



# CIÊNCIAS BIOLÓGICAS:

Gênese na formação multidisciplinar

Daniela Reis Joaquim de Freitas  
(Organizadora)

  
Atena  
Editora  
Ano 2021



# CIÊNCIAS BIOLÓGICAS:

Gênese na formação multidisciplinar

Daniela Reis Joaquim de Freitas  
(Organizadora)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

### **Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

### **Assistentes editoriais**

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

### **Bibliotecária**

Janaina Ramos

### **Projeto gráfico**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

### **Imagens da capa**

iStock

### **Edição de arte**

Luiza Alves Batista

### **Revisão**

Os autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

### **Conselho Editorial**

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

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Rio de Janeiro  
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. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
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  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federac do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

#### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,  
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

## Ciências biológicas: gênese na formação multidisciplinar

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Flávia Roberta Barão  
**Indexação:** Gabriel Motomu Teshima  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadora:** Daniela Reis Joaquim de Freitas

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências biológicas: gênese na formação multidisciplinar / Organizadora Daniela Reis Joaquim de Freitas. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-436-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.365210109>

1. Ciências biológicas. I. Freitas, Daniela Reis Joaquim de (Organizadora). II. Título.

CDD 570

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

## APRESENTAÇÃO

O livro “Ciências Biológicas: Gênese na formação multidisciplinar” é uma obra focada em discutir a formação e junção do conhecimento de diversas áreas que compõem a grande área das Ciências Biológicas, dando ao leitor uma visão plural e ampla sobre o que é produzido nesta área atualmente. O presente volume abordará em seus dezessete capítulos artigos científicos originais, pesquisas, relatos de casos e revisões. São estudos selecionados e desenvolvidos em reconhecidas instituições de ensino e pesquisa do país.

Dado que as Ciências Biológicas estudam os seres vivos e todas as suas relações entre si e com o meio ambiente, os trabalhos descritos neste livro abordam temas voltados para às ciências da saúde como microbiologia, fisiologia e bioquímica por exemplo, genética e biotecnologia, botânica, meio ambiente, biodiversidade e bioconservação, entre outros. Esta multidisciplinaridade é extremamente importante, pois as pesquisas com diferentes olhares profissionais tendem ter uma visão mais ampla e maior aplicabilidade na vida cotidiana.

O ser humano tende a ter uma visão autocentrada de importância em relação a todos os seres à sua volta e ao ambiente no mundo; no entanto, na prática, tende a ser na maioria das situações destrutivo ou pouco colaborativo, esquecendo que os seres não são isolados – existe uma relação de interdependência entre eles, e tudo que acontece com os seres vivos e com o ambiente também o afeta. Neste sentido, esta obra leva à reflexão da importância de se conhecer e estudar os seres vivos e o ambiente sob diferentes olhares, através de trabalhos de pesquisa de qualidade e com diferentes propósitos.

Acreditamos que esta obra será importante para enriquecer seu conhecimento e mostrar que a ciência é um ambiente democrático e prolífico, que pode ser muito prazeroso de ser visitado. Assim como todas as demais obras da Atena Editora, esta também será revisada por um corpo editorial formado por mestres e doutores, formados nas melhores universidades do Brasil. Esperamos que você nos acompanhe nesta leitura. Bom proveito!


Daniela Reis Joaquim de Freitas

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **A COLONIZAÇÃO DA *Pseudomonas aeruginosa* NO APARELHO RESPIRATÓRIO DOS PORTADORES DE FIBROSE CÍSTICA**


Giovana Cardana Siqueira  
André Rafael do Bomfim  
Érika Izadora Soares Lauther  
Ingrid Vitoria Cordeiro da Silveira  
Nathalia Mara Bucco  
Roberta Fernanda Moro  
Luiz Fernando Correa do Nascimento Neto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3652101091>

### **CAPÍTULO 2..... 10**

#### **A IMPORTÂNCIA E O IMPACTO DE AÇÕES DE PROMOÇÃO DA SAÚDE REALIZADAS POR LIGAS ACADÊMICAS NA FORMAÇÃO MÉDICA**


Natália Ferrari  
Thalia Vieira Pires  
Mariana Gomes de Oliveira Santos  
Maria Júlia de Oliveira Dadona  
Karolliny Araújo Faria  
Roane Gabelini Caixeta Vieira  
Fernanda Aparecida Novelli Sanfelice

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3652101092>

### **CAPÍTULO 3..... 19**

#### **A UNIQUE INFAUNAL FORAMINIFERAL SPECIES TOLERANCE IN RECENT AND PAST SEDIMENTS OF THE WESTERN PACIFIC WARM POOL (IODP, WPWP, EXP. 363)**

Patrícia Pinheiro Beck Eichler  
Christofer Paul Barker  
Moab Praxedes Gomes  
Helenice Vital


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3652101093>

### **CAPÍTULO 4..... 30**

#### **AÇÕES DE EDUCAÇÃO EM SAÚDE VOLTADAS AO ADOLESCENTE: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA**

Maria Aliny Pinto da Cunha  
Elizângela Pereira da Silva Santos  
Aclênia Maria Nascimento Ribeiro  
Maryanne Marques de Sousa  
Daniele Delarmino Sousa e Silva  
Felipe de Sousa Moreiras  
Amanda Patrícia Chaves Ribeiro  
Samara Laís Carvalho Bezerra  
Jardilson Moreira Brilhante


Amália Maria Macêdo de Miranda Almendra  
Luciana Spindola Monteiro Toussaint  
Ravena de Sousa Alencar Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3652101094>

**CAPÍTULO 5..... 37**

**BENTHIC FORAMINIFERA ASSOCIATED TO THE NORTHEAST COASTAL SHELF OF BRAZIL**


Patrícia Pinheiro Beck Eichler  
Christofer Paul Barker  
Moab Praxedes Gomes  
Helenice Vital

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3652101095>

**CAPÍTULO 6..... 49**

**BIOAEROSSÓIS: CONTRIBUIÇÃO BIOTÉGICA E IDENTIFICAÇÃO POR ESPECTROMETRIA DE MASSAS DE *Aspergillus seção Nigri* EM AMOSTRAS DE AR DA CIDADE DE SÃO PAULO, BRASIL**


Valter Batista Duo Filho  
Fabio Luiz Teixeira Gonçalves  
Regina Maura de Miranda  
Dulcilena de Matos Castro e Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3652101096>

**CAPÍTULO 7..... 58**

**EXTRATOS AQUOSOS DE ESPÉCIES DO GÊNERO *Campomanesia* (MYRTACEAE) AFETA A OVIPOSIÇÃO DE *Plutella xylostella* (L., 1758) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)**


Silvana Aparecida de Souza  
Isabella Maria Pompeu Monteiro Padial  
Mateus Moreno Mareco da Silva  
Eliana Aparecida Ferreira  
Alberto Domingues  
Emerson Machado de Carvalho  
Munir Mauad  
Rosilda Mara Mussury

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3652101097>

**CAPÍTULO 8..... 68**

**FISIOPATOLOGIAS ASSOCIADAS A OCORRÊNCIA DE MIÍASES HUMANAS**


Débora Gonçalves de Oliveira e Silva  
Vilma Ribeiro de Lima  
Maria Eduarda de Moura Carvalho  
Vanessa Natalia Pereira de Moraes  
Thiago José de Souza Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3652101098>

**CAPÍTULO 9..... 77**

**HUMANIZAÇÃO DA ASSISTÊNCIA DE ENFERMAGEM AO PACIENTE NO CENTRO CIRURGICO**


Joanderson Nunes Cardoso  
Patrícia Silva Mota  
Igor de Alencar Tavares Ribeiro  
Nádia Maria de Oliveira Melo  
Davi Pedro Soares Macêdo  
Juliana Maria da Silva  
Shady Maria Furtado Moreira  
Uilna Natércia Soares Feitosa  
Izadora Soares Pedro Macêdo  
Edglê Pedro de Sousa Filho  
Kamila Oliveira Cardoso Morais  
Maria Solange Cruz Sales de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3652101099>

**CAPÍTULO 10..... 86**

**LIPASE DE *Candida rugosa* IMOBILIZADA POR LIGAÇÃO COVALENTE: CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO NA TRANSESTERIFICAÇÃO ETANÓLICA DO ÓLEO DE *Jatropha curcas* L. (PINHÃO MANSO)**


Marysa de Kássia Guedes Soares  
Ezequiel Marcelino da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36521010910>

**CAPÍTULO 11 ..... 108**

**MÉTODO DE CONTROLE LEGISLATIVO DE PRAGAS DE IMPORTÂNCIA AGRÍCOLA**


Francisco Roberto de Azevedo  
Lays Laianny Amaro Bezerra

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36521010911>

**CAPÍTULO 12..... 117**

**MÉTODOS DE INOCULAÇÃO DE *Colletotrichum okinawense* DAMM ET TOY. SATO: UM NOVO AGENTE CAUSAL DA ANTRACNOSE EM MAMÕES NO BRASIL**


Larisse Raquel Carvalho Dias  
Erasmus Ribeiro Paz Filho  
Leonardo de Jesus Machado Gois de Oliveira  
Ruan Ithalo Ferreira Santos  
Lukas Allayn Diniz Correa  
Jonalda Cristina dos Santos Pereira  
Lorena Rejane Monteiro Farias  
Mônica Shirley Brasil dos Santos e Silva  
Wildinson Carvalho do Rosário  
Cleude Mayara França dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36521010912>

**CAPÍTULO 13..... 127**

**MYCOBIOTA AND MYCOTOXINS IN CONVENTIONAL AND ORGANIC CROP CORN**


Edlayne Gonçalves  
Christiane Ceriani Aparecido  
Andrea Dantas de Souza  
Joana D'arc Felicio  
Roberto Carlos Felicio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36521010913>

**CAPÍTULO 14..... 139**

**O BIOMA CERRADO E A CADEIA PRODUTIVA DE ÓLEOS PARA A PRODUÇÃO DE COSMÉTICOS**


Diego Marques Freitas  
Vanessa de Andrade Royo  
Dario Alves de Oliveira  
Claudio Diniz Pinto Leite

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36521010914>

**CAPÍTULO 15..... 159**

**POR DENTRO DAS GALHAS: JOGOS DIDÁTICOS COMO FERRAMENTA DE ENSINO E APRENDIZAGEM**


Reisila Simone Migliorini Mendes  
Gracielle Pereira Pimenta Bragança  
Elaine Cotrim Costa  
Nina de Castro Jorge  
Rosy Mary dos Santos Isaias

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36521010915>

**CAPÍTULO 16..... 168**

**PREVALÊNCIA DO FENÓTIPO DA CINTURA HIPERTRIGLICERIDÊMICA EM ADOLESCENTES**

Alice de Sá Ferreira  
Malene Lima Gomes Sodrê  
Anne Caroline Silva e Silva  
Carlos Alberto Alves Dias Filho  
Andressa Coelho Ferreira  
Sally Cristina Moutinho Monteiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36521010916>


