

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de 26/04/2026.

IMPACTO DAS ESTAÇÕES HÍDRICAS DO CERRADO PAULISTA NOS METABOLISMOS PRIMÁRIO E ESPECIALIZADO DE *Xylopia Aromatica* (Lam.) Mart.

LETÍCIA GALHARDO JORGE

Tese apresentada ao Instituto de Biociências,
Campus de Botucatu, UNESP, para obtenção do
título de Doutor no Programa de Pós- graduação
em Biologia Vegetal.

BOTUCATU - SP

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Julio de Mesquita Filho”

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU

**IMPACTO DAS ESTAÇÕES HÍDRICAS DO CERRADO
PAULISTA NOS METABOLISMOS PRIMÁRIO E
ESPECIALIZADO DE *Xylopia Aromatica* (Lam.) Mart.**

LETÍCIA GALHARDO JORGE

PROF^a DR^a CARMEN SÍLVIA FERNANDES BOARO

ORIENTADORA

Tese apresentada ao Instituto de Biociências,
Campus de Botucatu, UNESP, para obtenção do
título de Doutor no Programa de Pós- graduação
em Biologia Vegetal.

BOTUCATU - SP

2024

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Jorge, Leticia Galhardo.

Impacto das estações hídricas do cerrado paulista nos
metabolismos primário e especializado de *Xylopia Aromatica*
(Lam.) Mart. / Leticia Galhardo Jorge. - Botucatu, 2024

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista
(UNESP), Instituto de Biociências de Botucatu
Orientador: Carmen Silvia Fernandes Boaro
Capes: 20303009

1. Alcalóides. 2. Chuvas. 3. Fotossíntese. 4. Seca.
5. Terpenos.

Palavras-chave: Alcaloides; Chuva; Fotossíntese; Seca;
Terpenos.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE LETÍCIA GALHARDO JORGE, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (BOTÂNICA), DO INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS - CÂMPUS DE BOTUCATU.

Aos 26 dias do mês de abril do ano de 2024, às 13:30 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de TESE DE DOUTORADO de LETÍCIA GALHARDO JORGE, intitulada **Impacto das estações hídricas do Cerrado Paulista nos metabolismos primário e especializado de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart..**

A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof.^a Dr.^a CARMEN SILVIA FERNANDES BOARO (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Biodiversidade e Bioestatística / Instituto de Biociências Unesp Campus de Botucatu, Prof.^a Dr.^a GISELA FERREIRA (Participação Virtual) do(a) Departamento de Biodiversidade e Bioestatística / Instituto de Biociências de Botucatu UNESP, Pós-doutorando FELIPE GIROTTO CAMPOS (Participação Virtual) do(a) Departamento de Biodiversidade e Bioestatística / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP, Prof.^a Dr.^a VILMA MARQUES FERREIRA (Participação Virtual) do(a) Engenharia e Ciências Agrárias / Universidade Federal de Alagoas, Prof. Dr. IVÁN DE LA CRUZ CHACÓN (Participação Virtual) do(a) Instituto de Ciências Biológicas / Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Após a exposição pela doutoranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: _Aprovada_. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Prof.^a Dr.^a CARMEN SILVIA FERNANDES BOARO



Documento assinado digitalmente

CARMEN SILVIA FERNANDES BOARO
Data: 82/05/2024 15:21:57-0300
Verifique em <https://validar.jus.gov.br>

Dedico

Com amor e carinho, aos meus pais João Henrique Jorge, Roselaine Ap. Galhardo Jorge e ao meu irmão Rodrigo Galhardo Jorge, que sempre me incentivaram, apoiaram e me deram amor incondicional. Vocês são a minha base, exemplo de caráter, honestidade, dignidade e respeito.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudo e ao auxílio financeiro.

Ao Instituto de Biociências de Botucatu da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

A Deus por estar sempre presente em minha vida, pelas oportunidades postas em meu caminho, por sempre me guiar e proteger, me permitindo chegar até aqui.

À minha orientadora, Profa. Dra. Carmen Sílvia Fernandes Boaro pelos ensinamentos, pela paciência, amizade, sabedoria e por sua presença e dedicação em todas as etapas do projeto, e também por depositar sua confiança em mim para a realização deste trabalho.

À Profa. Dra. Márcia Ortiz Mayo Marques, por toda contribuição e que gentilmente me recebeu no Instituto Agronômico de Campinas (IAC) e por permitir o uso de seu laboratório.

