

## RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 31/07/2020.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de Botucatu



# ARATICUM DE TERRA-FRIA E ARATICUM MIRIM: VARIEDADES DE *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer?

**CAROLINA OVILE MIMI**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Biociências, campus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Botânica).

**BOTUCATU – SP  
2019**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
Campus de Botucatu



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“Júlio de Mesquita Filho”

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE  
BOTUCATU

Araticum de terra-fria e araticum mirim:  
variedades de *Annona emarginata*  
(Schltdl.) H. Rainer?

**CAROLINA OVILE MIMI**

**PROF<sup>a</sup> DR<sup>a</sup> GISELA FERREIRA**

**PROF DR IVÁN DE LA CRUZ CHACÓN**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Biociências, campus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Botânica).

**BOTUCATU – SP  
2019**

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

Mimi, Carolina Ovíle.

Araticum de terra-fria e araticum mirim: variedades de  
*Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer? / Carolina Ovíle  
Mimi. - Botucatu, 2019

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista  
"Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de  
Botucatu

Orientador: Gisela Ferreira

Coorientador: Iván De La Cruz Chacón

Capes: 20303009

1. *Annona*. 2. Annonaceae. 3. Alcalóides. 4. Taxonomia  
numérica.

Palavras-chave: *Annona emarginata*; Annonaceae Juss;  
alcaloides; variedades quimiofenéticas; voláteis foliares.

*“Os lábios da sabedoria estão fechados,  
exceto aos ouvidos do entendimento”*

*Hermes Trismegistro*

*Dedico aos meus pais, à minha família e ao  
namorado e companheiro que, com carinho e  
apoio, não mediram esforços para que eu  
chegasse até esta etapa.*

## ***Agradecimentos***

*À Coordenação de Aprfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil CAPES pela concessão de bolsa de mestrado - Código de Financiamento 001.*

*À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Gisela Ferreira, pela amizade, orientação, apoio e confiança no meu trabalho.*

*Ao Prof. Dr. Iván De La Cruz Chacón da Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, pela orientação, correções e apoio desde o começo do trabalho.*

*Aos docentes, técnicos e funcionários do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da UNESP - Botucatu, por toda ajuda dado nos momentos de necessidade. À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carmem Silvia F. Boaro, ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica) e aos funcionários da Seção de Pós-graduação, pelo auxílio no decorrer do curso.*

*À Coordenadoria de Assistência Técnica e Integral (CATI) de São Bento do Sapucaí - SP, e a Leda Donnabella de Campos do Jordão - SP, pelo fornecimento do material vegetal utilizado durante a pesquisa, e por todo o apoio dado durante as coletas.*

*À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marcia Ortiz Mayo Marques do Instituto Agrônômico de Campinas, à Dr.<sup>a</sup> Maria Aparecida Ribeiro Vieira e a todos os funcionários do instituto pelo auxílio na utilização dos equipamentos para as análises de voláteis foliares. Ao Prof. Dr. Vitor Fernandes Oliveira de Miranda e aos alunos de pós-graduação do Laboratório de Sistemática Vegetal da UNESP de Jaboticabal, por todo o aprendizado obtido durante as análises moleculares.*

*Aos meus pais, Mara Lúcia Ovíle e Alex Mimi, pelos valores de caráter transmitidos, confiança, carinho e apoio em todos os momentos e por entenderem a minha ausência. Ao meu namorado, melhor amigo e companheiro de vida, Mario Ribeiro Galvão Neto, que está ao meu lado em todos os momentos, compartilhando das alegrias e tristezas, e que de forma indireta e direta possibilitou que esse mestrado fosse realizado até o final. A minha irmã, Jéssica e ao meu avô Ovídio, pelo apoio e carinho de sempre, e a toda a minha família. Amo vocês!*

*Às amigas de Pós-graduação, Mariana De Pieri Oliveira, Marília Sousa e Patrícia Corrêa pela amizade e momentos inesquecíveis, e por embarcarmos juntas nessa experiência incrível, por toda ajuda nos perrengues das coletas, e nas mais diversas análises, por tornarem a realização desse trabalho mais divertida, e por toda a aprendizagem que tivemos juntas. A todos os colegas do Laboratório de Germinação e do Laboratório de Crescimento, que sempre estiveram presentes para auxiliar na realização desse trabalho.*