**CAPÍTULO 17..... 181**

**TRATAMENTO QUARENTENARIO POR RADIAÇÃO GAMA PARA DIFERENTES FASES DO CICLO EVOLUTIVO DE *Callosobruchus maculatus* EM FEIJÃO *Vigna sinensis***

Valter Arthur  
Lucia da Silva Fontes  
André Ricardo Machi  
Rodrigo Sebastião Rossi Leandro  
Paula Bergamin Arthur

Larissa Nalesso Costa Harder

Marcia Nalesso Costa Harder

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36521010917>

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 189**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 190**

# CAPÍTULO 1

## A COLONIZAÇÃO DA *Pseudomonas aeruginosa* NO APARELHO RESPIRATÓRIO DOS PORTADORES DE FIBROSE CÍSTICA

Data de aceite: 01/09/2021

### **Giovana Cardana Siqueira**

Faculdades Pequeno Príncipe  
Curitiba – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/2103622915458853>

### **André Rafael do Bomfim**

Faculdades Pequeno Príncipe  
Curitiba- Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/2615797023658058>

### **Érika Izadora Soares Lauther**

Unimeta  
Rio Branco – Acre  
<http://lattes.cnpq.br/1813195758676324>

### **Ingrid Vitoria Cordeiro da Silveira**

Faculdades Pequeno Príncipe  
Pinhais – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/1302684211057491>

### **Nathalia Mara Bucco**

Universidade Tuiuti do Paraná  
Curitiba – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/9855618706500059>

### **Roberta Fernanda Moro**

Faculdades Pequeno Príncipe  
Curitiba – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/3894305686269331>

### **Luiz Fernando Correa do Nascimento Neto**

Faculdades Pequeno Príncipe  
Curitiba – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/6955625650436363>

**RESUMO:** A fibrose cística, conhecida

também como mucoviscidose, é uma doença monogênica, causada por uma mutação no gene CFTR, que codifica a proteína também conhecida como CFTR. Sua detecção é feita através de diversos testes, e essa patologia se caracteriza por um aumento considerável das glândulas de secreção, em especial os fluidos pulmonares. Ainda há um aumento de muco e uma diminuição do fluxo de água. Essas características fazem com que o trato respiratório fique favorável à colonização de diversos microrganismos, dentre eles a *Pseudomonas aeruginosa*. Esta bactéria apresenta preferência por ambientes úmidos, sendo considerada um patógeno nosocomial. A *P. aeruginosa* apresenta uma baixa sensibilidade a antimicrobianos e possui a capacidade de desenvolver resistência aos mesmos, possuindo um nível de virulência que aumenta em 3 vezes o risco de óbito nos pacientes portadores de fibrose cística colonizados por ela. A contaminação por este patógeno ocorre também pelo fato de os pacientes acometidos pela FC apresentarem um comprometimento no sistema imunológico, facilitando a colonização. O tratamento da fibrose cística é altamente complexo, e consiste no uso de antimicrobianos, suporte nutricional, uso de broncodilatadores, entre outros.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fibrose cística; *Pseudomonas aeruginosa*; Colonização.

### THE COLONIZATION OF *Pseudomonas aeruginosa* IN THE RESPIRATORY SYSTEM OF CYSTIC FIBROSIS PATIENTS

**ABSTRACT:** Cystic fibrosis, also known as mucoviscidosis, is a monogenic disease caused



by a mutation in the CFTR gene, which encodes the protein also known as CFTR. Its detection is made through several tests, and this pathology is characterized by a considerable increase of secretion glands, especially pulmonary fluids. There is still an increase in mucus and a decrease in water flow. These characteristics cause the respiratory tract to be favorable to the colonization of several microorganisms, including *Pseudomonas aeruginosa*. This bacterium prefers humid environments, being considered a nosocomial pathogen. *P. aeruginosa* has a low sensitivity to antibiotics and can develop resistance to them, having a virulence level that increases by 3 times the risk of death in patients with cystic fibrosis colonized by it. Contamination by this pathogen also occurs because CF patients present an impairment in the immune system, facilitating colonization. The treatment of cystic fibrosis is overly complex, and consists of the use of antimicrobials, nutritional support, use of bronchodilators, among others.

**KEYWORDS:** Cystic fibrosis; *Pseudomonas aeruginosa*; Colonization.

## INTRODUÇÃO

A fibrose cística (FC) é uma doença genética autossômica de caráter recessivo, atingindo em maior número populações de origem euro, ocasionada por uma mutação em uma variação gênica que codifica uma proteína reguladora da condutância transmembrana da fibrose cística (CFTR), responsável pelo transporte de cloro nas células. De modo simplório a secreção de cloro nas células é diminuída e o aumento da absorção de sódio e reabsorção de água para dentro destas estruturas é aumentada, originando secreções espessas nos órgãos afetados. A FC caracteriza-se por afetar os portadores de maneira multissistêmica, atingindo os sistemas respiratório, gastrointestinal, além das glândulas sudoríparas. (ROSA, et. al.,2018).

Pacientes com FC apresentam maior susceptibilidade a infecções no trato respiratório causada pela colonização da bactéria *Pseudomonas aeruginosa* (PA), isso devido ao acúmulo de secreções nas vias aéreas facilitando a ação desses microrganismos. As complicações desencadeadas ao sistema respiratório compreendem desde inflamação das vias aéreas até obstrução, e em casos mais graves perda da função pulmonar. De maneira geral os sintomas começam a aparecer a partir dos seis meses, com tosse moderadas e pouca frequência, taquipneia, sibilo, dificuldade respiratória de acordo com a evolução do quadro clínico do paciente. Outros agentes patológicos podem ser encontrados em pacientes com FC como *Staphylococcus aureus*, *Haemophilus influenzae*, porém a PA destaca se por afetar crianças com mais idade e adultos. (SANTOS, 2013).

A *P. aeruginosa* é um microrganismo que possui alta resistência antimicrobiana, pertencente ao grupo das *Pseudomonadaceae*, apresenta-se em forma de bastonetes como Gram-negativa. Esta bactéria possui grande capacidade de adaptação fenotípica e flexibilidade genômica que confere o aumento de sua patogenicidade. (ROCHA, et. al; 2019). Outro fator importante é cronicidade das infecções causadas por esse patógeno, que

está diretamente ligada à formação de biofilme (conjunto de microrganismos). Nos pulmões de pacientes com FC o alginato é a principal matriz do biofilme, com a não eliminação deste fator de alta relevância a erradicação da PA não ocorre, promovendo apenas o alívio sintomático através da eliminação da população selvagem. (MARQUES, 2011).

## FIBROSE CÍSTICA

A fibrose cística - também conhecida como mucoviscidose - é uma doença monogênica (autossômica recessiva) causada por um gene chamado de CFTR - transmembrane conductance regulator -, que está localizado no braço longo do cromossomo 7 (7q32). O gene CFTR é responsável pela codificação de uma proteína de membrana, também chamada CFTR, que participa da homeostase de fluidos da superfície mucosa através do transporte do íon cloro - já que ela é o próprio canal de cloro. As manifestações clínicas da FC ocorrem através de uma disfunção desta proteína, sendo que a alteração principal relacionada a esta disfunção é na condução dos íons cloro entre o meio intracelular e extracelular (MOCELIN, et al., 2017).

Existem 1800 mutações conhecidas que estão relacionadas à proteína CFTR, sendo que a mais frequente é a F508del - ou delF508 - que é ocasionada por uma deleção de três pares de bases nitrogenadas, o que irá ocasionar a perda do aminoácido chamado fenilalanina. Cerca de 70% dos cromossomos da fibrose cística apresentam a mutação F508del, sendo considerada a causadora da fibrose cística clássica (FIRMIDA, et al., 2011; RIBEIRO, et al., 2002).

Por causa desse defeito no transporte de íons, haverá um aumento significativo na produção de secreções pelas glândulas exócrinas, principalmente as pulmonares. Além do aumento na produção de muco, há a diminuição do fluxo de água - sendo uma consequência secundária à alteração do transporte iônico, dificultando o transporte mucociliar pela via aérea, fazendo com que o trato respiratório como um todo se torne um meio de cultura favorável para diversos tipos de microrganismos, principalmente para a *Pseudomonas aeruginosa*. (PIZZIGNACCO; DE LIMA, 2006; ANDRADE, et al., 2001).

Por conta do aumento de secreção, irá ocorrer o “entupimento” das pequenas vias aéreas, o que irá desencadear um processo inflamatório crônico (ANDRADE, et al., 2001). A infecção secundária à obstrução das vias irá favorecer a metaplasia do epitélio brônquico, impactação mucoide e na desorganização ciliar. Além das alterações mencionadas, irá ocorrer a formação de rolhas mucopurulentas - como se fossem bolhas infectadas por um microrganismo com a presença de pus - nos brônquios e bronquíolos, fazendo com que este local seja alvo de inflamações crônicas por causa da ação do sistema linfático (RIBEIRO, et al., 2002).

A doença pulmonar relacionada à fibrose cística é ocasionada, principalmente, pela presença de microrganismos. A principal deles e a mais difícil de ser erradicada é

a *Pseudomonas aeruginosa*. Existem duas grandes teorias sobre doença pulmonar na fibrose cística, onde uma delas é a falta ou defeito da CFTR, que causaria a desidratação do muco e diminuiria a atividade mucociliar, o que favorece a infecção. A segunda teoria seria relacionada a falta ou defeito da CFTR com a elevada concentração de sais das vias aéreas, o que inibe a ação das defensas - que seriam proteínas presentes nos fagócitos responsáveis por combater infecções causadas por microrganismos, como a *P. aeruginosa* (RIBEIRO, et al., 2002).

A resposta inflamatória relacionada à fibrose cística pode estar relacionada com a presença de espécies reativas de oxigênio em uma alta concentração. Essa hipótese parte do pressuposto da disfunção dos canais de cloro, ocasionando uma reabsorção excessiva de íons de sódio pelas células epiteliais, aumentando a produção de ATP e, conseqüentemente, um aumento na quantidade de peróxidos de hidrogênio intracelulares e espécies reativas de oxigênio (EROS) nas mitocôndrias. Isto é importante pelo fato de que a produção de EROS ativa o fator nuclear kappa-B (NF-kB) e aumenta a transcrição de citosinas pró-inflamatórias (BERNARDI, et al., 2013).

No hospedeiro, haverá a liberação da Interleucina-8, que é o mediador de respostas imunológicas inatas iniciais aos micróbios intracelulares, provocando uma migração intensa de neutrófilos até os pulmões, juntamente com outras substâncias pró-inflamatórias como as IL-1, IL-6, IL-8 e o fator de necrose tumoral (RIBEIRO, et al., 2002).

