

# Avanços Científicos, Tecnológicos e de Inovação na Botânica

---

André Luiz Oliveira de Francisco  
(Organizador)



# Avanços Científicos, Tecnológicos e de Inovação na Botânica

---

André Luiz Oliveira de Francisco  
(Organizador)

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Lorena Prestes

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
A946	<p>Avanços científicos, tecnológicos e de inovação na botânica [recurso eletrônico] / Organizador André Luiz Oliveira de Francisco. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader            Modo de acesso: World Wide Web            Inclui bibliografia            ISBN 978-85-7247-985-1            DOI 10.22533/at.ed.851201402</p> <p>1. Biologia vegetal. 2. Botânica – Tecnologia. 3. Meio ambiente – Conservação. I. Francisco, André Luiz Oliveira de.</p> <p style="text-align: right;">CDD 582.1</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

O livro Avanços Científicos, Tecnológicos e de Inovação na Botânica traz ao leitor temas originais e abordagens diferenciadas, sendo 7 capítulos, nos quais o leitor poderá desfrutar de pontos da biologia vegetal aplicada relacionado a temáticas anatômicas, histológicas, bioquímicas, fisiológicas todas com aplicações em diversos setores da ciência.

A obra tem como objetivo apresentar estudos científicos recentes e inovadores que buscam colocar enfoque em temáticas pouco abordadas (raras), mas com grande aplicabilidade e informações ainda pouco dominadas da biologia vegetal nos ambientes acadêmicos, promovendo atualização do conhecimento e abrindo caminho para novos enfoques e ideias de pesquisa.

A abrangência dos temas promove uma teia de informações que levam a diferentes áreas do conhecimento científico se encontrando em torno do amplo mundo a botânica. Temas como tecnologia de sementes, anatomia e morfologia vegetal, fisiologia vegetal, bioquímica se inter-relacionando num mesmo capítulo a fim de demonstrar dados ainda pouco conhecidos e utilizando-se de técnicas diversas, desde simples como avaliações histológicas a complexas como a cromatografia, levando ao leitor experiências de conhecimento diferenciadas.

A aplicação dos temas estudados é constante nos capítulos presentes na bibliografia, sempre com alcance a diferentes áreas do conhecimento inclusive em um mesmo capítulo. Esta abrangência de áreas na obra amplia a utilidade desta em diferentes ambientes acadêmicos, além de promover a apresentação e integração de temáticas pouco conhecidas entre as áreas do conhecimento.

Neste sentido ressaltamos a importância desta leitura de forma a incrementar o conhecimento da aplicabilidade da botânica e sua inter-relação com áreas do conhecimento correlatas, somando-se a estes, artigos com temas pouco retratadas. Assim tornando sua leitura uma abertura de fronteiras para sua mente com qualidade e didática promovida pela estrutura da Atena Editora. Boa leitura!

André Luiz Oliveira de Francisco

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA E HISTOQUÍMICA DA LÂMINA FOLIAR DE <i>SIDA rhombifolia</i> L.	
Rafaela Damasceno Sá Cledson dos Santos Magalhães Karina Perrelli Randau	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8512014021</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>11</b>
GERMINAÇÃO <i>IN VITRO</i> E PROPAGAÇÃO DE <i>CYRTOPODIUM FLAVUM</i> (ORCHIDACEAE) UTILIZANDO O SECCIONAMENTO DE PROTOCORMOS	
Suzana Stefanello Fabielle Garcia Zandonadi da Cruz Carina Kozera Samara Zanella	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8512014022</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>24</b>
IDENTIFICAÇÃO DE ISOPRENOIDES NA FRAÇÃO HEXÂNICA DAS FOLHAS DE <i>MACHAERIUM ACUTIFOLIUM</i> POR CG-EM	
Adonias Almeida Carvalho Jurema Santana de Freitas Lucivania Rodrigues dos Santos Bruno Quirino Araújo Mariana Helena Chaves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8512014023</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>35</b>
MUDANÇAS NA MORFOLOGIA DOS SILICOFITÓLITOS DE ACORDO COM A SENESCÊNCIA DAS FOLHAS DA ESPÉCIE <i>Brachiaria decumbens</i> WILD	
Heloisa Helena Gomes Coe Raphaella Rodrigues Dias Giliane Gessica Rasbold Sarah Domingues Fricks Ricardo Igo Fernando Lepsch	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8512014024</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>50</b>
ÓLEOS ESSENCIAIS DE CITRONELA ( <i>CYMBOPOGON NARDUS</i> L.) RENDLE - (POACEAE): COMPOSIÇÃO, ATIVIDADES ANTIOXIDANTE E ANTIBACTERIANA	
Stelina Timani Pinheiro Pedro Henrique Ferreira Tomé Mônica Hitomi Okura Nilvanira Donizete Tebaldi Nágilla Daliane Feliciano Edson José Fragiorge	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8512014025</b>	

<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>64</b>
POLÍMEROS DE PAREDE CELULAR E CARBOIDRATOS NÃO ESTRUTURAIIS DE ESPÉCIES ARBÓREAS PIONEIRAS E NÃO PIONEIRAS DA FLORESTA ATLÂNTICA DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL	
Bernardo Pretti Becacici Macieira	
DOI 10.22533/at.ed.8512014026	
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>78</b>
PRODUÇÃO E VARIAÇÕES QUÍMICAS DE ÓLEOS ESSENCIAIS: UMA BREVE REVISÃO SOBRE OS FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE E A QUANTIDADE	
Ygor Jessé Ramos	
Jéssica Regina Sales Felisberto	
Claudete da Costa - Oliveira	
Elisama Duarte de Pontes	
Daniel de Brito Machado	
Irene Candido Fonseca	
Davyson de Lima Moreira	
DOI 10.22533/at.ed.8512014027	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>105</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>106</b>