*E finalmente, às amigas, Ana Flávia, Priscila, Joice, Giovanna e Laisa, que mesmo distante, estão sempre presentes em minha vida.*

## Sumário

|  |    |
|--|----|
| <b>RESUMO</b> .....                                      | 8  |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                    | 10 |
| <b>1. Introdução Geral</b> .....                         | 12 |
| <b>2. CAPÍTULO I: Revisão de Literatura</b> .....        | 14 |
| 2.1. Família Annonaceae Juss.....                        | 14 |
| 2.2. Gênero <i>Annona</i> Linn .....                     | 15 |
| 2.3. <i>Annona emarginata</i> (Schltdl.) H. Rainer ..... | 16 |
| 2.4. Quimiofenética.....                                 | 18 |
| 2.4.1. Metabolismo especializado .....                   | 19 |
| 2.4.2. Alcaloides.....                                   | 20 |
| 2.4.3. Terpenos.....                                     | 21 |
| <b>3. CAPÍTULO II: Artigo</b> .....                      | 23 |
| <b>Resumo</b> .....                                      | 24 |
| <b>Abstract</b> .....                                    | 25 |
| 3.1. <b>Introdução</b> .....                             | 26 |
| 3.2. <b>Resultados</b> .....                             | 28 |
| 3.4. <b>Conclusão</b> .....                              | 34 |
| 3.5. <b>Experimental</b> .....                           | 34 |
| 3.6. <b>Agradecimento</b> .....                          | 37 |
| 3.7. <b>Referências</b> .....                            | 37 |
| 3.8. <b>Tabelas e Figuras</b> .....                      | 41 |
| <b>4. Considerações Finais</b> .....                     | 56 |
| <b>5. Referências</b> .....                              | 56 |



**MIMI, C. O. Araticum de terra-fria e araticum mirim: variedades de *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer? 2019. 62 p. DISSERTAÇÃO (MESTRADO) – INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS, UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, BOTUCATU.**

**RESUMO** - Além das formas clássicas de identificação de espécies e variedades realizadas por meio da diferenciação morfológica de órgãos das plantas, como as folhas, flores e frutos, contamos com diferentes técnicas de estudo que analisam aspectos moleculares e químicos. A junção de mais de uma técnica de análise taxonômica é utilizada quando apenas a diferenciação morfológica não é capaz de identificar e classificar uma espécie. A quimiosistemática, recentemente nomeada quimiofenética utiliza dados químicos, provenientes do metabolismo especializado das plantas, para auxiliar na classificação de diferentes famílias, gêneros, espécies e variedades. A espécie *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer, conhecida por seu valor econômico e ecológico, é popularmente chamada como araticum de terra-fria e como araticum mirim, observações de campo e diversos estudos demonstram diferenças fisiológicas e morfológicas entre os araticuns. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi utilizar caracteres morfológicos e químicos provenientes do metabolismo especializado para esclarecer se os araticuns (araticum de terra-fria e araticum mirim) podem ser tratados como variedades de *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer. Para tanto, foram realizadas análises morfométricas do limbo foliar e da coloração das flores e, análises do metabolismo especializado dos araticuns, considerando a) o perfil químico de alcaloides da raiz, expressado como abundância e perfil químico de alcaloides totais, e abundância de um alcaloide considerado marcador quimiotaxonômico (liriodenina) da família Annonaceae; b) perfil de voláteis foliares pelo método de microextração em fase sólida em modo headspace (HS-SPME). As coletas ocorreram em três estádios fenológicos (vegetativo, floração e frutificação) e em dois locais (Campos do Jordão e São Bento do Sapucaí). Foram observadas diferenças marcantes entre os araticuns em todos os aspectos estudados. Em relação à concentração de alcaloides totais e da Liriodenina foi encontrada maior concentração em araticum mirim nos três estádios fenológicos e nas duas localidades, a análise do perfil demonstrou maior porcentagem de presença do alcaloide Lanulinosina em araticum de terra-fria, e dos alcaloides Laurotetanina e N-metil-Laurotetanina em araticum mirim. O perfil de voláteis foliares demonstrou que araticum de terra-fria apresenta composição majoritária de sesquiterpenos (52 - 65% do perfil), diferente do araticum mirim que apresenta composição majoritária de monoterpenos (52 - 68% do perfil), além disso foi relatada a presença de voláteis exclusivos para os dois araticuns. A análise morfométrica demonstrou que araticum