A detecção da presença do gene da Fibrose Cística pode ser realizada precocemente com a triagem neonatal, conhecida popularmente como 'teste do pezinho'. Este diagnóstico precoce está em vigor desde o ano de 2001 - instituído pela portaria do Ministério da Saúde-, porém muitas instituições de saúde não realizam esta triagem pela falta de habilitação, onde esta consiste em possuir uma equipe multidisciplinar capaz de acompanhar o caso desde o momento da triagem neonatal até à escolha do tratamento para aquele paciente (PIZZIGNACCO; DE LIMA, 2006).

No Brasil, existe o Programa Nacional de Triagem Neonatal (PNTN) e este é dividido em três fases principais: a primeira é focada no acompanhamento e tratamento da fenilcetonúria e do hipertireoidismo congênito; a segunda inclui outras doenças como doenças falciformes e outras hemoglobinopatias; e, por fim, a terceira fase é a que inclui a fibrose cística. Em alguns estados, como o Rio de Janeiro por exemplo, estão tentando incluir testes direcionados à fibrose cística no Sistema Único de Saúde (SUS), porém em estados como Paraná, Santa Catarina, Minas Gerais, Espírito Santo, Goiás e São Paulo já estão na fase 3 (FIRMIDA, LOPES, 2011).

O tratamento relacionado à pacientes com fibrose cística é extremamente complicado e varia de paciente para paciente - justamente pelo fato de ser uma doença multissistêmica. Como dito anteriormente, a mutação do gene CFTR pode ocasionar múltiplas alterações e conseqüentemente sintomas, assim como uma infecção pela *Pseudomonas aeruginosa* influencia diretamente na escolha de um tratamento. De acordo com DALCIN e SILVA

(2008), existem alguns passos a serem seguidos em caso de doenças pulmonares, que são: “[...] a) antibioticoterapia, b) higiene das vias aéreas e exercício, c) agentes mucolíticos, d) broncodilatadores, e) agentes anti-inflamatórios, f) suporte nutricional e g) suplementação de oxigênio.”

### ***Pseudomonas aeruginosa***

A *Pseudomonas aeruginosa* é um bacilo gram-negativo (BGN), aeróbio facultativo, com exigências nutricionais quase nulas, sobrevive a grandes variações de temperatura, vive em qualquer ambiente, mas tem uma prevalência a ambientes úmidos (FERRAREZE, 2007). Uma característica que pode facilitar a identificação deste patógeno é a produção de um pigmento chamado piocianina (ágar P), sendo a única espécie conhecida que o produz. Para confirmar a presença deste pigmento, basta colocar 1mL-2mL de clorofórmio no meio de cultura; a piocianina é solúvel em clorofórmio, o que vai resultar em uma coloração azulada (ANVISA, 2008).

É considerada um patógeno nosocomial, o que significa que ela, entre muitos outros microrganismos, é responsável por infecções hospitalares (FOLESCU, 2012) e pode infectar diversas regiões do corpo humano, tendo como principal alvo pacientes que possuem seu sistema imunológico enfraquecido - imunocomprometidos. O motivo pelo qual a *P. aeruginosa* é amplamente estudada é que este microrganismo possui baixa sensibilidade a antibióticos e ainda tem a capacidade de desenvolver diversos mecanismos de resistência, como a expressão de bombas de efluxo, produção de  $\beta$ -lactamases e a diminuição da expressão das proteínas localizadas na membrana externa dos mesmos (FUENTEFRÍA et al., 2008). Um fator que auxilia nessa resistência é a resistência cruzada aos antimicrobianos, o que irá resultar em uma co-resistência; ou seja, por causa da presença de diversos mecanismos de resistência que esse microrganismo possui, a sensibilidade da pessoa infectada a diversos medicamentos será diminuída, tornando-se resistente a eles (FIGUEIREDO, et al., 2007).

Os lugares onde essa bactéria pode ser localizada seriam a axila e regiões anogenitais. Já em clínicas, pode estar em lavatórios, soluções antissépticas e foratos de urina. Pacientes com fibrose cística e HIV possuem uma maior afinidade pelas infecções causadas por essa bactéria, atingindo várias partes anatômicas, o que varia muito com a vulnerabilidade que devido corpo e organismo apresenta. (PEREZ; BUSH, 2008).

As infecções hospitalares trazem muitas consequências graves, pois o paciente é submetido a muitos tratamentos de forma agressiva, e permanece por longo período de tempo no hospital, podendo levar a uma evolução fatal. (EROAN; PASSOS, 2001). Com o uso negligente de antibióticos, o número de infecções causadas por cepas multirresistentes de *P. aeruginosa* aumentam esporadicamente, tornando ainda mais desafiador o tratamento de patologias resultantes da contaminação por esse microrganismo (FERRAREZE, 2007).

## IMPACTO DA *Pseudomonas aeruginosa* NA FIBROSE CÍSTICA

Pacientes com FC estão mais suscetíveis a infecções e colonização por bactérias no trato respiratório por três patógenos específicos: *Staphylococcus aureus*, *Haemophilus influenzae* e *Pseudomonas aeruginosa*. (FILHO, et. al, 2013). A *Pseudomonas aeruginosa* é o microrganismo com maior prevalência de infecções nos pacientes com fibrose cística, sendo responsável por cerca de 70% das colonizações em adolescentes e adultos (NORA, 2014). Geralmente as infecções por este patógeno se apresentam de forma crônica, sendo o principal agente causador das pneumonias, e sua prevalência tende a aumentar com a idade. As infecções por *P. aeruginosa* aumentam em cerca de 3 vezes o risco de óbito nos portadores de FC. (FILHO, et. al, 2013).

A susceptibilidade dos portadores de FC à colonização por *P. aeruginosa* não é totalmente explicada, porém existe uma hipótese que se baseia na ideia do CFTR como receptor para esta bactéria. Isso pode ocorrer através da interação de polissacarídeo com este receptor. Outra suspeita está relacionada com alterações na imunidade desse paciente, tanto inata quanto adaptativa, porém não existem evidências concretas para essa relação. (SANTOS, 2013).

A principal característica desta bactéria é sua capacidade de alteração fenotípica, que ocorre através da produção de uma grande quantidade do exopolissacarídeo alginato, formando uma cápsula que auxilia na fixação e na proteção contra fatores imunológicos, como fagocitose, mecanismo mucociliar, anticorpos e sistema complemento (SARGES, et. al, 2012). Este fenótipo, conhecido como mucoide, é responsável por 70 a 80% das infecções crônicas, e sua forma de crescimento inibe a fagocitose, aumentando a resistência ao tratamento com antimicrobianos (NORA, 2014). Isso induz uma resposta inflamatória mais intensa do organismo e acelera a perda funcional do sistema respiratório do paciente, acarretando uma piora no prognóstico devido à dificuldade de eliminação do patógeno. (FILHO, et. al, 2013).

A *P. aeruginosa* também é capaz de formar biofilme, colônias aderidas a superfícies e cercadas por uma matriz de exopolissacarídeos, tanto em superfícies abióticas, como cateteres, quanto em tecidos do trato respiratório. Estas colônias estão envolvidas em diversos tipos de infecção crônica. Microrganismos que vivem em biofilme se apresentam até mil vezes mais resistentes a antimicrobianos comparados aos que vivem fora desta formação. (NORA, 2014).

O fator que precede a formação desse biofilme é a ligação desta bactéria ao epitélio pulmonar. Alguns fatores relacionados com a característica estrutural do pulmão favorecem a formação de biofilme, como a hipóxia local, que confere à bactéria uma maior produção de alginato. Além do aumento na concentração de ferro nas vias aéreas deste paciente originado pela necessidade desse biofilme, podemos ressaltar a diminuição da expressão da enzima responsável pela produção de óxido nítrico em neutrófilos, macrófagos e células

epiteliais, que como consequência aumenta a resistência bacteriana. (SANTOS, 2013).

Além da mudança de fenótipo, resistência a antibióticos e da produção de biofilme, a persistência desta bactéria no trato respiratório do paciente se dá por outros fatores, como pela liberação de exoprodutos (elastase, proteases, hemolisinas, entre outros) que a protegem contra a resposta imune do hospedeiro, pela formação de biofilme, e pela repressão da síntese de flagelos imunoestimuladores, evitando o reconhecimento pelas células do sistema imune. (SARGES, et. al, 2012).

Existem centros de fibrose cística que citam a ocorrência de transmissão de *P. aeruginosa* entre pacientes portadores de fibrose cística, enquanto outros apontam uma grande variação entre os isolados e não reconhecem a transmissão entre pacientes, portanto esta possibilidade é incerta. Porém, a disseminação da bactéria entre indivíduos com FC pode ocorrer em diversos contextos, como sessões de fisioterapia, contato em salas de espera ou ambientes hospitalares, atividades de lazer, entre outros. Os centros de fibrose cística ressaltam uma grande variabilidade genética entre os isolados do microrganismo, o que pode apontar uma aquisição ambiental e não uma fonte comum. (NORA, 2014).

A infecção pela *P. aeruginosa* pode ser classificada como uma infecção progressiva, que acontece por etapas. A primeira seria a colonização da bactéria no trato respiratório do paciente e, se não for identificada e tratada, irá evoluir para a segunda etapa que está relacionada com a colonização crônica. Nos dois estágios iniciais - da colonização inicial até a crônica - o paciente não apresenta sinais clínicos de infecção, dificultando o diagnóstico precoce (MILAGRES, et al., 2008).

Após a colonização, ocorre a inflamação aguda, onde há o aparecimento de sinais clínicos, porém, se não for tratada de maneira adequada, ela irá evoluir para a inflamação crônica - que é o estágio que torna impossível a erradicar a *P. aeruginosa* através de antibioticoterapia. Essa dificuldade do tratamento da infecção crônica está relacionada característica relacionada à mudança fenotípica da bactéria, tornando difícil a escolha do medicamento/tratamento adequado (MILAGRES, et al., 2008).

Muitos indivíduos com FC utilizam mucolíticos e antibióticos diretamente nos pulmões, por nebulização em ambiente doméstico. Porém estes nebulizadores podem se tornar uma grande fonte de contaminação para estes pacientes, já que podem ocorrer erros de execução a seguir as instruções de armazenamento e higienização. Os índices de nebulizadores domésticos contaminado são altos, cerca de 60%, um dado preocupante, visto que esta é uma das principais formas de tratamentos que pode se tornar prejudicial com o gerenciamento inadequado (RIQUENA, et. al, 2019).

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. F., et al. **Avaliação evolutiva da espirometria na fibrose cística.** *J Pneumol.*, v.27, n.3, p.130-136, 2001.

ANVISA. **Controle de Qualidade em Microbiologia Clínica**, 2008.

BERNARDI, D. M., et al. **O impacto da fibrose cística no perfil imunológico de pacientes pediátricos**. *Jornal de Pediatria*, v.89, n.1, p.40-47, 2013.