## IDENTIFICAÇÃO DE ISOPRENOIDES NA FRAÇÃO HEXÂNICA DAS FOLHAS DE *MACHAERIUM ACUTIFOLIUM* POR CG-EM

Data de aceite: 06/02/2020

### **Adonias Almeida Carvalho**

Instituto Federal do Piauí – IFPI (Campus Piripiri)  
Piripiri – Piauí  
Universidade Federal do Piauí – UFPI  
Teresina – Piauí

### **Jurema Santana de Freitas**

Universidade Federal do Piauí – UFPI  
Teresina – Piauí

### **Lucivania Rodrigues dos Santos**

Universidade Federal do Piauí – UFPI  
Teresina – Piauí

### **Bruno Quirino Araújo**

Universidade Federal do Piauí – UFPI  
Teresina – Piauí  
Programa de Pós-Graduação em Química,  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Vitória – Espírito Santo

### **Mariana Helena Chaves**

Universidade Federal do Piauí – UFPI  
Teresina – Piauí

**RESUMO:** O estudo fitoquímico da fração hexânica das folhas de *Machaerium acutifolium* Vogel (Fabaceae-Papilionoideae) resultou no isolamento de uma mistura composta por quatro esteroides: colesterol (1), campesterol

(2) sitosterol (3) e estigmasterol (4) e um triterpenoide: lupeol (5). As estruturas destes compostos foram identificadas por CG-EM, considerando o tempo de retenção, padrão de fragmentação e por comparação com dados da literatura. Este é o primeiro relato de identificação dos compostos 1, 2 e 4 no gênero *Machaerium*.

**PALAVRAS-CHAVE:** triterpenoide, esteroides, estudo fitoquímico, *Machaerium acutifolium*, Fabaceae

### **IDENTIFICATION OF ISOPRENOIDS FROM HEXANIC FRACTION OF LEAVES OF *MACHAERIUM ACUTIFOLIUM* BY CG-EM**

**ABSTRACT:** The phytochemical study of the hexane fraction of the leaves of *Machaerium acutifolium* Vogel (Fabaceae-Papilionoideae) resulted in the isolation of the M1 mixture and identification of four steroids: cholesterol (1), campesterol (2) sitosterol (3) and stigmasterol (4) and one triterpenoid: lupeol (5). The structures of these compounds were identified by GC-MS, considering retention time, fragmentation pattern and by comparison with literature data. This is the first report of identification of compounds 1, 2 and 4 in the genus *Machaerium*.

**KEYWORDS:** triterpenoid, steroids, phytochemical study, *Machaerium acutifolium*, Fabaceae

## 1 | INTRODUÇÃO

O gênero *Machaerium* é constituído por aproximadamente 262 espécie, pertence à família Fabaceae-Papilionoideae, tem origem tropical (LEWIS et al., 2005), sendo conhecido do sul do México a América do Sul. Espécies deste gênero contém flavonoides, isoflavonoides, alcaloides, triterpenoides, esteroides, derivados de ácidos graxos, dentre outros e apresentam diversas atividades biológicas tais como citotóxica, antimicrobiana, antiparasitária, anti-inflamatória e antioxidante (AMEN et al., 2015). Entre as espécies conhecidas, somente 15 foram estudadas fitoquimicamente (AMEN et al., 2015).

*Machaerium acutifolium* Vogel (sinonímia *M. muticum* Benth) apresenta ocorrência comum da Amazônia até São Paulo e Mato Grosso do Sul, principalmente na área de cerrado (LORENZI, 1998), porém é encontrada também na Bahia, Piauí e Maranhão (POLIDO; SARTORI, 2007). Esta espécie é conhecida popularmente por jacarandá do campo, jacarandá caroba e jacarandá bico de pato, sendo utilizada na medicina tradicional, pela população indígena do sudeste do Pará, como anticoncepcional, para tratar menstruação dolorosa e dor de estômago (BARBOSA; PINTO, 2003; POVH et al., 2007; ROSA et al., 2014). O estudo realizado por Ollis et al. (1978) com a madeira do tronco de *M. acutifolium* resultou no isolamento e identificação de (+)-medicarpina (pterocarpano) e dos fenólicos pinosilvina monometil éter e petroestireno.

Isoprenoides é uma classe de produtos naturais constituída por terpenoides e esteroides os quais têm em comum blocos de construção de 5 carbonos com esqueleto equivalente ao isopreno, denominados de difosfato de dimetilalila (DMAPP) e difosfato de isopentenila (IPP). Esta classe de metabólitos é amplamente distribuída em espécies vegetais, inclusive da família Fabaceae (DEWICK, 2009). Os esteroides atuam como constituintes da membrana celular vegetal, reforçando suas estruturas, e também como intermediários na biossíntese de outros metabólitos (EBRAHIMZADEH; NIKNAM; MAASSOUMI, 2001).