de terra-fria apresenta maior comprimento e largura do limbo foliar, quando comparado com araticum mirim que apresenta menor comprimento e largura do limbo foliar. Os resultados das análises de componentes principais e agrupamentos hierárquicos com os caracteres químicos e dos morfológicos sugerem que o araticum de terra-fria e o araticum mirim devam ser classificados como variedades de *A. emarginata*.

**Palavras chave:** *Annona emarginata*, Annonaceae Juss, variedades quimiofenéticas, alcaloides, voláteis foliares.

**MIMI, C. O. Araticum de terra-fria and araticum mirim: varieties of *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer? 2019. 62 p. DISSERTATION (MASTER) - INSTITUTE OF BIOSCIENCES, UNESP - SÃO PAULO STATE UNIVERSITY, BOTUCATU.**

**ABSTRACT** - In addition to the classical forms of identification of species made through the morphological differentiation of plant organs, such as leaves, flowers and fruits, we have different study techniques that analyze molecular and chemical aspects. The addition of more than one taxonomic analysis technique is used when only morphological differentiation is not able to identify and classify a species. The chemosystematics, recently named chemophenetic, uses chemical data from specialized plant metabolism to aid in the classification of different families, genera, species and varieties. The species *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer, known for its economic and ecological value, is popularly called araticum de terra-fria and araticum mirim. Field observations and several studies demonstrate physiological and morphological differences between them. Therefore, the purpose of this work is to use morphological and specialized chemical characters to clarify whether both araticuns (araticum de terra-fria and araticum mirim) are varieties of *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer. For this purpose, morphometric analysis of leaf blade and flower color analysis were performed, analysis of the specialized metabolism of araticuns were performed, considering a) chemical alkaloid profile of the root, expressed as abundance and chemical profile of total alkaloids, and abundance of an alkaloid considered a chemotaxonomic marker (liriodenine) of the Annonaceae family, b) profile of leaf volatiles by solid-phase microextraction method in headspace mode (HS-SPME). The collections were carried out in three phenological stages (vegetative, flowering and fruiting) and in two places (Campos do Jordão and São Bento do Sapucaí). Significant differences were observed between the araticuns in all aspects studied. In relation to the concentration of total alkaloids and Liriodenine, a higher concentration was found in araticum mirim, the profile analysis showed a higher percentage of the presence of Lanulinosine alkaloid in araticum de terra-fria, and of the alkaloids Laurotetanina and N-methyl-Laurotetanine in araticum mirim. The profile of leaf volatiles shows that araticum de terra-fria has a majority composition of sesquiterpenes (52-65% of the profile), different from araticum mirim, which has a majority composition of monoterpenes (52-68% of the profile), besides that it was observed the presence of unique volatiles to each araticum. The morphometric analysis showed that araticum de terra-fria presents a greater height and width of leaf blade, when compared to araticum mirim that presents smaller width and height of leaf blade. The results of the analysis of the main components and hierarchical groupings with the

chemical characters, besides the morphological ones suggest that araticum de terra-fria and araticum mirim should be classified as varieties of *A. emarginata*.

**Keywords:** *Annona emarginata*; chemophenetic varieties, alkaloids, leaf volatiles, Annonaceae Juss.

## 1. Introdução Geral

A família Annonaceae Juss. é de grande importância tanto em aspectos evolutivos e ecológicos quanto econômicos, apresenta distribuição pantropical e pode ser encontrada em diferentes vegetações por todo território brasileiro (CHATROU et al., 2012a; MAAS; LOBÃO; RAINER, 2015).

Dos gêneros mais numerosos pertencentes à família se encontra o gênero *Annona* Linn, com grande destaque econômico por sua produção de frutos de reconhecida qualidade organoléptica. As espécies mais produzidas no Brasil são a pinha ou fruta-do-conde (*Annona squamosa* L.), a graviola (*A. muricata* L.) e o híbrido atemoia (*Annona x atemoya* Mabb.) (SÃO JOSÉ et al., 2014; SCALOPPI JUNIOR; MARTINS, 2014).