DALCIN, P. T. R.; SILVA, F. A. A. **Fibrose cística no adulto: aspectos diagnósticos e terapêuticos**. *J Bras Pneumol.*, v.34, n.12, p.107-117, 2008.

EROAN, L.J.; PASSOS, S. **Early discharge of infected patients through appropriate antibiotic use**. *Arch Intern Med*, v.161, p.61-65, 2001.

FERRAREZE, M. V. G., et al. ***Pseudomonas aeruginosa* multirresistente em unidade de cuidados intensivos: desafios que procedem?**. *Acta Paul Enferm*, v.20, n.1, p.7-11, 2007.

FIGUEIREDO, E. A. P., et al. ***Pseudomonas Aeruginosa*: Frequência de resistência a múltiplos fármacos e resistência cruzada entre antimicrobianos no Recife/PE**. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, v.19, n.4, p. 421-427, 2007.

FILHO, L. V. R. F. S. et al. **Infecção por *Pseudomonas aeruginosa* em pacientes com fibrose cística: evidências científicas sobre o impacto clínico, diagnóstico e tratamento**. *J. Bras. Pneumol.*, v.39, n.4, p.495-512, 2013.

FIRMIDA, M. C.; LOPES, A. J. **Aspectos Epidemiológicos da Fibrose Cística**. *Revista do Hospital Universitário Pedro Ernesto*. v.10, n.2, p.12-22, 2011.

FOLESCU, T. W., et al. **Escore tomográfico em pacientes com fibrose cística colonizados por *Pseudomonas aeruginosa* ou *Staphylococcus aureus***. *J Bras Pneumol.*, v.38, n.1, p.41-49, 2012.

FUENTEFRIA, D. B, et al. ***Pseudomonas aeruginosa*: disseminação de resistência antimicrobiana em efluente hospitalar e água superficial**. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v.41, n.5, p.470-473, set.-out. 2008.

MARQUES, E. A. **Perfil microbiológico na fibrose cística**. *Revista do Hospital Universitário Pedro Ernesto, UERJ*, v.10, n.4, p.23-35, 2011.

MILAGRES, L., et al. **Infecção pulmonar por *Pseudomonas aeruginosa* na fibrose cística: diagnóstico sorológico e conduta**. *Pediatria (São Paulo)*, v.30, n.1, p.56-65, 2008.

MOCELIN, H., et al. **Triagem neonatal para fibrose cística no SUS no Rio Grande do Sul**. *Bol. Cient. Pediatr.*, v.6, n.1, p.3-8, 2017.

NORA, S. T. R. **Diversidade genética de *Pseudomonas aeruginosa* isoladas do trato respiratório de pacientes com fibrose cística**. 2014. 98 f. Dissertação (Mestrado em Pesquisas Laboratoriais em Saúde Pública) - Programa de Pós-Graduação em Ciências da Coordenadoria de Controle de Doenças, Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, São Paulo, 2014.

PEREZ, M.T; BUSH, L.M. ***Pseudomonas* e infecções relacionadas**. Manual MSD, 2008.

PIZZIGNACCO, T. M. P.; DE LIMA, R. A. G. **O processo de socialização de crianças e adolescentes com fibrose cística: subsídios para o cuidado de enfermagem.** *Rev. Latino-am. Enfermagem*, v.14, n.4, p.569-577, 2006.

RIBEIRO, J. D.; RIBEIRO, M. A. G. O.; RIBEIRO, A. F. **Controvérsia na fibrose cística – do pediatra ao especialista.** *Jornal de Pediatria*. v.78, n.2, p.171-186, 2002.

RIQUENA, B. et al. **Contaminação microbiológica de nebulizadores utilizados em pacientes com fibrose cística: um problema subestimado.** *J. Bras. Pneumol.*, v.45, n.3, p. 1-9, 2019.

ROSA, K. M., et al., **Traços genéticos e fenotípicos de crianças e adolescentes com fibrose cística no sul do Brasil.** *Rev. Bras. Pneumol.*, v.44, n.6, p.498-504, 2018.

SANTOS, L. A. S. **Tratamento da infecção por *Pseudomonas aeruginosa* em pacientes com fibrose cística: revisão de literatura.** 2013. 41 f. Dissertação (Conclusão de Curso de Medicina) - Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Medicina da Bahia, Salvador, 2013.

SARGES, E. S. N. F. et al. **Colonização por *Pseudomonas aeruginosa* em pacientes com fibrose cística na região amazônica: efeito na função respiratória.** *Rev. para. med.*, v.26, n.1, jan.-mar. 2012.



# CAPÍTULO 2

## A IMPORTÂNCIA E O IMPACTO DE AÇÕES DE PROMOÇÃO DA SAÚDE REALIZADAS POR LIGAS ACADÊMICAS NA FORMAÇÃO MÉDICA

Data de aceite: 01/09/2021

Data de submissão: 06/08/2021

### Natália Ferrari

Faculdade Ceres (FACERES)

São José do Rio Preto – São Paulo

ID Lattes: 1572419338865837

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6848-7615>

### Thalia Vieira Pires

Faculdade Ceres (FACERES)

São José do Rio Preto – São Paulo

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5652-1364>

### Mariana Gomes de Oliveira Santos

Faculdade Ceres (FACERES)

São José do Rio Preto – São Paulo

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6098-4660>

### Maria Júlia de Oliveira Dadona

Faculdade Ceres (FACERES)

São José do Rio Preto – São Paulo

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2851-3812>

### Karolliny Araújo Faria

Faculdade Ceres (FACERES)

São José do Rio Preto – São Paulo

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4037-9687>

### Roane Gabelini Caixeta Vieira

Faculdade Ceres (FACERES)

São José do Rio Preto – São Paulo

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1477-3958>

### Fernanda Aparecida Novelli Sanfelice

Faculdade Ceres (FACERES)

São José do Rio Preto – São Paulo

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0803-5833>

**RESUMO: INTRODUÇÃO:** A hipertensão arterial é uma doença crônica não transmissível de grande prevalência na população brasileira, sendo considerada um importante fator que interfere na qualidade de vida do portador desta doença. **METODOLOGIA:** Ação em saúde realizada pela LAMFC sobre HA e teve como objetivo levar ao conhecimento da população a campanha do setembro vermelho e o rastreamento da patologia em questão.

**RESULTADOS:** Foram atendidos 167 pacientes com pressão arterial sistólica média de 126 mmHg, sendo que o valor mínimo achado foi de 90 mmHg e o valor máximo foi de 179 mmHg. No que se refere a PA diastólica, obteve-se média de 78 mmHg, valor mínimo de 30 mmHg e valor máximo de 110 mmHg. No que tange sobre a idade dos participantes a média foi de 50 anos, com variação de 10 a 83 anos. **CONCLUSÃO:** Concluímos que, essa experiência proporcionou aos estudantes de medicina o contato direto com os pacientes, contribuindo com um atendimento mais humanizado e com foco nas necessidades do paciente com um todo e não somente na doença em questão. Com isso, destaca-se a importância de ações, como essa, que promovem um grande impacto na vida acadêmica e profissional do futuro médico.

**PALAVRAS - CHAVE:** Estudantes de Medicina; Promoção da Saúde; Assistência à Saúde.

## THE IMPORTANCE AND IMPACT OF HEALTH PROMOTION ACTIONS CARRIED OUT BY ACADEMIC LEAGUES ON MEDICAL EDUCATION

**ABSTRACT: INTRODUCTION:** Hypertension is a chronic, non-communicable disease of great prevalence in the Brazilian population, being considered an important factor that interferes in the quality of life of patients with this disease. **METHODOLOGY:** Health action carried out by LAMFC about HA and aimed to inform the population of the Red September campaign and track the pathology in question. **RESULTS:** A total of 167 patients were treated with a mean systolic blood pressure of 126 mmHg, the minimum value found was 90 mmHg and the maximum value was 179 mmHg. Regarding diastolic BP, an average of 78 mmHg was obtained, a minimum value of 30 mmHg and a maximum value of 110 mmHg. Regarding the age of the students at the Average was 50 years, with a variation of 10 to 83 years. **CONCLUSION:** We conclude that this experience provided medical students with direct contact with patients, contributing to a more humanized care and focusing on the needs of the patient as a whole and not only on the disease in question. Thus, the importance of actions such as this one is highlighted, which promote a great impact on the academic and professional life of the future physician.

**KEYWORDS:** Medical Students; Health promotion; Health Care.

### INTRODUÇÃO

A hipertensão arterial é uma doença crônica não transmissível de grande prevalência na população brasileira, sendo considerada um importante fator que interfere na qualidade de vida do portador desta doença (FIÓRIO, 2020; YUGAR-TOLEDO, 2020; MALACHIAS, 2016). Além disso, a gravidade da mesma depende de fatores tais como controle correto da doença, adesão ao tratamento, aceitação da doença e conhecimento de suas complicações (YUGAR-TOLEDO, 2020; PESSUTO, 1998).

Outro dado importante relatado na literatura científica é a incidência considerável desta patologia em pacientes idosos (QUEIROZ, 2020; FERRARI, 2020; BRASIL, 2006b). Toledo (2020), definiu idade, sexo, adesão ao tratamento, baixa prática de atividade física e não realização de dieta como fatores de risco para o desenvolvimento desta patologia.

De acordo com a 7<sup>a</sup> diretriz de Hipertensão Arterial publicada pela Sociedade Brasileira de Cardiologia, o paciente terá o diagnóstico de hipertensão arterial quando possuir PA  $\geq$  140x90 mmHg com risco cardiovascular ou PA  $\geq$  180 x 110 mmHg (QUEIROZ, 2020; MALACHIAS, 2016).

Outrossim, há diversas formas de incentivar a adesão do tratamento pelo paciente, tais como jogos lúdicos, jogos online, ações em saúde, palestras sobre a importância do tratamento de maneira correta, além de cartilhas disponibilizadas pelo Ministério da saúde (BRASIL, 2001a; NOBRE, 2013; FERRARI, 2020).

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo relatar a experiência de estudantes de medicina em uma ação em saúde realizada pela Liga Acadêmica de Medicina da Família e Comunidade da FACERES (LAMFC).

## METODOLOGIA

No dia 24 de agosto do ano de 2019 realizou-se a ação em saúde através da Liga Acadêmica de Medicina da Família e Comunidade da FACERES (LAMFC) sobre Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS). Essa ação foi cadastrada e aprovada pelo sistema de extensão da Instituição de Ensino Superior a qual a Liga é vinculada. Esta atividade realizou-se em um Shopping da cidade de São José do Rio Preto/SP e teve como objetivo levar ao conhecimento da população a campanha do setembro vermelho e o rastreamento de hipertensão arterial sistêmica (HAS). Os equipamentos utilizados foram esfigmomanômetro, estetoscópio, caneta e papel. Além disso, a instituição proponente disponibilizou cadeiras e mesas. Durante esta atividade, os alunos integrantes da LAMFC aferiram a pressão arterial sistêmica em mmHg das pessoas que transitavam no local. Todos ficaram responsáveis por aferir a pressão arterial, além de anotar o resultado na tabela disponibilizada pelos membros dirigentes da liga e orientar os transeuntes sobre o tema base da ação. Essa tabela consistia em nome, assinatura do paciente, idade, pressão arterial sistólica e diastólica. Ademais, após o preenchimento desses dados, os estudantes classificaram os pacientes em normotensão, pré-hipertensão, hipertensão estágio 1 ou estágio 2 pela classificação do Ministério da Saúde.