Os esteroides contêm um sistema de anel tetracíclico peridroiclopentanofenantreno e possuem de 27 a 29 carbonos em suas estruturas. São considerados triterpenoides modificados pela perda das metilas em C-4 e C-14, sendo biossintetizados por meio da rota do mevalonato (DEWICK, 2009). A biossíntese de esteroides em animais e fungos, bem como, em plantas e algas está ligada a um precursor comum, o óxido de esqualeno. Em animais e fungos, a ciclização do óxido de esqualeno gera o lanosterol que por sua vez conduz ao colesterol. Em plantas e fungos, a ciclização do óxido de esqualeno gera o cicloartenol com formação dos fitoesteróis, inclusive o colesterol (DIENER et al. 2000; SILVA et al., 2007; DEWICK, 2009). A Figura 1 mostra a sequência simplificada da rota de biossíntese dos esteroides.

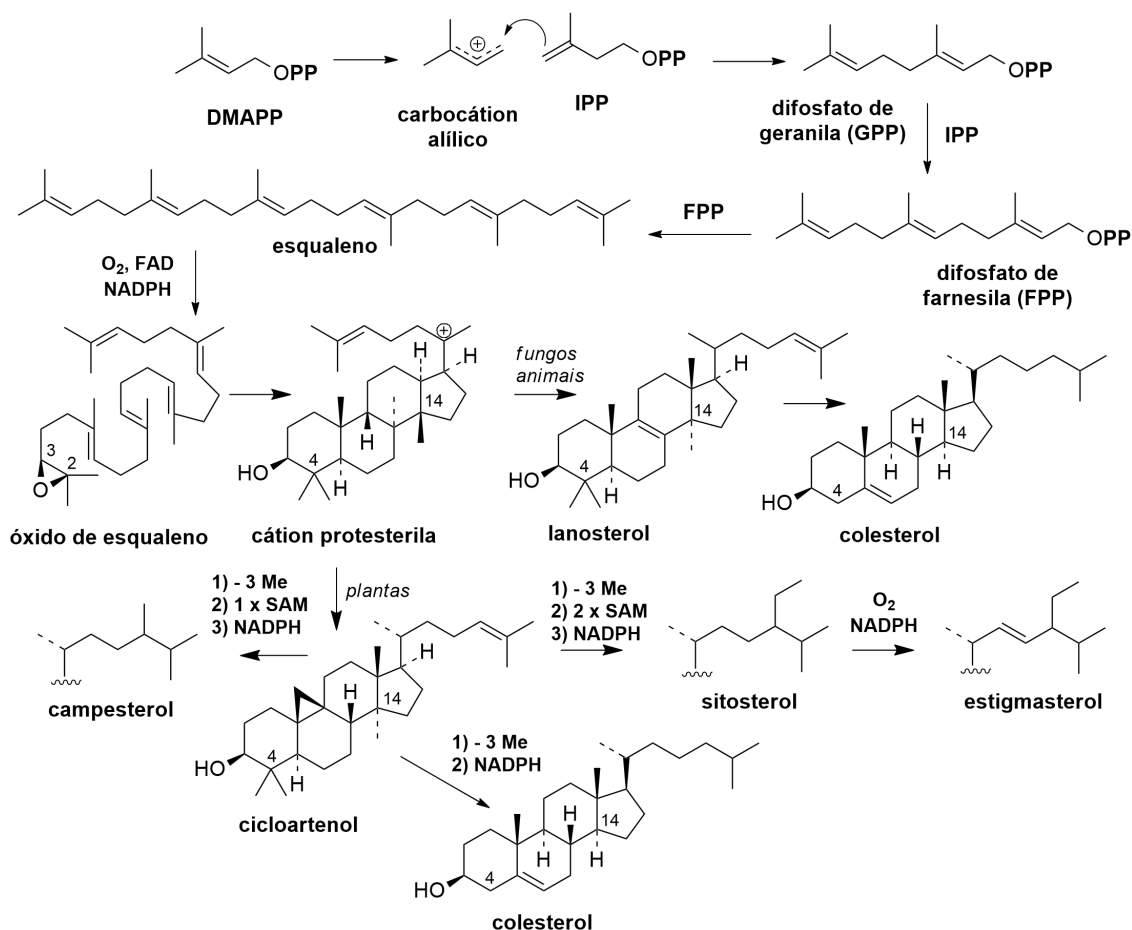


Figura 1. Rota biossintética dos esteroides. Adaptado de DEWICK, 2009.

Com o intuito de explorar o potencial químico de plantas do cerrado do Piauí e contribuir com o conhecimento quimiotaxonômico do gênero *Machaerium*, este estudo teve como objetivo realizar o isolamento por cromatografia e a identificação por CG-EM de constituintes químicos da fração hexânica das folhas de *M. acutifolium*.

## 2 | METODOLOGIA

As folhas de *M. acutifolium* foram coletadas em março de 2017, no município de Jatobá do Piauí, estado do Piauí, nas coordenadas S 04° 51' 006" e W 42° 05' 057", altitude 90 m. A espécie foi identificada pela bióloga Dra. Ruth Raquel Soares de Farias e uma exsicata encontra-se depositada no Herbário Graziela Barroso da Universidade Federal do Piauí – UFPI, com o número de registro TEPB 31568 e cadastro de acesso SisGen nº AAB530D.

O material vegetal foi seco, moído (1400 g) e submetido a extração por maceração exaustiva com etanol (95%). A solução extrativa foi concentrada em evaporador rotativo e liofilizada, obtendo-se 74,7 g (5,3%) de extrato etanólico das folhas. Uma alíquota de 64 g do extrato foi suspensa em 1200 mL de MeOH/H<sub>2</sub>O (1:2, v/v) e submetida a partição, resultando nas frações hexânica (FHFMa, 33,5 g, 52,3%), acetato de etila (FAEFMa, 5 g, 7,8%) e aquosa (FAFMa, 25,5 g, 39,8%).