De modo geral a propagação das espécies é realizada por sementes e quando se trata de produção de mudas em larga escala se utiliza propagação vegetativa, principalmente por enxertia. Para a produção de mudas de atemoia se utiliza a espécie *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer como porta-enxerto. Esta espécie é nativa da América do Sul com ocorrência em diversos países como Bolívia, Peru, Argentina Paraguai, Uruguai e Brasil (MAAS et al., 2001). A espécie foi submetida a uma reclassificação taxonômica, sendo anteriormente denominada *Rollinia emarginata* Schltdl. e posteriormente passou a ser denominada *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer (RAINER, 2007). Os produtores de mudas diferenciam duas variações da espécie, em determinadas regiões utilizam o nome de araticum mirim e em outras regiões o araticum de terra-fria, no entanto, ao serem encaminhadas aos especialistas em taxonomia, ambas são identificadas como *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer. Diversos trabalhos têm sido realizados comparando-se os dois araticuns como variedades diferentes demonstrando respostas fisiologicamente distintas.

Diferenças na ocorrência são relatadas por Bettiol Neto et al. (2006) demonstrando que araticum mirim apresenta ocorrência próxima a cursos de rio e está mais adaptada a temperaturas e umidades elevadas. Em contrapartida o araticum de terra-fria apresenta ocorrência natural em lugares com altitude elevada, estando mais adaptado a temperaturas baixas. Diferenças fisiológicas têm sido demonstradas em vários estudos, tanto nas respostas das trocas gasosas, na expressão enzimática, e também na compatibilidade entre copa e porta-enxerto (BARON et al., 2014; BETTIOL NETO et al., 2006). Por outro lado, tanto as plantas de araticum mirim quanto de araticum de terra-fria apresentam resistência a podridão de raiz causada por *Phytophthora nicotianae* var. parasítica, *Pythium* sp. e *Rhizoctonia solani*, e são

menos atrativas às brocas que atacam o colo das plantas (*Cratosomus bombina*) (BETTIOL NETO et al., 2006).

Produtores que utilizam a espécie como porta-enxerto relatam diferenças ente elas na coloração e aroma exalado pelas flores, no tamanho das folhas e nas respostas fisiológicas entre copa e porta-enxerto. As informações dos produtores juntamente com as diferenças fisiológicas relatadas nos artigos levam à sugestão de que araticum mirim e araticum de terra-fria podem ser variedades distintas. Neste contexto, há necessidade de estudar de modo mais aprofundado as diferenças morfológicas e químicas a fim de que seja confirmada ou não a existência das duas variedades. Dentre as possibilidades de métodos de estudo, se relata utilizar análises quimiotaxonômicas.

A área da quimiosistemática, nomeada recentemente de quimiofenética, vem sendo utilizada para auxiliar na solução de problemas de identificação e classificação de espécies que não conseguem ser resolvidos somente com o uso de análises morfológicas (GOTTLIEB, 1982; WINK et al., 2018; ZIDORN, 2019). Para que isso ocorra são utilizadas as diferenças e semelhanças detectáveis nas composições bioquímicas dos organismos estudados (REYNOLDS, 2007; WINK et al., 2018). Para o estudo de organismos vegetais são utilizados como marcadores químicos os produtos do metabolismo especializado.

Os metabólitos especializados são compostos químicos obtidos através de produtos da fotossíntese, que visam fornecer proteção e atração às plantas. São utilizados como marcadores químicos devido a sua organização na planta, que permite a expressão da individualidade de famílias, gêneros e de espécies, auxiliando em estudos quimiosistemáticos (DEWICK, 2002).

As espécies da família Annonaceae apresentam produção de diversos metabólitos especializados de interesse (SURESH; SHIVAKUMAR; SHIVAKUMAR, 2012), que pode ser afetada nos diferentes estádios fenológicos e por variações ambientais como radiação solar, temperatura e umidade (CARVALHO et al., 2007; YANG et al., 2018).

Juntamente com as análises de marcadores químicos é importante confecção de exsiccatas e realização de análises morfológicas, que auxiliarão na compreensão das possíveis diferenças encontradas, possibilitando a comparação de estruturas como folha e flor levando em consideração aspectos como coloração, tamanho e forma.