## RESULTADOS

Foram atendidos 167 pacientes. Em relação a pressão arterial (PA) Sistólica, a ação apresentou mediana de 125 mmHg, média de 126 mmHg, sendo que o valor mínimo achado foi de 90 mmHg e o valor máximo foi de 179 mmHg (Figura 1). No que se refere a PA Diastólica, obteve-se resultado da mediana de 80 mmHg, média de 78 mmHg, valor mínimo de 30 mmHg e valor máximo de 110 mmHg (Figura 2). Já em relação a idade, a mediana foi de 50 anos, média de 49 mmHg, idade mínima de 10 anos e idade máxima de 83 anos (Figura 3). A Figura 4 demonstra a relação entre a PA sistólica, diastólica e idade dos pacientes.

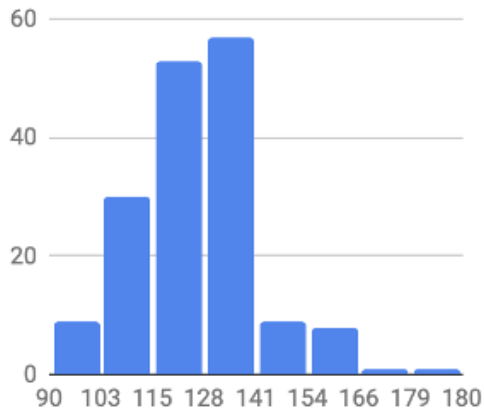


Figura 1. Quantidade de pacientes x PA Sistólica.

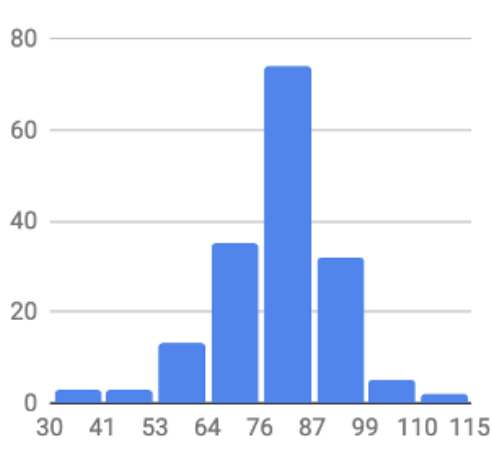


Figura 2. Quantidade de pacientes x PA Diastólica.

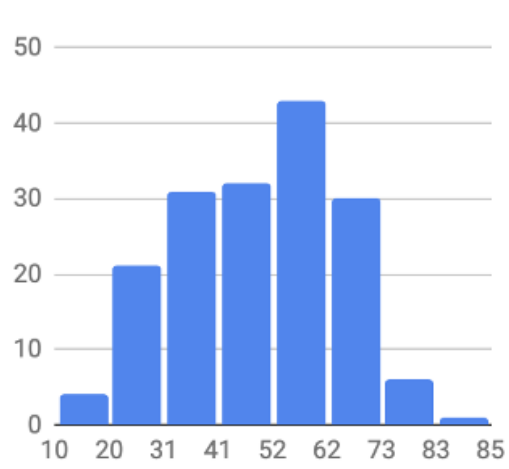


Figura 3. Quantidade de pacientes x idade.

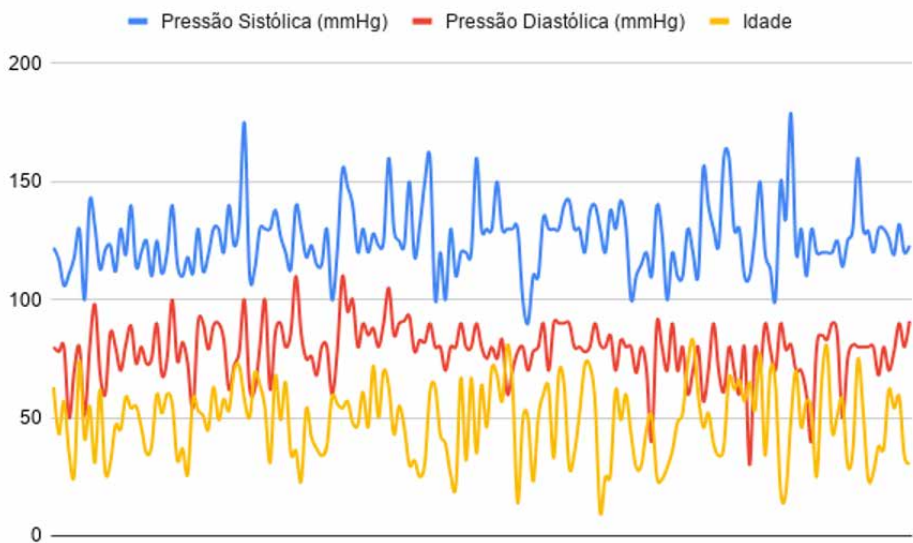


Figura 4. Relação entre PA Sistólica, PA Diastólica e Idade.

Ademais, dos 167 pacientes atendidos, 108 eram do sexo feminino, caracterizando 64,67% das pessoas assistidas no dia da ação. E, pela classificação do Ministério da Saúde, 68 pacientes foram classificados como pré-hipertensos, 20 como hipertensos em estágio 1, 8 como hipertensos estágio 2 e, por fim, 71 pessoas não apresentaram alterações em sua pressão arterial (Tabela 1/Figura 5).

<b>Classificação da Pressão Arterial pelo MS</b>	<b>Número de pacientes (%)</b>
Normal	71 (42,51%)
Pré-Hipertensos	68 (40,71%)
Hipertensão Estágio 1	20 (11,97%)
Hipertensão Estágio 2	8 (4,79%)

Tabela 1. Classificação da PA dos pacientes pelo Ministério da Saúde (MS).

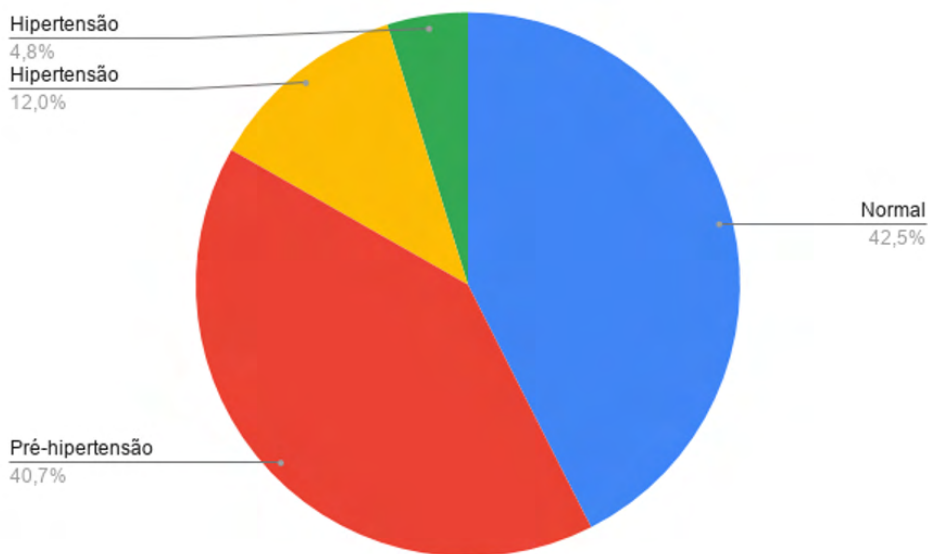


Figura 5. Classificação da PA dos pacientes pelo Ministério da Saúde (MS).

Além disso, na percepção dos estudantes de medicina que realizaram essa ação em saúde, a atividade foi de extrema importância, já que além de um bem para a sociedade, contribuiu para o conhecimento da prática profissional do futuro médico.

## DISCUSSÃO

A Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS) é uma doença de alta prevalência na população brasileira, e possui alta morbimortalidade se houver negligência por parte do paciente ou do médico responsável (ANDRADE, 2010). Desta maneira, a VI Diretriz Brasileira de Hipertensão define essa patologia como condição multifatorial em conjunto com níveis elevados da PA de forma constante (LOBO, 2017).

Grande parte das HAS têm prevalência na população masculina (ANDRADE, 2010). Ademais, considerando-se valores de PA  $\geq 140/90$  como Hipertensão Estágio 1 (MS) (LOBO, 2017), Cesarino (2008) e Rosario (2009) demonstraram em seus estudos uma média de 32,5% de prevalência, diferentemente dos resultados encontrados na ação em saúde.

Além disso, os pacientes estão sujeitos a fatores de risco que podem agravar e precipitar esta doença, como exemplo pode-se citar a alimentação, hábitos de vida além de fatores socioeconômicos (ARRUDA JÚNIOR, 2010).

Do mesmo modo, o artigo de Arruda Júnior et al mostra a mesma sequência de prevalência dos graus de HAS, de modo que há mais normotensos, seguidos de pré-hipertensos e hipertensos (CORREIA, 2017). Isso demonstra que apesar da alta prevalência

dos pacientes diagnosticados com hipertensão, a maioria não tem doenças relacionadas à pressão arterial (MIAN, 2020).

Os acadêmicos de medicina, direcionados pela LAMFC puderam auxiliar, nessa atividade, na orientação da população e promoção da saúde em um contexto de acesso à saúde e informação diferente do padrão, o shopping da cidade. É de suma importância a veiculação da informação nesses locais, visto que muitas das vezes, a população não busca saber sobre seu estado de saúde, não entende muito sobre a prevenção da doença e de sua importância, que o SUS tanto tem preconizado.

O processo de aprendizagem é fundamental na vida do indivíduo, em qualquer área, seja profissional ou estudantil, e atua como fator de promoção na vida profissional do indivíduo. No âmbito da medicina, o conhecimento se dá através da teoria e, fundamenta-se através da prática e contato estudante-paciente. William Osler afirmou, “Quem estuda medicina sem livros navega por um mar desconhecido, mas quem estuda medicina sem pacientes não vai para o mar em absoluto” (BATISTA, 2008).

A introdução dos alunos de medicina na prática é fundamental para que eles conheçam o contexto e adquiram habilidades necessárias no manejo do paciente, ampliando as possíveis circunstâncias e problematizações vivenciadas na realidade que o aluno enfrentará (BATISTA, 2008). Dessa maneira, mudanças na área da saúde, podem ser alcançadas por meio da inserção do graduando nas unidades de saúde, ou em locais que possibilitem a realização de procedimentos na prática.