FHFMa (10 g) foi submetida à cromatografia em coluna de gel de sílica, eluída

com hexano/AcOEt em ordem crescente de polaridade, fornecendo 102 frações, que foram analisadas por cromatografia em camada delgada comparativa (CCDC) e reunidas em 20 grupos.

O grupo FHF-32 (476,9 mg) foi submetido a cromatografia em Sephadex LH-20 com eluição em hexano/CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> (1:4) fornecendo M1 (122,4 mg) constituída pelos compostos **1-5**. A cromatoplaça de M1, eluída com hexano/AcOEt (8:2) e revelada a solução de sulfato cérico, apresentou uma mancha azul que mudava para roxo com a continuação do aquecimento. Este perfil em CCD é característico de compostos de natureza esteroideal (CHAVES, 1997).

M1 foi derivatizada com *N,O*-bis(trimetilsilil)trifluoroacetamida (BSTFA) de acordo com Prytzyk et al. (2003). A uma alíquota de 1,0 mg da amostra foi adicionado 250 µL de piridina tratada e 50 µL de BSTFA. A mistura reacional foi aquecida por 1 hora a 55 °C. Após o término da reação, adicionou-se 1,0 mL de AcOEt e a fase orgânica com os derivados sililados foi analisada em cromatógrafo GCMS-QP2010 SE, AOC-5000 auto injetor da Shimadzu, coluna SLB-5MS (30 m×0,25 mmx 0,10 µm), fase estacionária difenildimetilpolissiloxano (5% de difenil e 95% de dimetilpolissiloxano) e hélio como gás de arraste (1 mL min<sup>-1</sup>). O detector de massas operou com ionização por elétrons (EI) 70 eV, modo *scan* no intervalo de *m/z* 50 a 600 Da (Daltons). Para análise foi usada a seguinte programação: temperatura inicial de 71 °C por 2 min, com taxa de aquecimento de 6 °C min<sup>-1</sup> até 315 °C, mantido por 30 min. As temperaturas do injetor e interface foram 290 °C e 310 °C, respectivamente. A identificação dos constituintes foi realizada por comparação com dados da literatura (DIEKMAN; DJERASSI, 1967).

M1 foi ainda analisada sem derivatização em um sistema GC-MS 7890/MSD (Agilent Technologies) equipado com coluna capilar DB5 (J&W, 30 m x 320 µm x 0.25 µm) e amostrador automático. Injeção de 1 µL de amostra (5 mg/mL em CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>) no modo split 1:40 e temperatura do injetor a 250 °C. O gás de arraste foi hélio com fluxo constante de 1 mL min<sup>-1</sup>. A programação de temperatura da coluna foi temperatura inicial de 200 °C permanecendo por 4 min, taxa de aquecimento de 6 °C min<sup>-1</sup> até 290 °C permanecendo por 15 min. O tempo total de corrida foi de 34 min. A temperatura da interface foi de 280 °C. O espectrômetro de massas no modo varredura (Scan) com energia de 70 eV e faixa de massas de 50 a 500 Da. A identificação dos constituintes químicos foi realizada por comparação do tempo de retenção e espectros de massas da literatura e biblioteca computacional (NIST08) (ASSIMOPOULOU; PAPAGEOORGIOU, 2005; WYLLE, 1977).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fracionamento cromatográfico da fração hexânica obtida da partição do extrato etanólico das folhas de *M. acutifolium* resultou isolamento de uma mistura (M1) constituída pelos compostos **1-5**, sendo **1-4** esteroides e **5** um triterpenoide pentacíclico de esqueleto lupano (Figura 2). A identificação estrutural destes compostos foi realizada

por meio da análise em CG-EM de M1 com e sem derivatização.

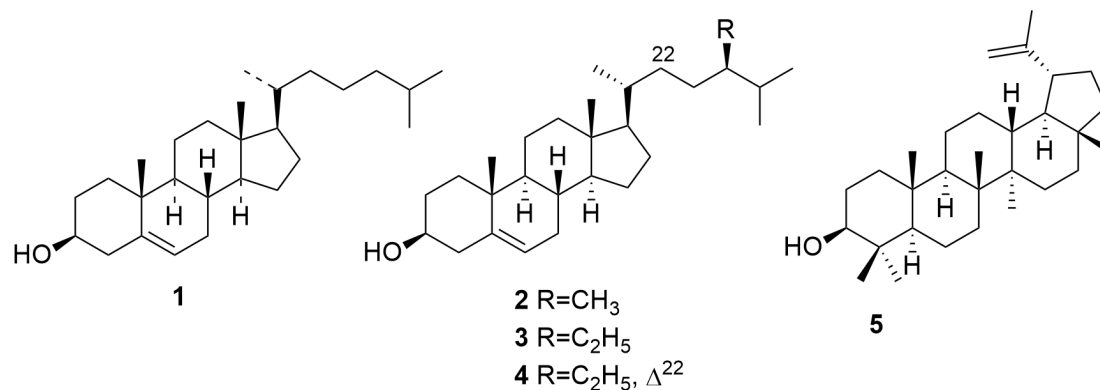


Figura 2. Fórmulas estruturais dos compostos identificados na fração hexânica das folhas de *M. acutifolium*.

