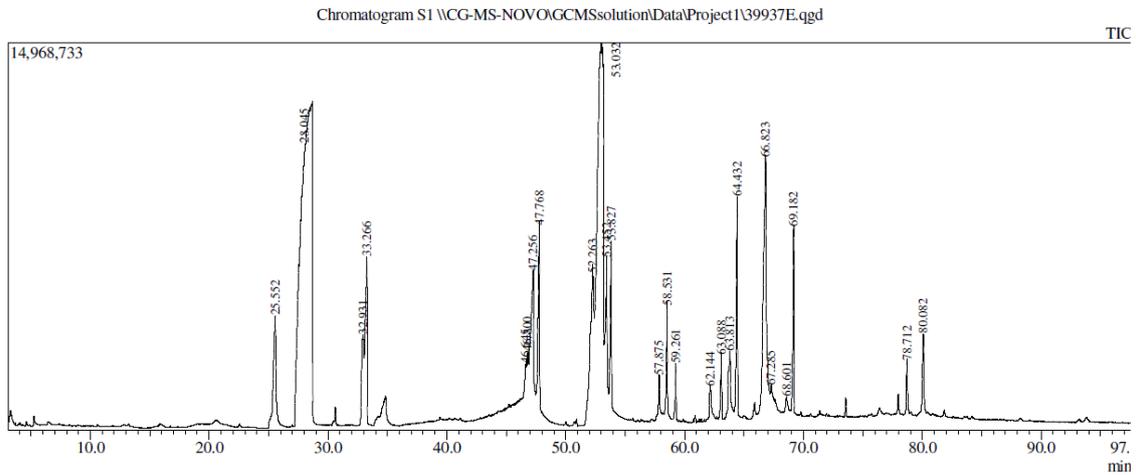
APÊNDICE V – Cromatograma do extrato dos resíduos de *Dipteryx punctata*, área 4.



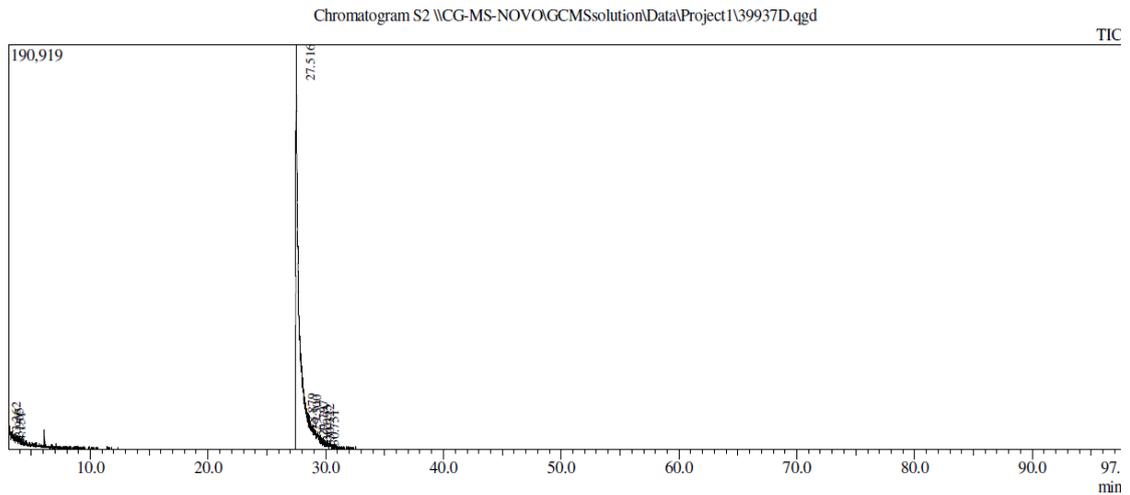
APÊNDICE W – Cromatograma do extrato dos resíduos de *Dipteryx punctata*, área 5.