## CONCLUSÃO

Conclui-se que, através de ações de promoção da saúde, os estudantes de medicina tem a oportunidade de aproximação junto da comunidade, de modo que ensina-os a ter um atendimento mais humanizado e com foco no paciente e não em sua doença, de tal maneira que atividades como essa tem grande impacto na vida acadêmica e profissional do futuro médico.

Além disso, a prática da ação em saúde é benéfica para a população pois expande e empodera através do conhecimento sobre uma determinada doença, nesse caso HAS, além de fortalecer o Sistema Único de Saúde através da prevenção primária.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, JP; NOBRE, F; TAVARES, A; BRANDÃO, AA; SANJULIANI, AF; NOGUEIRA, AR et al. **VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão**. Arq Bras Cardiol, 2010. v. 95 n. 1 supl. 1. p. 1-51.

ARRUDA JÚNIOR, ER; LACERDA, HR; MOURA, LCRV; ALBUQUERQUE, MFPM; MIRANDA FILHO, DB; DINIZ, GTN et al. **Perfil dos pacientes com hipertensão arterial incluídos em uma coorte com HIV/AIDS em Pernambuco, Brasil**. Arq Bras Cardiol, 2010. v. 95 n. 5. p. 640-647.

BATISTA, NA; BATISTA, SHSS. **A prática como eixo da aprendizagem na graduação médica. A formação médica na Unifesp: excelência e compromisso social** [online]. São Paulo: Editora Unifesp, 2008. p. 101-115.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Departamento de Atenção Básica. Área Técnica de Diabetes e Hipertensão Arterial. **Hipertensão arterial sistêmica (HAS) e Diabetes mellitus (DM): protocolo**. Brasília. Ministério da Saúde. 2001a. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/hipertensao\\_arterial\\_sistematica\\_cab7.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/hipertensao_arterial_sistematica_cab7.pdf). Acesso em: 14 jul. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Hipertensão arterial sistêmica para o Sistema Único de Saúde / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção**. Brasília. 2006b

CESARINO, CB; CUPULLO, JP; MARTIN, JFV; CIORLIA, LA; GODOY, MRP; CORDEIRO, JA et al. **Prevalência e fatores sociodemográficos em hipertensos em São José do Rio Preto – SP**. Arq Bras Cardiol, 2008. v.91. n.1. p.31-5.

CORREIO, BR; RIBEIRO, DF; CARVALHO, QGS; MACHADO, ALG; DOUBERIN, CA; GUBERT, FA et al. **Perfil Clínico-Epidemiológico de Pacientes Assistidos em Clínica de Hipertensão**. 2017. v.19. n.3. p.171-176.

FERRARI, N; DADONA, MJO; PEREIRA, JAS; PACCA, FC, CURSINO, LML. **Brincando de aprender: jogo sobre hipertensão arterial aplicado na atenção primária em saúde**. Atenção primária à Saúde no Brasil. Editora Inovar, 2020: 180-186.

FIÓRIO, CE; CESA KM, CLG; ALVES, MCGP; GOLDBAUM, M. **Prevalência de hipertensão arterial em adultos no município de São Paulo e fatores associados**. Rev Bras epidemiol, 2020. v.1. n.1. p.1-31.

LOBO, LAC; CANUTO, R; DIAS-DA-COSTA, JS; PATTUSSI, MP. **Tendência temporal da prevalência de hipertensão arterial sistêmica no Brasil**. Cad Saúde Pública, 2017. v.33. n.6. p.1-13.

MALACHIAS, MVB; SOUZA, WKZB; RODRIGUES, CIS; BRANDÃO, AA; NEVES, MFT; BORTOLOTTI, LA et al. **7ª Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial**. Arq Bras Cardiol, 2016. v.107. n.3 suppl.3. Disponível em: [http://publicacoes.cardiol.br/2014/diretrizes/2016/05\\_HIPERTENSAO\\_ARTERIAL.pdf](http://publicacoes.cardiol.br/2014/diretrizes/2016/05_HIPERTENSAO_ARTERIAL.pdf) Acesso em: 14 jul 2021.

MIAN, A; KHAN, S. **Medical education during pandemics: a UK perspective**. BMC Medicine, 2020. v.18. n.100. p.1-2.

NOBRE, F; COELHO, EB; LOPES, PC; FALEILETE, TJM. **Hipertensão arterial sistêmica primária**. Medicina (Ribeirão Preto), 2013. v.46. n.3. p.256-272.

PESSUTO, J; CARBALHO, EC. **Fatores de risco em indivíduos com hipertensão arterial**. Rev Latino-Am Enfermagem, 1998. v.6 n.1. p.3-39.

QUEIROZ, MG; AQUINO, MLA; BRITO, ADL, MEDEIROS, CCM; SIMÕES, MOS; TEIXEIRA, A; CARVALHO, DF. **Hipertensão arterial no idoso - doença prevalente nesta população: uma revisão integrativa**. Brazilian Journal of Development, 2020. v.6. n.4. p.22590-22598.



ROSÁRIO, TM; SCALA, LCN; FRANÇA, GVA; PEREIRA, MRG; JARDIM, RCBV. **Prevalência, controle e tratamento da hipertensão arterial sistêmica em Nobres – MT.** Arq Bras Cardiol, 2009. v.93. n.6. p. 672-678.

YUGAR-TOLEDO, JC; MORENO JÚNIOR, H; GUS, M; ROSITO, GBA; SCALA, LCN; MUXFELDT, ES et al. **Posicionamento Brasileiro sobre Hipertensão Arterial Resistente – 2020.** Arq Bras Cardiol, 2020. v.114. n.3. p. 576-596.

## A UNIQUE INFAUNAL FORAMINIFERAL SPECIES TOLERANCE IN RECENT AND PAST SEDIMENTS OF THE WESTERN PACIFIC WARM POOL (IODP, WPWP, EXP. 363)

Data de aceite: 01/09/2021

Data de submissão: 07/06/2021

### Patrícia Pinheiro Beck Eichler

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Campus Universitário  
Natal, RN, Brazil  
EcoLogic Project, 5610 Scotts Valley Drive  
California, United States  
<https://orcid.org/0000-0003-2938-5461>

### Christofer Paul Barker

EcoLogic Project, 5610 Scotts Valley Drive  
California, United States  
<https://orcid.org/0000-0003-4992-5218>

### Moab Praxedes Gomes

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Campus Universitário  
Natal, RN, Brazil  
<https://orcid.org/0000-0003-0836-1073>

### Helenice Vital

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Campus Universitário  
Natal, RN, Brazil  
<https://orcid.org/0000-0003-0462-9028>

**ABSTRACT:** We aim to use the excellent recovery of Expedition 363 sediment from core catchers and mudlines at nine sites in the Western Pacific Warm Pool (WPWP), which were cored with R/V “JOIDES Resolution” to document the distribution of *Laticarinina pauperata*, a very delicate infaunal calcareous foraminiferal species. Two sites off

northwestern Australia and seven in the WPWP, recovering a record total of 6956 m of sediment cores in 875–3421 m water depth are suitable for detailed paleoceanography reconstructions. From each core catcher, 20-30 cm<sup>3</sup> of sediment were washed with tap water over a 63 μm wire mesh sieve. Mudline samples were taken from each hole and analyzed for benthic foraminifers based on counts of ~100 specimens from the >150 μm size fractions. Rose Bengal was used to confirm the presence of living foraminifers. The environmental ranges for modern habitat are wide and its evolution and systematics show first appearance for older bound from 28.1 million years ago (Chattiano Age). Here we documented the excellent preservation and the remarkable physical tolerance that this species has to higher pressure in the water and in the sediment column. It was found living in both the present in water depths of 875–3421 m, and in the late Oligocene (~24 million years ago), which equals at least to more than 350 m deep inside the sediment.

**KEYWORDS:** Paleoceanography, warm, temperature, climate, productivity.

**RESUMO:** Nosso objetivo é usar a excelente recuperação do sedimento da Expedição 363 em nove locais na Western Pacific Warm Pool (WPWP), que foram coletados com o navio “Joides Resolution” para documentar a distribuição de *Laticarinina pauperata*, uma espécie de foraminífero calcária e delicada infaunal. Dois locais no noroeste da Austrália e sete na WPWP, recuperaram um total recorde de 6.956 m de testemunhos de sedimentos em 875–3421 m de profundidade de água, e são adequados para

reconstruções paleoceanográficas detalhadas. Cada amostra de 20-30 cm<sup>3</sup> de sedimento foram lavados com água da torneira sobre uma peneira de malha de tamanho de 63 µm. Amostras da foram retiradas de cada buraco e analisadas para foraminíferos bentônicos com base em contagens de ~100 espécimes das frações de tamanho >150 µm. Rose Bengal foi usada para confirmar a presença de foraminíferos vivos. As faixas ambientais para o habitat moderno são amplas e sua evolução e sistemática mostram a primeira aparição para limites mais antigos de 28,1 milhões de anos atrás (Idade Chattiano). Aqui documentamos a excelente preservação e a notável tolerância física que esta espécie possui a maiores pressões na água e na coluna de sedimentos. Foi encontrado vivendo tanto no presente em profundidades de água de 875–3421 m, quanto no final do Oligoceno (~ 24 milhões de anos atrás), o que equivale a pelo menos mais de 350 m de profundidade dentro do sedimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Paleoceanografia, calor, temperatura, clima, produtividade.

## INTRODUCTION

International Ocean Discovery Program (IODP) Expedition 363 (October 6<sup>th</sup> to December 8<sup>th</sup> 2016) sought to document the regional expression (e.g., temperature, precipitation, and productivity) and driving mechanisms of Neogene climate variability in the Western Pacific Warm Pool (WPWP), as they relate to the evolution of Earth's climate on millennial, orbital and geological timescales.

The Western Pacific is one of the best natural laboratories worldwide for unraveling the links between tectonic, oceanic, climatic and deep mantle dynamics processes. Western Pacific Warm Pool (WPWP) is the largest source of water vapor to the atmosphere. Variations in the strength of convection therefore alter heat and moisture delivery to extra-tropical regions and may amplify changes in global climate (Fedorov and Philander, 2000; Pierre Humbert 2000). Today WPWP hydrological cycle variability is dominated by (1) the seasonal migration of the ITCZ and subsequent interactions with the Asian-Australian monsoon and (2) the El Nino Southern Oscillation (e.g. Rasmussen and Arkin 1993). On orbital timescales, a growing body of proxy evidence suggests a strong control of local insolation on regional precipitation (Wang et al., 2001; Tackikawa et al., 2011; Carolin et al., 2013).