M1 foi submetida a uma reação com o reagente sililante BSTFA fornecendo os derivados sililados pela substituição do hidrogênio da hidroxila por TMS. Nesta reação os sítios próticos dos compostos a serem derivatizados são bloqueados, havendo uma redução de interações dipolo-dipolo, elevando a volatilidade dos compostos, permitindo assim a análise por CG-EM (PESSOA et al., 2012) (Figura 3).

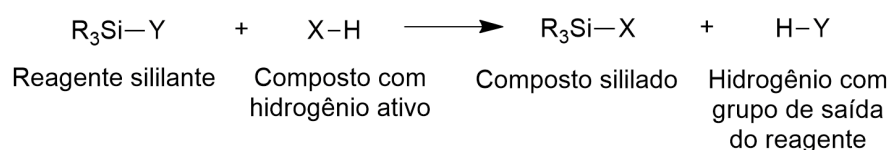


Figura 3. Representação genérica da reação de sililação com TMS.

O cromatograma de íons totais de M1 derivatizada (M1-d) apresentou quatro bandas (Figura 4). A comparação dos espectros de massas correspondentes com os relatados na literatura, permitiu identificar quatro esteroides: colesterol (1), campesterol (2), sitosterol (3) e estigmasterol (4). O constituinte com maior abundância relativa é o estigmasterol com 90,13% (Tabela 1).

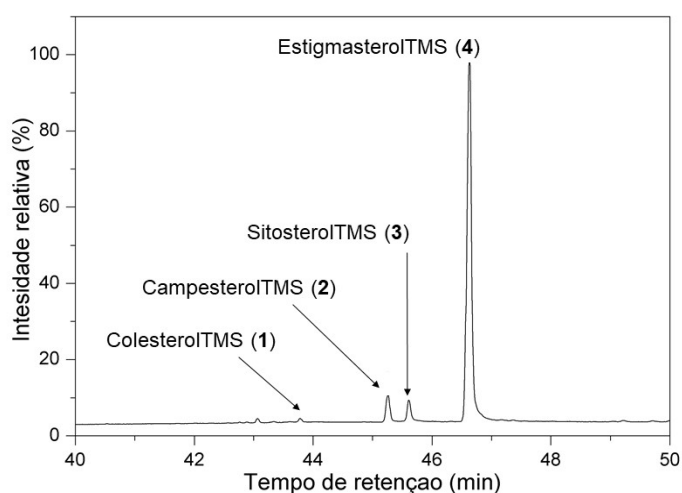


Figura 4. Cromatograma de íons totais dos derivados sililados de M1-d.

Composto	T <sub>R</sub> (min)	Área (%)	M <sup>++</sup>	[M-G] <sup>++</sup>			
				CH <sub>3</sub>	TMSOH	TMSO-C <sub>3</sub> H <sub>4</sub>	R
ColesterolTMS (1)	43,785	0,60	458	443	368	329	345
CampesterolTMS (2)	45,260	5,50	472	457	382	343	345
SitosterolTMS (3)	45,610	3,77	486	371	396	357	345
EstigmasterolTMS (4)	46,630	90,13	484	469	394	355	345

Tabela 1. Compostos identificados como derivados sililados em M1-d por CG-EM. G: CH<sub>3</sub>, TMSOH, TMSO-C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>, cadeia lateral (R)

Os espectros de massas dos compostos identificados em M1-d apresentam picos de íons moleculares acrescidos de 73 Da, referente a massa do TMS. Os picos  $m/z$  [M-15]<sup>+</sup>, [M-90]<sup>+</sup>, [M-129]<sup>+</sup> e 345 são característicos de esteroides sililados com TMS e correspondem a perda de grupos metila (CH<sub>3</sub>), trimetilsilanol (TMSOH), propeniltrimetilsilil (TMS-C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>) e da cadeia lateral respectivamente, enquanto o fragmento  $m/z$  129 é característico da fragmentação no anel A, conforme Figura 5 (DIEKMAN; DJERASSI, 1967).