À Roselaine Facanali e Paulo Henrique Furlan pela ajuda nas análises cromatográficas realizadas no Instituto Agronômico de Campinas (IAC).

Aos membros da banca examinadora, pelas correções e contribuições para a melhoria deste trabalho.

Aos meus pais e ao meu irmão, que são as inspirações da minha vida e que me ensinaram a agir sempre com amor ao próximo, respeito, humildade e honestidade. Mesmo diante das dificuldades que trilhamos juntos nos últimos anos, não mediram esforços para que eu pudesse chegar até aqui.

Aos meus familiares, que sempre estiveram presentes em minha vida, acreditam em mim e por saber que poderia contar com o apoio de todos vocês.

Ao Bruno Novaes pela ajuda nas coletas, pelo amor, compreensão, paciência, carinho, apoio e por se fazer tão presente em todos os momentos da minha vida.

Aos meus professores da graduação em Ciências Biológicas (Unesp – Botucatu), por todo conhecimento adquirido.

Aos meus amigos de departamento e laboratório, pelos momentos de descontração, conversas e ajuda nas análises laboratoriais, em especial ao Felipe Giroto Campos, pelo apoio

e colaboração na execução deste trabalho. Obrigada pela paciência e por tudo o que me ensinou. Minha eterna gratidão a você.

A família do Felipe Giroto Campos, em especial a sua mãe Fátima, que me recebeu de braços abertos em sua casa durante as minhas quatro coletas em sua cidade, Santa Fé do Sul. Muito obrigada pelo acolhimento, carinho, atenção, conversas e pelas suas comidas feitas com tanto amor. Você é uma mulher incrível!

Aos meus amigos de Botucatu e que vou levar comigo para o resto da vida. Obrigada pela amizade, companheirismo e momentos de descontração.

A todos os professores do curso de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica) pelos ensinamentos adquiridos.

Aos funcionários do departamento de Biodiversidade e Bioestatística (setor de Fisiologia vegetal), pela disponibilidade em ajudar sempre que necessário.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram e participaram dessa fase tão importante da minha vida.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO.....	09
ABSTRACT.....	10
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	11
2. OBJETIVOS.....	12
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
3.1. Metabolismo primário e especializado.....	12
3.2. Família Annonaceae.....	14
3.3 Atividades biológicas de compostos do metabolismo especializado do gênero <i>Xylopia</i>	15
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
CAPÍTULO I: Modulação dos metabolismos primário e especializado de <i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart. nas épocas seca e chuvosa do cerrado paulista.....	22
Resumo.....	23
Abstract.....	24
1. Introdução.....	25
2. Material e métodos.....	27
Material vegetal e condições ambientais.....	27
Fluorescência da clorofila <i>a</i>	29
Trocias gasosas.....	30
Carboidratos, atividade enzimática e peroxidação lipídica.....	30
Secagem das folhas e extração do óleo essencial.....	31
Rendimento e caracterização da composição química do óleo essencial.....	31
Extração, quantificação e perfil dos alcaloides benzilisoquinolínicos.....	31
3. Resultados.....	33
4. Discussão.....	48

5. Conclusão.....	53
6. Referências bibliográficas.....	54
CAPÍTULO II: Terpenos e alcaloides de <i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart. com potencial atividade biológica.....	62
Resumo.....	63
Abstract.....	64
1. Introdução.....	65
2. Material e métodos.....	66
Material vegetal	66
Secagem das folhas e extração do óleo essencial.....	67
Caracterização da composição química do óleo essencial.....	67
Extração, quantificação e perfil dos alcaloides benzilisoquinolínicos.....	67
3. Resultados.....	68
4. Discussão.....	69
5. Conclusão.....	74
6. Referências bibliográficas.....	74
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	80