With excellent recovery, Expedition 363 in the WPWP sites are suitable for detailed paleoceanographic reconstructions from late Oligocene (~24 million years ago) to Recent. Specifically, this article aims to use sediment recovered from core catchers and mudline at all sites on Expedition 363 to describe the physical tolerance of a continental slope infaunal calcareous very delicate foraminiferal species *Laticarinina pauperata* (Parker & Jones, 1865) to preservation both in depth of water and of sediment columns. The species target is an epifaunal foraminifer (Corliss and Chen, 1988) with biconvex trochospiral form being common in bioturbated horizons (King et al, 1995).

Faunal fluctuations related to cool or warm phases are characterize by species arrangement in the same faunal groups used in the study done in the Meteor Core 12329

(Lutze, 1977). Later on, Lutze (2007) showed that this core has a very good correlation between a warm indicative group of benthic species and the climatic curve derived from planktonic foraminifers by Pflaumann (1975). To accentuate the fluctuations and to allow convenient comparison with other curves the above mentioned author used the total proportion of “warm” benthic species (*Laticarinina pauperata*, *Cibicoides kullenbergi*, *C. robertsonianus*, *Cibicoides sp.*, *Hoeglundina elegans*, and *Bulimina aculeata*) expressed in percentages of both, the “warm” and the “cool” species group (*Pyrgo murrhina*, *Cibicoides wuellerstorfi*, *Uvigerina peregrina*, and *Globobulimina hoeglundi*) whereas percentages of all other species were ignored. The resulting curve is called the warm benthic foraminifers (WBF) curve”. This is an interesting view and we intend to look further on this subject after we document the omnipresence of this infaunal species.

## Study Area

Two of the sites are located off northwestern Australia at the southern extent of the WPWP offering the opportunity to study the evolution of the Australian monsoon since the late Miocene to present at relatively high resolution. Seven sites are situated at the heart of the WPWP including two on the northern margin of Papua New Guinea (PNG) with very high sedimentation rates spanning the past ~450 ky, two in the Manus Basin north of PNG with moderate sedimentation rates recovering upper Pliocene to present sequences, and three low sedimentation rate sites on the southern and northern parts of the Eauripik Rise spanning the early Miocene to present (Figure 1).

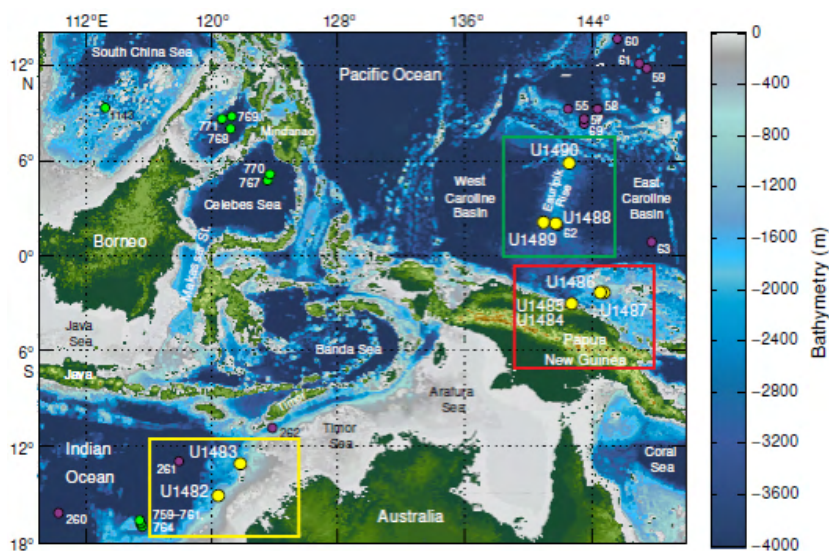


Figure 1. Bathymetric map showing locations of the three main areas cored during IODP Expedition 363: northwestern Australian shelf, Papua New Guinea/Manus Basin, and the Eauripik Rise. Yellow circles = Expedition 363 sites, purple and green circles = previously cored DSDP and ODP sites. Data source and analysis from Amante and Eakins (2009). Retired from the IODP proceedings (2017).

## Methods

Sites were chosen to provide broad spatial coverage in order to capture the most salient features of the WPWP. Nine sites were cored with R/V “JOIDES Resolution”, two off northwestern Australia and seven in the WPWP, recovering a record total of 6956 m of sediment cores in 875–3421 m water depth with an average recovery of 101.3% during 39.6 days of on-site operations (Rosenthal, Holbourn, Kulhanek et al., 2017). Most of the sites were cored primarily using the Advanced Piston Coring (APC) system until refusal, generally between 250 and 350 meters below sea floor (mbsf).

### Methods of Study for Foraminifera

From each core catcher, 20–30 cm<sup>3</sup> of sediment were washed with tap water over a 63 μm wire mesh sieve. Indurated samples were soaked in a 3% hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) solution (with a small amount of Borax added) prior to washing. In addition, mudline samples were taken from each hole and analyzed for benthic foraminifers. Mudline samples were collected by emptying the sediment/water material from the top core liner of each hole into a bucket and then washed with tap water over a 63 μm wire mesh sieve. Tests using Rose Bengal were performed to confirm the presence of living benthic foraminifers in the mudline sample. All samples were then dried in the sieves in a low-temperature oven at ~50°C and subsequently examined under a binocular light microscope. To avoid contamination of foraminifers between samples, the sieve was thoroughly cleaned, then placed into a sonicator for at least 15 minutes, and then carefully checked. Species identification for benthic foraminifers were generally made on the >150 μm size fractions. The 63 to 150-μm size fraction was scanned for distinctive taxa. Benthic foraminiferal assemblage composition and paleo depth estimates were based on counts of ~100 specimens from the >150 μm size fractions, where possible. Relative percentages of benthic to planktonic tests were determined by counting specimens in four adjacent quadrants in three different locations on the picking tray. The preservation status of benthic foraminifers was estimated as follows: VG = very good (no evidence of overgrowth, dissolution, or abrasion); G = good (little evidence of overgrowth, dissolution, or abrasion); M = moderate (calcite overgrowth, dissolution, or abrasion were common but minor); P = poor (substantial overgrowth, dissolution, or fragmentation).

## RESULTS

Nine sites with wide geographical distribution and variable oceanographic and depositional settings were cored during Expedition 363, recovering a total of 6956 m of sediment cores in 875–3421 m. This excellent recovery of IODP Expedition 363 sites were ideal for detailed paleoceanographic reconstructions at orbital and suborbital resolution from late Oligocene (~24 million years ago) to Recent. Besides that, combining sites with

rapidly accumulating sediment at marginal locations and more typical open-ocean sites with relatively low accumulation rates offers the opportunity to show the evolution of the WPWP at different temporal resolutions.

Hole	Latitude	Longitude	Water depth (m)	Penetration (m DSF)	Cored interval (m)	Recovered length (m)	Recovery (%)	Drilled interval (m)	Drilled interval (‰)	Total cores (‰)	APC cores (‰)	HLAPC cores (‰)	XCB cores (‰)	Date started (DD/YY)	Time started (h UTC)	Date finished (DD/YY)	Time finished (h UTC)	Time on hole (days)	
U1482A	15°3'32.27'S	120°26'10.49'E	1467.70	490.0	490.0	505.88	103.24	0.0	0	58	37	8	13	16 Oct	0730	19 Oct	0810	3.03	
U1482B	15°3'31.42'S	120°26'09.88'E	1464.49	366.6	349.1	365.82	104.79	17.5	5	40	35	5	0	19 Oct	0810	20 Oct	1600	1.33	
U1482C	15°3'32.96'S	120°26'11.35'E	1465.19	534.1	517.1	535.86	103.63	17.0	4	56	34	0	22	20 Oct	1600	24 Oct	1500	3.96	
U1482D	15°3'33.05'S	120°26'09.20'E	1466.13	213.0	80.4	82.77	102.95	132.6	1	9	9	0	0	24 Oct	1500	25 Oct	1000	0.79	
U1483A	13°05'23.82'S	121°48'24.24'E	1732.93	293.3	293.3	308.58	105.21	0.0	0	31	31	0	0	25 Oct	2230	27 Oct	1650	1.76	
U1483B	13°05'23.71'S	121°48'25.38'E	1734.01	287.0	287.0	301.62	105.09	0.0	0	31	31	0	0	27 Oct	1650	28 Oct	1810	1.06	
U1483C	13°05'24.79'S	121°48'25.37'E	1731.19	284.8	281.8	292.42	103.77	3.0	1	30	30	0	0	28 Oct	1810	30 Oct	0000	1.24	
U1484A	03°07'30.28'S	142°46'59.99'E	1030.93	223.2	223.2	220.60	98.84	0.0	0	27	21	5	0	6 Nov	1245	7 Nov	1755	1.22	
U1484B	03°07'30.23'S	142°46'58.09'E	1030.48	223.9	220.9	220.51	99.82	2.0	1	30	17	13	0	7 Nov	1755	8 Nov	2250	1.2	
U1484C	03°07'33.55'S	142°46'58.22'E	1030.77	221.4	219.4	225.46	102.76	2.0	1	31	17	14	0	8 Nov	2250	9 Nov	2345	1.04	
U1485A	03°06'15.85'S	142°47'57.50'E	1144.75	300.8	300.8	312.36	103.84	0.0	0	44	20	24	0	9 Nov	2345	11 Nov	1210	1.52	
U1485B	03°06'15.84'S	142°47'58.54'E	1145.34	297.7	295.7	291.18	98.47	2.0	1	46	20	26	0	11 Nov	1210	12 Nov	2125	1.39	
U1485C	03°06'15.74'S	142°47'59.91'E	1145.83	27.5	27.5	29.35	106.73	0.0	0	3	3	0	0	12 Nov	2125	13 Nov	0253	0.23	
U1485D	03°06'15.74'S	142°47'58.07'E	1144.43	63.9	62.9	68.22	108.46	1.0	1	7	7	0	0	13 Nov	0255	13 Nov	1330	0.44	
U1486A	02°22'33.75'S	144°36'07.96'E	1330.33	9.5	9.5	9.95	104.74	0.0	0	1	1	0	0	13 Nov	2321	14 Nov	0600	0.28	
U1486B	02°22'33.68'S	144°36'07.94'E	1333.83	211.2	211.2	215.49	102.03	0.0	0	23	23	0	0	14 Nov	0600	15 Nov	0250	0.87	
U1486C	02°22'34.78'S	144°36'07.98'E	1334.50	201.3	197.3	172.70	87.53	4.0	2	21	21	0	0	15 Nov	0250	16 Nov	0010	0.89	
U1486D	02°22'34.84'S	144°36'06.90'E	1334.10	186.5	162.7	166.53	102.35	23.8	1	18	18	0	0	16 Nov	0010	17 Nov	0018	1.01	
U1487A	02°19'59.99'S	144°49'16.27'E	873.93	144.2	144.2	146.43	101.55	0.0	0	16	16	0	0	17 Nov	0145	17 Nov	2040	0.79	
U1487B	02°19'59.97'S	144°49'17.40'E	873.63	144.3	144.3	148.73	103.07	0.0	0	18	14	4	0	17 Nov	2040	18 Nov	1215	0.65	
U1488A	02°02'58.91'N	141°45'28.64'E	2603.40	314.5	314.5	327.20	104.04	0.0	0	35	32	3	0	19 Nov	1800	21 Nov	1520	1.89	
U1488B	02°02'59.01'N	141°45'29.66'E	2604.40	304.9	304.9	315.77	103.57	0.0	0	33	33	0	0	21 Nov	1520	23 Nov	0140	1.43	
U1488C	02°02'57.93'N	141°45'29.74'E	2604.00	159.3	159.3	153.60	96.42	0.0	0	17	17	0	0	23 Nov	0140	24 Nov	0030	0.95	
U1489A	02°07'19.97'N	141°01'66.64'E	3419.80	9.5	9.5	9.53	100.32	0.0	0	1	1	0	0	24 Nov	0442	24 Nov	1515	0.44	
U1489B	02°07'19.84'N	141°01'67.57'E	3419.50	129.2	129.2	120.66	93.39	0.0	0	14	14	0	0	24 Nov	1515	25 Nov	1355	0.94	
U1489C	02°07'17.72'N	141°01'67.46'E	3423.68	385.6	385.6	376.35	97.60	0.0	0	42	29	2	11	25 Nov	1355	27 Nov	1900	2.21	
U1489D	02°07'17.61'N	141°01'66.51'E	3421.55	385.6	385.6	229.24	96.00	146.8	1	26	14	0	12	27 Nov	1900	29 Nov	1612	1.88	
U1490A	05°48'49.92'N	142°39'25.99'E	2341.03	382.8	382.8	367.35	95.96	0.0	0	44	27	4	13	30 Nov	1400	2 Dec	1655	2.12	
U1490B	05°48'50.07'N	142°39'26.98'E	2339.72	262.9	262.9	267.60	103.36	4.0	2	31	24	7	0	2 Dec	1655	4 Dec	0040	1.32	
U1490C	05°48'53.85'N	142°39'26.90'E	2341.27	170.0	164.0	168.24	102.59	6.0	2	18	18	0	0	4 Dec	0040	5 Dec	1942	1.79	
			Totals			7227.5	6855.3	6956.00		361.7	23	801	614	116	71				