Sendo assim o objetivo deste trabalho é analisar se ocorrem diferenças químicas no metabolismo especializado e morfológicas que auxiliem para classificar araticum de terra-fria e araticum mirim como diferentes variedades de *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer.

#### 4. Considerações Finais

Considerando a importância da espécie *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer, tanto para aspectos econômicos como produção de porta-enxertos, quanto para aspectos ecológicos como a recuperação de áreas degradadas, e levando em consideração a importância de seus metabólitos especializados com propriedades medicinais, é importante que esteja estabelecido se araticum de terra-fria e araticum mirim são variedades quimiofenéticas distintas.

De acordo com os resultados encontrados neste trabalho podemos concluir que os araticuns são variedades diferentes da espécie *A. emarginata*, esse resultado está amparado nas diferenças químicas encontradas nas quantificações de alcaloides totais e da liriodenina, e no perfil químico dos alcaloides e dos voláteis foliares mais abundantes e exclusivos, assim como nas diferenças morfológicas como a coloração das flores e o tamanho das folhas.

Deste modo, embora sem análises genéticas clássicas, foi possível apresentar o primeiro relato na literatura da caracterização das diferenças entre as duas variedades de *Annona emarginata* utilizando-se quimiofenética.

#### 5. Referências

ABBAS, F. et al. Volatile terpenoids: multiple functions, biosynthesis, modulation and manipulation by genetic engineering. **Planta**, v. 246, n. 5, p. 803–816, 2017.

ADAMS, R. P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy. **Carol Stream: Allured Publishing Corporation**, p. 804, 2017.

ALARA, O. R. et al. Phytochemical And Pharmacological Properties Of *Vernonia amygdalina*: A Review. **Journal of Chemical Engineering and Industrial Biotechnology**, v. 2, n. September, p. 80–86, 2017.

ALMEIDA, A. S. DE; SANTOS, A. F. DOS. Flavonoides do Gênero *Annona*. **Diversitas Journal**, v. 3, n. 2, p. 475, 2018.

AZOFEIFA-DELGADO, Á. Uso de marcadores moleculares en plantas; aplicaciones en frutales del trópico. **Agronomía Mesoamericana**, v. 17, n. 2, p. 221, 2006.

BAKKALI, F. et al. Biological effects of essential oils - A review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, n. 2, p. 446–475, 2008.

BARBALHO, S. et al. *Annona* sp: Plants with Multiple Applications as Alternative Medicine - A Review. **Current Bioactive Compounds**, v. 8, n. 3, p. 277–286, 2012.

BARON, D. et al. Gas exchanges in Annonaceae species under different crop protections. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. spe1, p. 243–250, 2014.

BARON, D. et al. Physiological changes modulated by rootstocks in atemoya (*Annona x atemoya* Mabb.): gas exchange, growth and ion concentration. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 41, n. 1, p. 219–225, 2017.

BARON, D. et al. Leaf gas exchanges responses of atemoya scion grafted onto *Annona* rootstocks. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 30, n. 3, p. 203–213, 2018.

BETTIOL NETO, J. E. et al. Enraizamento de estacas dos porta-enxertos Araticum-de-Terra-Fria (*Rollinia* sp.) e Araticum-Mirim (*Rollinia emarginata* Schldl.) para anonáceas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 6, p. 1077–1082, 2006.

CAMPOS, F. G. et al. Characterization of the chemical composition of the essential oils from *Annona emarginata* (Schldl.) H. Rainer “terra-fria” and *Annona squamosa* L. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. spe1, p. 202–208, 2014.

CAMPOS, F. G. et al. Chemical Diversity of Volatiles From Parents, Rootstock and Atemoya Hybrid. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 4, p. 271, 2019.

CARVALHO, A. P. F. et al. Variações sazonais nas concentrações de pigmentos e nutrientes em folhas de espécies de cerrado com diferentes estratégias fenológicas. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 1, p. 19–27, 2007.

CHACÓN, I. D.-L.-C. et al. Biosíntesis de alcaloides bencilisoquinolínicos. **Universitas Scientiarum**, v. 17, p. 189–202, 2012.