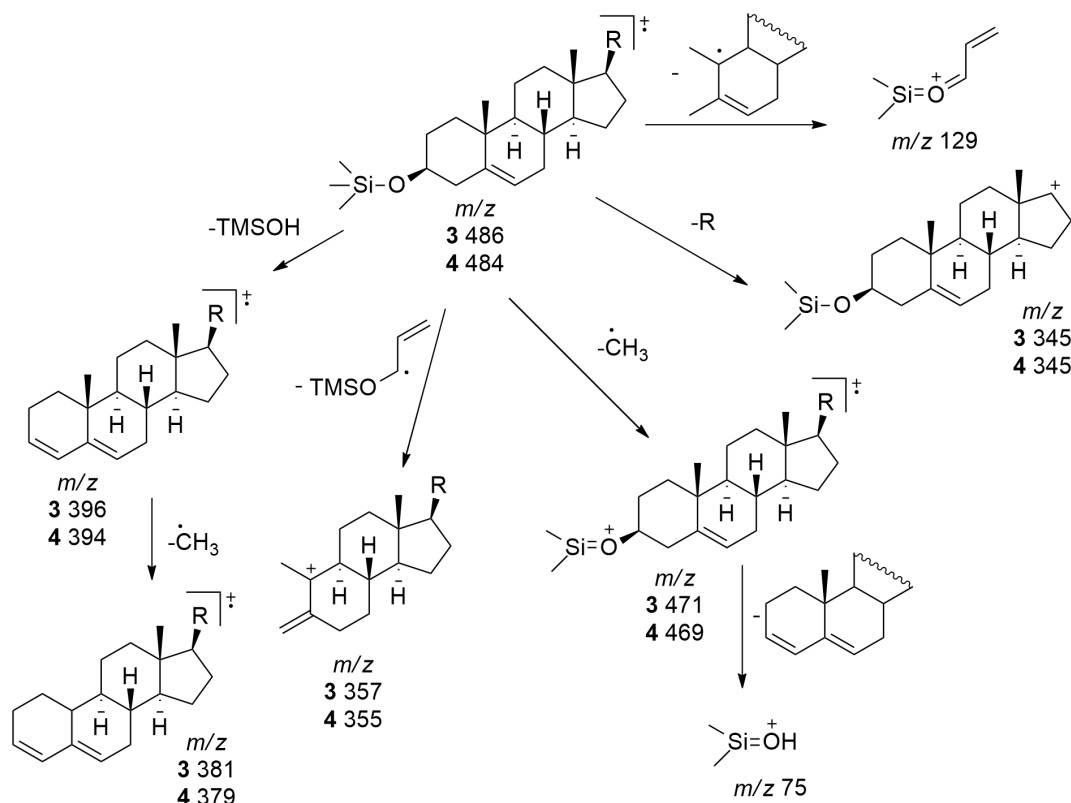


Figura 5. Proposta de fragmentação de esteroides siliados sitosterolTMS (3) e estigmasterol (4). Adaptado de Diekman; Djerassi, 1967.

M1 também foi analisada por CG-EM sem derivatização. O cromatograma de íons totais apresentou quatro bandas (Figura 6), sendo possível identificar, por comparação dos espectros de massas correspondentes com os relatados na literatura e com os da biblioteca do aparelho (NIST08), os esteroides **2-4**, previamente identificadas na amostra derivatizada e o triterpenoide lupeol (**5**) que ainda não havia sido identificado na análise anterior. Os tempos de retenção e área percentual das bandas cromatográficas de M1, sem derivatização, são apresentadas na Tabela 2.

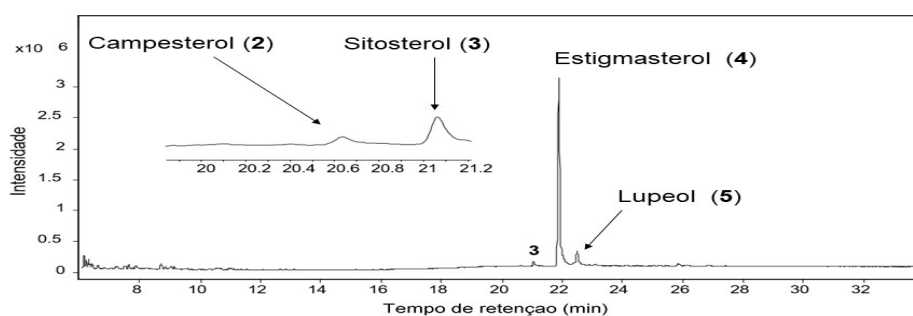


Figura 6. Cromatograma de íons totais de M1 sem derivatização.

Compostos	T <sub>R</sub> (min)	Área (%)	Mach (NIST)	M <sup>+</sup>	m/z
campesterol (2)	20,6	0,95	606	400	382, 367, 273, 255 e 145
sitosterol (3)	21,9	91,38	919	414	396, 381, 273, 255 e 145
estigmasterol (4)	21,1	1,83	766	412	394, 379, 273, 255 e 145
lupeol (5)	22,5	5,84	713	426	207, 218, 203, 191 e 189

Tabela 2. Compostos identificados em M1 sem derivatização por CG-EM.

Os esteroides possuem padrão de fragmentação semelhante, caracterizado pelas perdas consecutivas de água e metila, bem como da cadeia lateral seguida da perda de água e clivagem do anel C por Retro Diel-Alder, conforme Figura 7 (WYLLE, 1977). A presença do lupeol (5) é sugerida pelos fragmentos  $m/z$  207, 203 e 189, característicos de triterpenoides de esqueleto lupano, conforme mostrada na Figura 8 (ASSIMOPOULOU; PAPAGEOORGIOU, 2005).