Resumo

Xylopia aromatica (Lam.) Mart., espécie pertencente à família Annonaceae, apresenta ampla distribuição no Brasil, sendo uma das espécies recomendadas para fins de recuperação de áreas degradadas de cerrado. O metabolismo vegetal é dividido em primário e especializado. O primário, é responsável pela síntese de carboidratos, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos, gerando energia e poder redutor a partir de reações de oxido-redução de compostos orgânicos. O metabolismo especializado, é responsável por produzir compostos vitais para as espécies vegetais, atuando como atrativos ou repelentes de polinizadores, na proteção contra radiação UV e poluição, estresse hídrico, sinalização intraespecífica, entre outros. Os metabólitos especializados, formados a partir de produtos gerados na fotossíntese, são responsáveis por expressar a individualidade das espécies, devido a sua grande plasticidade genética e diversidade, garantindo adaptações à mediação de fatores bióticos, relacionados a espécies de plantas e abióticos, relacionados ao ambiente em que a espécie se encontra. Existem diversos fatores capazes de influenciar a biossíntese desses compostos, levando a alterações no metabolismo especializado da planta, podendo alterar sua atividade biológica. A manutenção dos níveis normais de espécies reativas de oxigênio, em resposta a fatores bióticos e abióticos é fundamental para os mecanismos fisiológicos, como a regulação de vias de sinalização celular, ativação de genes e respostas de defesa. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é avaliar se a atividade enzimática do sistema antioxidante e a síntese de carboidratos, terpenos e alcaloides de *Xylopia aromatica* produzidos na época seca diferem daqueles produzidos na época chuvosa e identificar compostos do metabolismo especializado com potencial atividade biológica.

Palavras-chave: fotossíntese, terpenos, alcaloides, seca, chuva

Abstract

Xylopia aromatica (Lam.) Mart., a species belonging to the Annonaceae family, has a wide distribution in Brazil, being one of the recommended species for the purpose of recovering degraded areas of cerrado. Plant metabolism is divided into primary and specialized. The primary one is responsible for the synthesis of carbohydrates, proteins, lipids and nucleic acids, generating energy and reducing power from oxidation-reduction reactions of organic compounds. Specialized metabolism is responsible for producing vital substances for plant species, acting as attractants or repellents for pollinators, protection against UV radiation and pollution, water stress, intraspecific signaling, among others. Specialized metabolites, formed from products generated in photosynthesis, are responsible for expressing the individuality of species, due to their great genetic plasticity and diversity, ensuring adaptations to the mediation of biotic factors, related to plant species and abiotic factors, related to the environment in which the species is found. There are several factors capable of influencing the biosynthesis of these compounds, leading to changes in the plant's specialized metabolism, which can alter its biological activity. Maintaining normal levels of reactive oxygen species in response to biotic and abiotic factors is fundamental for physiological mechanisms, such as the regulation of cell signaling pathways, gene activation and defense responses. Therefore, the objective of this work is to evaluate whether the enzymatic activity of the antioxidant system and the synthesis of carbohydrates, terpenes and alkaloids of *Xylopia aromatica* produced in the dry season differ from those produced in the rainy season and to identify specialized metabolism substances with potential biological activity.

Keywords photosynthesis, terpenes, alkaloids, drought, rain

1. INTRODUÇÃO GERAL

Xylopia aromatica (Lam.) Mart., popularmente conhecida como pimenta-de-macaco ou pindaíba, é uma espécie arbórea pertencente à família Annonaceae (LOPES et al., 2011; LORENZI, 2014) e apresenta ampla distribuição no Brasil, podendo ser encontrada nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Centro-Sul (RATTER et al., 1996). É uma das espécies recomendadas para fins de recuperação de áreas degradadas situadas principalmente em locais com solos pobres e com déficit hídrico (SOCOLOWSKI et al., 2012).

O metabolismo vegetal é dividido em primário e especializado. Como metabolismo primário, caracterizam-se os processos comuns à maioria das espécies vegetais, e que levam à síntese de carboidratos, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos, gerando energia e poder redutor a partir de reações de oxido-redução de compostos orgânicos (DE REZENDE et al., 2016). O metabolismo especializado, não está envolvido em processos geradores de energia, no entanto, compostos provenientes de vias especializadas também são vitais para as espécies vegetais, podendo atuar como atrativos ou repelentes de polinizadores, na proteção contra radiação UV e poluição, estresse hídrico, sinalização intraespecífica, alelopatia, entre outros (DIXON; PAIVA, 1995; GOBBO-NETO; LOPES, 2007; GONÇALVES; GUAZZELI, 2014).

Os metabólitos especializados, formados a partir de produtos gerados na fotossíntese, são responsáveis por expressar a individualidade de famílias, gêneros e, até mesmo espécies vegetais, devido a sua grande plasticidade genética e diversidade, garantindo adaptações à mediação de fatores bióticos, relacionados a espécies de plantas e abióticos, relacionados ao ambiente em que a espécie se encontra (TRAPP; CROTEAU, 2001; SHAO et al., 2007; MOORE et al., 2014; DE REZENDE et al., 2016).