CHATROU, L. W. et al. A new subfamilial and tribal classification of the pantropical flowering plant family Annonaceae informed by molecular phylogenetics. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 169, n. 1, p. 5–40, 2012a.

CHATROU, L. W. et al. The natural history of Annonaceae. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 169, n. 1, p. 1–4, 2012b.

COLOM, O. A.; POPICH, S.; BARDON, A. Bioactive constituents from *Rollinia emarginata* (Annonaceae). **Natural Product Research**, v. 21, n. 3, p. 254–259, 2007.

COSTA, V. C. O. et al. Composição química e modulação da resistência bacteriana a drogas do óleo essencial das folhas de *Rollinia leptopetala* R. E. Fries. **Brazilian Journal of**



**Pharmacognosy**, v. 18, n. 2, p. 245–248, 2008.

COSTA, E. V. et al. Chemical constituents isolated from the bark of *Guatteria blepharophylla* (Annonaceae) and their antiproliferative and antimicrobial activities. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 22, n. 6, p. 1111–1117, jun. 2011.

COUVREUR, T. L. P. et al. Phylogenomics of the major tropical plant family Annonaceae using targeted enrichment of nuclear genes. **bioRxiv**, p. 1–25, 2018.

DE-LA-CRUZ-CHACÓN, I. et al. Liriodenine, Early Antimicrobial Defence in *Annona diversifolia*. **Zeitschrift für Naturforschung C**, v. 66, n. 7–8, p. 377–384, 1 ago. 2011.

DE-LA-CRUZ-CHACÓN, I. et al. Spatio-Temporal Variation of Alkaloids in *Annona purpurea* and the Associated Influence on Their Antifungal Activity. **Chemistry and Biodiversity**, v. 16, n. 2, 2019.

DE-LA-CRUZ-CHACÓN, I.; GONZÁLEZ-ESQUINCA, A. R. Liriodenine alkaloid in *Annona diversifolia* during early development. **Natural Product Research**, v. 26, n. 1, p. 42–49, 2012.

DEWICK, P. M. Secondary Metabolism: The Building Blocks and Construction Mechanisms. In: **Medicinal Natural Products**. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2002. v. 2p. 7–34.

DOLAB, J. G. et al. The antimicrobial activity of *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer and most active isolated compounds against clinically important bacteria. **Molecules**, v. 23, n. 5, p. 1–14, 2018.

DOS SANTOS, A. F.; SANT'ANA, A. E. G. Molluscicidal properties of some species of *Annona*. **Phytomedicine**, v. 8, n. 2, p. 115–120, 2001.

DUDAREVA, N. et al. Biosynthesis, function and metabolic engineering of plant volatile organic compounds. **New Phytologist**, v. 198, n. 1, p. 16–32, 2013.

FÉVRIER, A. et al. Acetogenins and Other Compounds from *Rollinia emarginata* and Their Antiprotozoal Activities. **Planta Medica**, v. 65, n. 1, p. 047–049, 1999.

FOURNIER, G.; LÉBOEUF, M.; CAVÉ, A. Annonaceae essential oils: A review. **Journal of Essential Oil Research**, v. 11, n. 2, p. 131–142, 1999.

GONZÁLEZ-ESQUINCA, A. R. et al. Alkaloids and acetogenins in Annonaceae development: biological considerations. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. spe1, p. 01–16, 2014.

GOTTLIEB, O. R. **Micromolecular Evolution, Systematics and Ecology**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1982. v. 52

GUO, X. et al. A mega-phylogeny of the Annonaceae: Taxonomic placement of five enigmatic genera and support for a new tribe, Phoenicantheae. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1–11, 2017.

HAGEL, J. M.; FACCHINI, P. J. Plant metabolomics: Analytical platforms and integration with functional genomics. **Phytochemistry Reviews**, v. 7, n. 3, p. 479–497, 2008.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., AND P. D. R. **PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis**. *Palaeontologia Electronica*, 2001.

HENNEBELLE, T. et al. The Essential Oil of *Lippia alba*: Analysis of Samples from French Overseas Departments and Review of Previous Works. **Chemistry & Biodiversity**, v. 3, n. 10, p. 1116–1125, out. 2006.