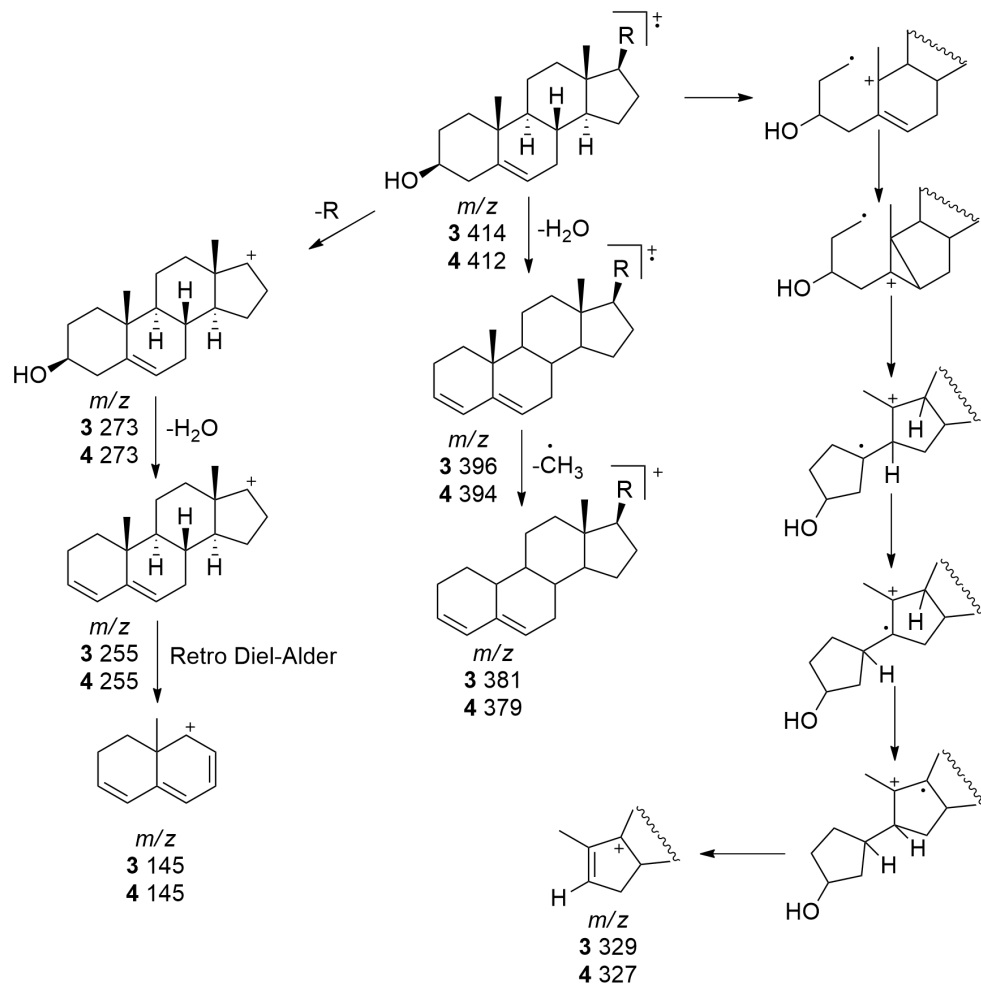


Figura 7. Proposta de fragmentação de esteroides sitosterol (3) e estigmasterol (4). Adaptado de Wylle, 1977.

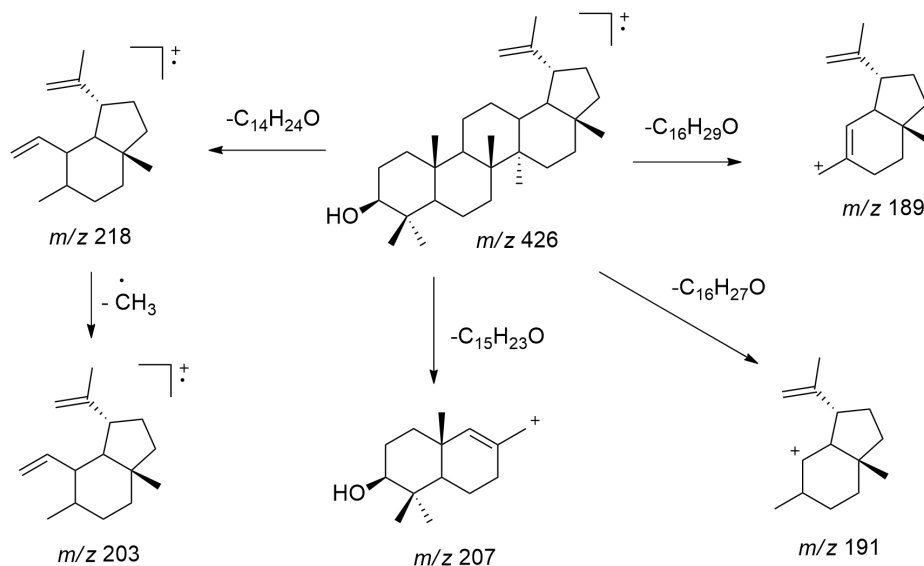


Figura 8. Proposta de fragmentação para o lupeol (5). Adaptado de Assimopoulou; Papageorgiou, 2005.

A análise por CG-EM de M1 antes e depois da reação de siliilação com BSTFA mostrou-se complementar, permitindo identificar um número maior de compostos.

O esteroide sitosterol e o triterpenoide lupeol já haviam sido identificados no

gênero *Machaerium*, enquanto colesterol, campesterol e estigmasterol estão sendo relatados pela primeira vez neste gênero (AMEN et al., 2015).

#### 4 | CONCLUSÃO

O estudo da fração hexânica das folhas de *M. acutifolium* por cromatografia gasosa hifenada com espectrometria de massas permitiu a identificação de quatro esteroides: colesterol (1), campesterol (2), sitosterol (3) e estigmasterol (4) e um triterpenoide: lupeol (5). Este é o primeiro relato dos compostos colesterol, campesterol, e estigmasterol no gênero *Machaerium*.

#### 5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, CNPq e INCTBioNat (465637/2014-0) pelo apoio financeiro e pelas bolsas de J. S. Freitas, L. R. Santos e M. H. Chaves (302470/2018-2).

#### REFERÊNCIAS

AMEN, Y. M. et al. The genus *Machaerium* (Fabaceae): taxonomy, phytochemistry, traditional uses and biological activities. **Egypt**, v. 29, n. 15, p. 1388-1405, 2015.