Os compostos do metabolismo especializado são diversos, podendo existir mais de 200.000 metabólitos conhecidos (YANG et al., 2015), que são sintetizados a partir de precursores provenientes do metabolismo primário, principalmente a acetil coenzima A (acetil-CoA), ácido chiquímico, ácido mevalônico e o metileritritol fosfato. Os metabólitos especializados são sintetizados em diferentes compartimentos celulares, por quatro vias de biossíntese, sendo: via do acetato malonato, do ácido mevalônico (MEV), do metileritritol fosfato (MEP) e do ácido chiquímico (DEWICK, 2009; SIMÕES et al., 2010) e, por meio destas vias, é que são formados os três principais grupos de metabólitos especializados, os terpenos, compostos fenólicos e compostos nitrogenados (BORGES et al., 2017).

Existem diversos fatores capazes de influenciar a biossíntese de metabólitos especializados, podendo interferir na sua qualidade e quantidade (TRAPP; CROTEAU, 2001; SHAO et al., 2011). Dentre eles, pode-se citar a época de coleta do material vegetal, considerado um dos fatores de maior importância, uma vez que a quantidade e, até mesmo a

natureza das substâncias, não são constantes durante o ano. Na literatura, são relatadas variações sazonais no conteúdo de várias classes de metabólitos especializados, como os óleos essenciais, flavonoides, alcaloides, entre outros (GOBBO-NETO; LOPES, 2007). Ainda, alguns fatores fisiológicos, como fotossíntese, abertura e fechamento estomático, mobilização de reservas e expansão foliar, podem ser alterados por falta de água, levando a alterações no metabolismo especializado (GOBBO-NETO; LOPES 2007) e, podendo alterar consequentemente, a atividade biológica desses compostos.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXIEVA, V. et al. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. **Plant, Cell & Environment**, v. 24, n. 12, p. 1337–1344, 2001.

ANDRADE, E. H. A. et al. Essential oil composition from leaf, fruit and flower of *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. **Journal of Essential Oil-Bearing Plants**, v. 7, n. 2, p. 151–154, 2004.

APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: Metabolism, Oxidative Stress, and Signal Transduction. **Annual Review of Plant Biology**, v.55, p.373–99, 2004.

BARBOSA, K. B. F. et al. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista de Nutrição**, v. 23, p. 629-643, 2010.

BORGES, C. V. et al. Medicinal plants: Influence of environmental factors on the content of secondary metabolites. **Medicinal Plants and Environmental Challenges**, p. 259-277, 2017.

CAO, B. L. et al. Effects of silicon on absorbed light allocation, antioxidant enzymes and ultrastructure of chloroplasts in tomato leaves under simulated drought stress. **Scientia Horticulturae**, v. 194, p. 53–62, 2015.

CASCAES, M. M. et al. Essential oils from Annonaceae species from Brazil: a systematic review of their phytochemistry, and biological activities. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 22, p. 12140, 2021.

DE REZENDE, F. M. et al. Vias de síntese de metabólitos secundários em plantas. **Laboratório de Ensino de Botânica**, p. 93, 2016.

DEWICK, P.M. Medicinal Natural Products – A biosynthetic approach. Third edition. **John Wiley and Sons**. West Sussex, UK, 2009.

DIXON, R. A.; PAIVA, N. L. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. **The plant cell**, v. 7, n. 7, p. 1085-1097, 1995.

DO NASCIMENTO, M. N. G. et al. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils from *Xylopia aromatica* (Annonaceae) flowers and leaves. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 5, p. 1578–1590, 2018.

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

GONÇALVEZ, A.; GUAZZELLI, M. J. **Agrofloresta e óleos essenciais**. 2014.

GRANELL, S. et al. Bisbenzyltetrahydro isoquinolines, a new class of inhibitors of the mitochondrial respiratory chain complex I. **Planta medica**, v. 70, n. 03, p. 266-268, 2004.

HARRIGAN, G. G. et al. Isolation of bioactive and other oxoaporphine alkaloids from two annonaceous plants, *Xylopia aethiopica* and *Miliusa* cf. *banacea*. **Journal of natural products**, v. 57, n. 1, p. 68-73, 1994.

LOBÃO, A.Q. et al. **Annonaceae in Flora do Brasil**. 2020.

LOPES, S. F. et al. Caracterização ecológica e distribuição diamétrica da vegetação arbórea em um remanescente de floresta estacional semidecidual na Fazenda Experimental do Glória, Uberlândia, MG. **Bioscience Journal**, v. 27, p. 322-335, 2011.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 2014.