JARAMILLO, M. C. et al. Cytotoxicity and antileishmanial activity of *Annona muricata* pericarp. **Fitoterapia**, v. 71, n. 2, p. 183–186, abr. 2000.

JÚNIOR, N. G. R. et al. Anatomia e morfometria de raízes e folhas de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em diferentes estádios de acometimento da síndrome da morte das pastagens. **Iheringia - Serie Botanica**, v. 72, n. 1, p. 127–132, 2017.

KUTCHAN, T. M. Alkaloid Biosynthesis: The Basis for Metabolic Engineering of Medicinal Plants. **The Plant Cell**, v. 7, n. 7, p. 1059, 1995.

LAURSEN, T.; MØLLER, B. L.; BASSARD, J. E. Plasticity of specialized metabolism as mediated by dynamic metabolons. **Trends in Plant Science**, v. 20, n. 1, p. 20–32, 2015.

LEBOEUF, M. et al. THE PHYTOCHEMISTRY OF THE ANNONACEAE. **Phytochemistry**, v. 21, n. 12, p. 2783–2813, 1982.

LINDROTH, R. L.; HSIA, M. T. S.; SCRIBER, J. M. Seasonal patterns in the phytochemistry of three *Populus* species. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 15, n. 6, p. 681–686, 1987.

LOBÃO, A. Q.; ARAUJO, D. S. D. DE;; KURTZ, B. C. Annonaceae das restingas do estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 56, n. 87, p. 85–96, 2005.

LÚCIO, A. S. S. C. et al. **Alkaloids of the Annonaceae: Occurrence and a Compilation of Their Biological Activities**. [s.l.: s.n.]. v. 74

LUKAS, B.; SCHMIDERER, C.; NOVAK, J. Essential oil diversity of European

*Origanum vulgare* L. (Lamiaceae). **Phytochemistry**, v. 119, p. 32–40, 2015.

MAAS, P. J. M. et al. Annonaceae from Central-eastern Brazil. **Rodriguésia**, v. 52, n. 80, p. 65–98, 2001.

MAAS, P. J. M.; LOBÃO, A.; RAINER, H. **Annonaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. 2001. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/FichaPublicaTaxonUC/FichaPublicaTaxonUC.do?id=FB110219&action=print>>. Acesso em: 3.12.18.

MAAS, P., LOBÃO, A., RAINER, H. Annonaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB110219>>. Acesso em: 27.06.19.

MANTOAN, L. P. B.; FERREIRA, G.; BOARO, C. S. F. Chlorophyll a fluorescence in *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer plants subjected to water stress and after rehydration. **Scientia Horticulturae**, v. 184, p. 23–30, 2015.

MATSUURA, H. N. et al. Specialized Plant Metabolism Characteristics and Impact on Target Molecule Biotechnological Production. **Molecular Biotechnology**, v. 60, n. 2, p. 169–183, 2018.

MÁXIMO, P. et al. Chemotaxonomy of Portuguese *Ulex*: Quinolizidine alkaloids as taxonomical markers. **Phytochemistry**, v. 67, n. 17, p. 1943–1949, 2006.

MITAINE, A.-C. et al. Alkaloids from *Aspidosperma* Species from Bolivia. **Planta Medica**, v. 62, n. 05, p. 458–461, 4 out. 1996.

MOSCA, J. L.; CAVALCANTE, C. E. B.; DANTAS, T. M. **Características Botânicas das Principais Anonáceas e Aspectos Fisiológicos de Maturação**. 1. ed. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006.

MUHLEMANN, J. K.; KLEMPIEN, A.; DUDAREVA, N. Floral volatiles: from biosynthesis to function. **Plant, Cell & Environment**, v. 37, p. 1936–1949, 2014.

NUNES, D. S. et al. Indole alkaloids from *Aspidosperma pruinosum*. **Phytochemistry**, v. 31, n. 7, p. 2507–2511, 1992.

PADMA, P. et al. Effect of the extract of *Annona muricata* and *Petunia nyctaginiflora* on *Herpes simplex* virus. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 61, n. 1, p. 81–83, 1998.

PEREIRA, M. DE M. et al. ALCALÓIDES INDÓLICOS ISOLADOS DE ESPÉCIES DO GÊNERO *Aspidosperma* (APOCYNACEAE). **Quim Nova**, v. 30, n. 4, p.