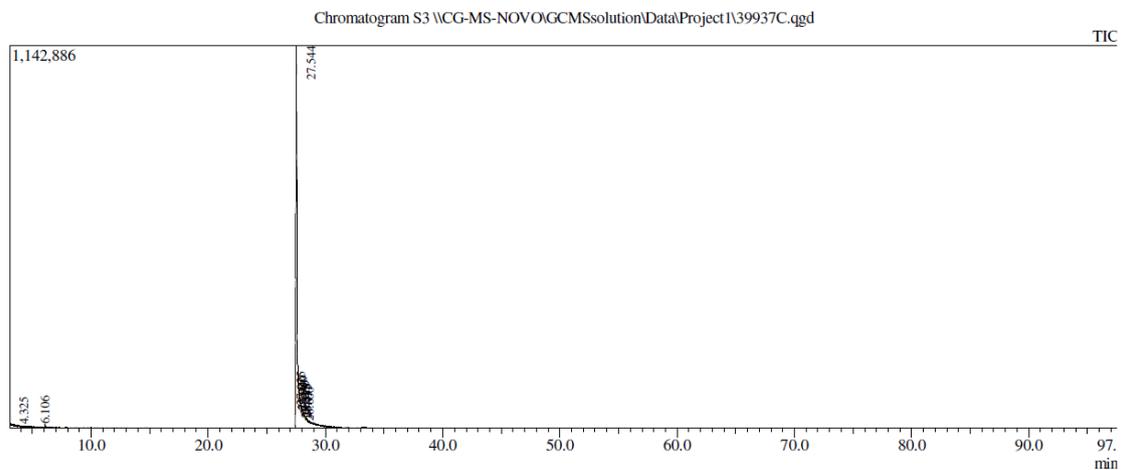
APÊNDICE X – Cromatograma do extrato das sementes de *Dipteryx punctata*, área 1.



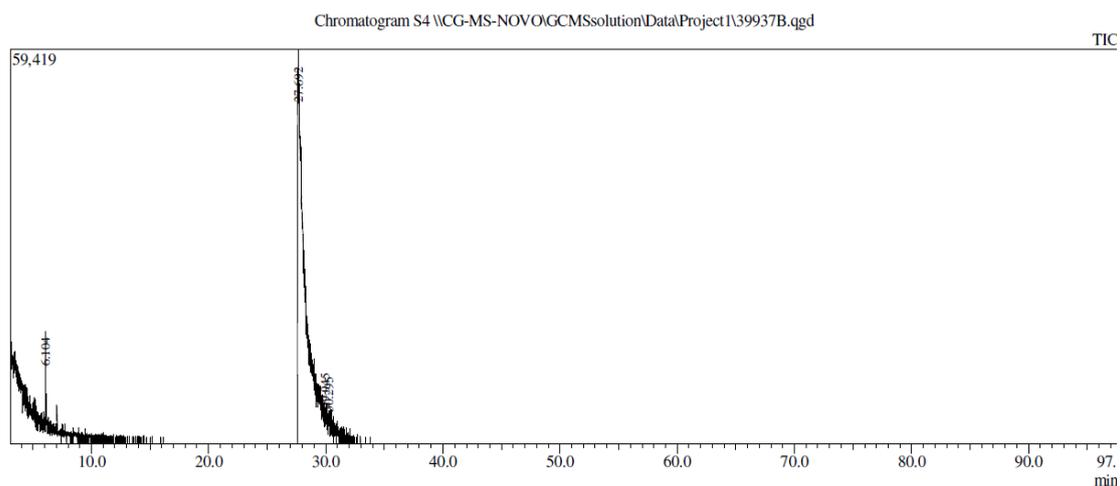
APÊNDICE Y – Cromatograma do extrato das sementes de *Dipteryx punctata*, área 2.



APÊNDICE Z – Cromatograma do extrato das sementes de *Dipteryx punctata*, área 3.



APÊNDICE AA – Cromatograma do extrato das sementes de *Dipteryx punctata*, área 4.



APÊNDICE BB– Cromatograma do extrato das sementes de *Dipteryx punctata*, área 5.