MAIA, J. G. S. et al. Leaf volatile oils from four Brazilian *Xylopia* species. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 20, n. 5, p. 474–477, 2005.

MOORE, B. D. et al. Explaining intraspecific diversity in plant secondary metabolites in an ecological context. **New Phytologist**, v. 201, n. 3, p. 733-750, 2014.

MUSLIM HASSAN, A.; ZOHEIR ALMAGBOUL, A.; ABDELGADIR, H. Antimicrobial activity of the fruits essential oil of *Xylopia aethiopica* [Dun.] A. Rich. **Advancement in Medicinal plant Research**, v. 2, n. 4, p. 58-61, 2014.

NDOYE, S. F. et al. Chemical Constituents and Antimicrobial and Antioxidant Activities of Essential Oil from Dried Seeds of *Xylopia aethiopica*. **Biochemistry Research International**, v. 2024, 2024.

NISHIYAMA, Y. et al. Secondary and tertiary isoquinoline alkaloids from *Xylopia parviflora*. **Phytochemistry**, v. 67, n. 24, p. 2671-2675, 2006.

PAGARE, S. et al. Secondary metabolites of plants and their role: Overview. **Current Trends in Biotechnology and Pharmacy**, p. 293-304, 2015.

RATTER, J. A. et al. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation II: Comparison of the woody vegetation of 98 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 53, n. 2, p. 153–180, 1996.

SAMPAIO, B. L. et al. Effect of the environment on the secondary metabolic profile of *Tithonia diversifolia*: a model for environmental metabolomics of plants. **Scientific reports**, v. 6, p. 29265, 2016.

SELMAR, D.; KLEINWÄCHTER, M. Influencing the product quality by deliberately applying drought stress during the cultivation of medicinal plants. **Industrial Crops and Products**, v.42, p.558–566, 2013.

SHAO, H. B. et al. Understanding molecular mechanism of higher plant plasticity under abiotic stress. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 54, n. 1, p. 37–45, 2007.

SIMÕES, C. M. O. et al. Farmacognosia: da planta ao medicamento. 6 ed. Porto Alegre: **Editora da UFRGS**, Florianópolis, 2010.

SOCOŁOWSKI, F. et al. Viability of recently harvested and stored *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. (Annonaceae) seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 3, p. 408-415, 2012.

TRAPP, S. C.; CROTEAU, R. B. **Genomic Organization of Plant Terpene Synthases**, 2001.

VANDENDOOL, H.; KRATZ, P. D. Generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. **Journal of chromatography**, v. 11, n. 3, p. 463–71, 1963.

VRANOVA, E.; INZE, D.; BREUSEGEM, F. V. **Signal trans Oxid Stress**, v. 53, n. 372, p. 1227–1236, 2002.

WOGUEM, V. et al. Volatile oil from striped African pepper (*Xylopia parviflora*, Annonaceae) possesses notable chemopreventive, anti-inflammatory and antimicrobial potential. **Food Chemistry**, v. 149, p. 183–189, 2014.

XU, D. P. et al. Natural Antioxidants in Foods and Medicinal Plants: Extraction, Assessment and Resources. **International journal of molecular sciences**, v. 18, n. 1, p. 96, 2017.

YANG, H. Y.; LEE, T. H. Antioxidant enzymes as redox-based biomarkers: a brief review. **BMB reports**, v. 48, n. 4, p. 200-208, 2015.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo revela que *Xylopia aromatica* demonstra importante capacidade de aclimação às variações ambientais, especialmente entre épocas secas e chuvosas em dois anos sucessivos. A plasticidade fenotípica observada nas plantas revela a capacidade de ajuste de seu metabolismo para otimizar a eficiência fotossintética, desenvolver mecanismos de proteção contra o estresse oxidativo e sintetizar compostos bioativos em resposta às condições específicas de cada período de coleta.

A análise detalhada do óleo essencial e dos alcaloides presentes em *X. aromatica* revelou uma ampla variedade de compostos com potencial biológico, destacando-se a presença de terpenos como α -pineno, β -pineno, espatulenol, limoneno e biciclogermacreno, bem como alcaloides como xilopina e liriodenina.

Portanto, os resultados deste estudo fornecem conhecimento para investigações futuras sobre as aplicações biológicas de *X. aromatica*. Além disso, ressalta-se a importância da conservação dessas plantas e de seu habitat natural, considerando seu potencial valor na biodiversidade.