970–983, 2007.

PICHERSKY, E.; LEWINSOHN, E. Convergent Evolution in Plant Specialized Metabolism. **Annual Review of Plant Biology**, v. 62, n. 1, p. 549–566, 2011.

PIVA, L. R. D. O. et al. Volatile monoterpene ‘fingerprints’ of resinous *Protium* tree species in the Amazon rainforest. **Phytochemistry**, v. 160, n. February, p. 61–70, 2019.

PONTIN, M. et al. *Allium sativum* produces terpenes with fungistatic properties in response to infection with *Sclerotium cepivorum*. **Phytochemistry**, v. 115, n. 1, p. 152–160, 2015.

PRASSINOS, C. et al. Rootstock-induced dwarfing in cherries is caused by differential cessation of terminal meristem growth and is triggered by rootstock-specific gene regulation. **Tree Physiology**, v. 29, n. 7, p. 927–936, 2009.

QUÍLEZ, A. M. et al. Potential therapeutic applications of the genus *Annona*: Local and traditional uses and pharmacology. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 225, p. 244–270, 2018.

RAINER, H. Monographic studies in the genus *Annona* L. (Annonaceae): Inclusion of the genus *Rollinia* A. S T. -H IL. **Arbeit**, n. 1992, p. 191–206, 2007.

REYNOLDS, T. The evolution of chemosystematics. **Phytochemistry**, v. 68, n. 22–24, p. 2887–2895, 2007.

SÃO JOSÉ, A. R. et al. Atualidades e perspectivas das Anonáceas no mundo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. spe1, p. 86–93, 2014.

SCALOPPI JUNIOR, E. J.; MARTINS, A. B. G. Estaquia em Anonas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. spe1, p. 147–156, 2014.

SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I.; GOTTSBERGER, G.; WEBBER, A. C. Morphological and functional flower characteristics of New and Old World Annonaceae with respect to their mode of pollination. **Taxon**, v. 52, n. 4, p. 701–718, 2003.

SOUSA, M. C. et al. The production of alkaloids in *Annona cacans* seedlings is affected by the application of GA 4+7 + 6-Benzyladenine. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 84, n. December 2018, p. 47–51, 2019.

SURESH, H. M.; SHIVAKUMAR, B.; SHIVAKUMAR, S. I. Phytochemical Potential of *Annona reticulata* Roots for Antiproliferative Activity on Human Cancer Cell Lines. **Advances in Life Sciences**, v. 2, n. 2, p. 1–4, 2012.

THE PLANT LIST. Versão 1.1. 2013. Disponível em: <<http://www.theplantlist.org/>>

(acesso em: 27.06.19).

TOKUNAGA, T. A. A cultura da atemóia. Campinas, **Coordenadoria de Assistência Técnica e Integral (CATI)**, 2000.

VAJDA, V. et al. Molecular signatures of fossil leaves provide unexpected new evidence for extinct plant relationships. **Nature Ecology and Evolution**, v. 1, n. 8, p. 1093–1099, 2017.

VINAY, G. M.; SAKTHIVEL, T.; PRIYANKA, H. L. Recent Advances in *Annona* Breeding: A Review. **International Journal of Pure & Applied Bioscience**, v. 5, n. 2, p. 1168–1181, 2017.

WINK, M. Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. **Phytochemistry**, v. 64, n. 1, p. 3–19, 2003.

WINK, M. et al. Chemotaxonomy Seen from a Phylogenetic Perspective and Evolution of Secondary Metabolism. In: Biochemistry of Plant Secondary Metabolism: Second Edition. **Annual Plant Reviews**. v. 40. 2018. p. 364-433.

XUE, B. et al. A new annonaceae genus, wuodendron, provides support for a post-boreotropical origin of the Asian-neotropical disjunction in the tribe miliuseae. **Taxon**, v. 67, n. 2, p. 250–266, 2018.

YANG, L. et al. Response of plant secondary metabolites to environmental factors. **Molecules**, v. 23, n. 4, p. 1–26, 2018.

ZIDORN, C. Plant chemophenetics – A new term for plant chemosystematics/plant chemotaxonomy in the macro-molecular era. **Phytochemistry**, v. 163, n. March, p. 147–148, 2019.