ASSIMOPOULOU, A. N.; PAPAGEORGIOU, V. P. GC-MS analysis of penta- and tetra-cyclic triterpenes from resins of *Pistacia species*. Part I. *Pistacia lentiscus* var. *Chia*. **Biomedical Chromatography**, v. 19, p 285–311, 2005.

BARBOSA, W.L.R.; PINTO, L.N. Documentação e valorização da fitoterapia tradicional Kayapó nas aldeias A'Ukre e Pykanu - sudeste do Pará. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 13, p. 47-49, 2003.

CHAVES, M. H. Análise de extratos de plantas por CCD: uma metodologia aplicada à disciplina "Química orgânica". **Química Nova**, v. 20, n.5, p. 560-562, 1997.

DEWICK, P. M. **Medicinal natural products: a biosynthetic approach**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 2009, 539 p.

DIEKMAN, J.; DJERASSI, C. Mass spectrometry in structural and stereochemical problems. CXXV. Mass spectrometry of some steroid trimethylsilyl ethers. **Journal Organic Chemistry**, v. 32, n. 4, p. 1005-1012, 1967.

DIENER, A. C. et al. Sterol methyltransferase 1 Controls the Level of Cholesterol in Plants. **The Plant Cell**, v. 12, p. 853-870, 2000.

EBRAHIMZADEH, H.; NIKNAM, V.; MAASSOUMI, A. A. The sterols of *Astragalus* species from Iran: GLC separation and quantification. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 29, n. 4, p. 393-404, 2001.

LEWIS, G. P.; SCHRIRE, B. D.; MACKINDER, B. A.; LOCK, J. M. **Legumes of the World**. London: Royal Botanic Gardens, Kew, 2005. 577p.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 2.ed. Nova Odessa: Plantarum, 1998, 2v.

OLLIS, W. D. et al. Petrostyrene, a cinnamylphenol from *Machaerium acutifolium*, **Phytochemistry**, v. 17, p. 1379-1381, 1978.

PESSOA, G. P. et al. Desenvolvimento de metodologia para avaliar remoção de estrogênios em estações de tratamento de esgotos. **Química Nova**, v. 35, n. 5, p. 968-973, 2012

POLIDO, C. A.; SARTORI, A. L. B. O gênero *Machaerium* (Leguminosae-Papilionoideae-Dalbergieae) no pantanal brasileiro. **Rodriguésia**, v. 58, n. 2, p. 313-329, 2007.

POVH, J. A.; PINTO, D. D.; CORRÊA, M. O. G.; ONO, E. O. Atividade alelopática de *Machaerium acutifolium* Vog. na germinação de *Lactuca sativa* L. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 447-449, 2007.

PRYTZYK, E. et al. Flavonoids and trypanocidal activity of *Bulgarian propolis*. **Journal of Ethnopharmacology**, n. 88, p.189-193, 2003.

SILVA, H. R. et al. Constituintes químicos das cascas do caule de *Cenostigma macrophyllum*: ocorrência de colesterol **Química Nova**, v. 30, n. 8, p. 1877-1881, 2007.

WYLLIE, S. G. Electron Impact Induced Fragmentation of Cholesterol and Related C-5 Unsaturated Steroids. **Journal of Organic Chemistry**, v. 42, n. 4, 1977.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

- Ácido linoleico 50, 54, 58, 59, 61
- Açúcares solúveis 64, 66, 67, 69, 72, 73, 74
- Antidiabética 3
- Antioxidante 3, 25, 50, 51, 52, 54, 55, 57, 58, 59, 61, 63, 102
- Arbóreas não pioneiras 66
- Arbóreas pioneiras 64, 66, 70, 71, 74

### B

- Benzilaminopurina 11, 12, 14
- Brachiaria decumbens* 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49

### C

- Caracterização Anatômica 1, 3
- Carboidratos não estruturais 64, 67, 68, 70
- Citronelal 51, 52, 56, 58, 59, 60, 61
- Colesterol 24, 25, 28, 33, 34
- Compostos bioativos 51
- Compostos secundários 51
- Concentração inibitória mínima 51, 55, 59
- Controle de qualidade 1, 7, 50, 57, 79
- Cromatografia 26, 27, 33, 67

### E

- Ecologia química 79
- Esteroides 1, 3, 5, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33
- Estudo fitoquímico 24
- Explantes 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 21
- Extração 26, 35, 38, 39, 57, 67, 68, 74, 96, 97, 99

### F

- Fabaceae 24, 25, 33
- Farmacobotânica 62
- Fatores Abióticos 79, 81, 83, 88, 89, 101
- Fatores Bióticos 79, 81, 82
- Fatores genéticos 81
- Fitólitos 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49
- Folhas senescentes 36, 43

### G

- Geraniol 51, 52, 56, 58, 59, 60, 61, 63, 90

## **L**

Lignina 1, 3, 6, 64, 66, 68, 70, 71, 72, 73, 74

## **M**

Machaerium 24, 25, 26, 33, 34

Malvaceae 1, 2, 4, 7, 8, 9, 10

Metabólitos 3, 7, 25, 78, 79, 81, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 99

Micropropagação 11, 13, 14, 21, 22

Microscopia 1, 5, 39

Morfotipos 35, 40, 41, 42, 43, 46, 47

## **P**

Panicoideae 36, 37, 52

Polímeros de parede celular 64, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 74

## **R**

Regeneração in vitro 12

## **S**

Sucessão florestal 64

## **T**

Tecnologia farmacêutica 79

Triterpenoide 24, 27, 30, 32, 33

## **V**

Viabilidade de Sementes 15, 23

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**