Table T1. Expedition 363 hole summary. DSF=drilling depth below seafloor. APC=advanced piston corer, HLAPC=half-length APC, XCB = extended core barrel.

The species' classification of our chosen species to document belongs to Chromista (Kingdom), Harosa (Subkingdom), Rhizaria (Infrakingdom), Foraminifera (Phylum), Globobulimina (Class), Rotaliida (Order), Discorbinelloidea (Superfamily), Discorbinellidae (Family), Discorbinellinae (Subfamily), *Laticarinina* (Genus), *Laticarinina pauperata* (Species) (Figures 2 and 3). In according to the Encyclopedia of life, its chronostratigraphic ranges from Mioceno to Recent; its evolution and systematics show first appearance for older bound is at 28.1 million years ago (Chattiano Age), and the first appearance for younger bound is 23.03 million years ago (Aquitano Age). The last appearance (older bound) is at 3.6 million years ago (Piacenziano Age), and the last appearance (younger bound) is at 2.59 million years ago (Gelasiano Age). As they have defined limits of appearances in the past, the environmental ranges for modern habitat are wide for depth (m): 0 – 3100, temperature (°C): -1.260 - 29.191, Nitrate (umol/L): 0.038 - 42.384, Salinity (PPS): 31.836 - 36.672, Oxygen (ml/l): 0.206 - 7.696, Phosphate (umol/l): 0.047 - 3.105, and Silicate (umol/l): 1.067 - 125.649 showing its tolerance to ranges. *Laticarinina pauperata* and *Epistominella exigua* are from cool, strongly pulsed, low to intermediate organic flux, and high seasonality (Gupta and Thomas, 2003).

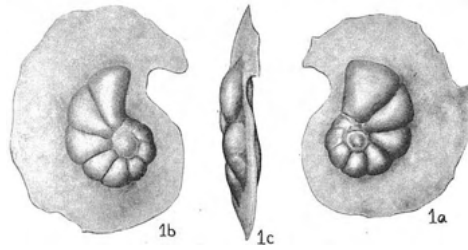


Figure 2: Views of *Laticarinina pauperata*. 1a. Spiral view; 1b. Umbilical view; 1c. Side view (Retired from Cushman, 1931).

Weinberg (1990) has studied high rates of long-term survival of deep-sea infauna in the laboratory. *Laticarinina pauperata* collected from 775 m depth in the northwest Atlantic were maintained in the laboratory for 772 days to measure their survival and the minimum estimates for survival of *L. pauperata* ranged from 0 to 67% for a 1–2 year period. This study demonstrates the tolerance of continental slope infauna in laboratory for long periods.

Oliveira et al. (2005) in Southern of Abrolhos (BA, Brazil) reefal area showed the presence of *Laticarinina pauperata* in 1.100 meters and Gupta and Thomas (2003) used benthic foraminifera biotas to trace changes in the strength and seasonality of the monsoons. During the dry northeast (boreal winter) monsoon with northeasterly winds, biological productivity in the Indian Ocean is low, providing low food to the deep-sea fauna. In contrast, the intense, wet, southwesterly winds of the southwest (boreal summer) monsoon cause widespread upwelling and high surface productivity (Banse and English, 1994; Gregg, 2002), and thus a high supply of organic particles to the seafloor. This monsoon linked productivity is extreme in the Arabian Sea, but it is also high in the Bay of Bengal, as visible in satellite images collected by the Coastal Zone Color Scanner and SeaWiFS (<http://bluefin.gsfc.nasa.gov/chi/level3.pl>). Deep-sea benthic foraminifera are sensitive to both the total export flux of food to the seafloor and its seasonality (Smart et al., 1994; Jannink et al., 1998; Loubere and Fariduddin, 1999; Ohkushi et al., 2000).

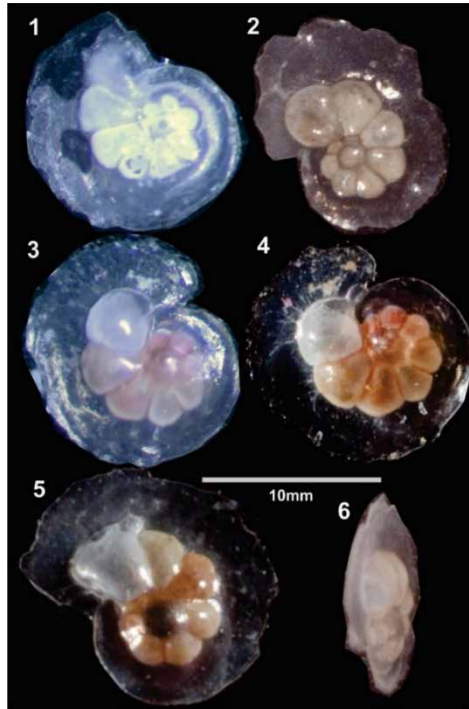


Figure 3. Different views of *Laticarinina pauperata*. 1. Spiral view of a Miocene form of *L. pauperata* found in 23 million years ago. 2. Umbilical view of a modern dead specimen found in 1022.77 m depth. 3. Umbilical view of modern living specimen in 1022.77 m. 4. Umbilical view of modern living specimen in 3421 m depth. 5. Spiral view of a modern living specimen in 3421 m depth. 6. Side view of the modern dead specimen found in 3421 m depth.

## DISCUSSION

Recovery of expanded upper Pleistocene sequences provide the opportunity to reconstruct climate variations with exceptional resolution comparable to that of ice cores, North Atlantic sediment drifts and Southeast Asian speleothem records (Thompson, et al., 1989). The late Miocene to early Pliocene interval is interesting because it offers an unmatched opportunity to explore climate-carbon cycle dynamics in a warmer-than-today Earth, to investigate the impact of the WPWP on the Australian Monsoon, the ITF and zonal equatorial Pacific processes (e.g. past El-Niño), and to help guide models and constrain predictions of climate change and sensitivity. Furthermore, spanning a large range of water depth, the sites allow reconstruction of the thermocline and intermediate water contributions from the Northern and Southern Hemispheres to the low-latitude inter-ocean exchange through the Indonesian through Flow (ITF), as well as monitoring of water mass changes in response to tectonic- and/or climate-related processes.

The wide spatial distribution of the nine studied cores, variable accumulation rates, and exceptional biostratigraphy and paleo magnetic age constraints and mostly excellent



foraminifer preservation will allow us to retrace the evolution of the WPWP through the Neogene at different temporal resolutions.

Specifically, the high sedimentation rate cores at PNG will allow us to better constrain mechanisms influencing millennial-scale variability in the WPWP, links to high-latitude climate, and implications for temperature and precipitation variations in this region under variable boundary conditions. The high accumulation rate sites off PNG offer the opportunity to study climate variability during previous warm periods at a similar resolution as for the Holocene.

Here we show the excellent preservation and the remarkable physical tolerance that of *Laticarinina pauperata* have to higher physical pressure in water and in sediment columns showing its presence in all depths with occurrence from late Oligocene (~24 million years ago) to Recent. The presence of this species under this huge physical pressure is amazing. Imagine 3000 m of water plus 500 m of sediment? Imagine the amount of perpendicular force applied to the surface of this species per unit area? The pressure a liquid exerts depends on its depth. This pressure in open conditions usually can be approximated as in “static” or non-moving conditions (even in the ocean where there are waves and currents), because the motions create only negligible changes in the pressure. Besides that, foraminiferal tests can suffer taphonomic process known as diagenesis. The diagenesis is the change of sediments or sedimentary rocks into a different sedimentary rock during and after rock formation (lithification), at temperatures and pressures less than that required for the formation of metamorphic rocks. After deposition, sediments are compacted as they are buried beneath successive layers of sediment and cemented by minerals that precipitate from solution. Grains of sediment, rock fragments and fossils can be replaced by other minerals during diagenesis.

If preservation of foraminiferal species is good, these data can be very interesting tool to understand both natural and geomorphologic evolution and changes. Data on the fluctuations of “warm” benthic species (*Laticarinina pauperata*, *Cibicidoides kullenbergi*, *C. robertsonianus*, *Cibicidoides sp.*, *Hoeglundina elegans*, and *Bulimina aculeata*) compared to “cool” species group (*Pyrgo murrhina*, *Cibicidoides wuellerstorfi*, *Uvigerina peregrina*, and *Globobulimina hoeglundi*) for example can evidence interglacial and glacial cycles. This is an interesting view and we intend to look further on this subject in a low-resolution approach after we first document the omnipresence of this infaunal species.

## CONCLUSION

The late Miocene to early Pliocene interval offers an opportunity to explore climate-carbon cycle dynamics in a warmer-than-today Earth. Sites allow reconstruction of the thermocline and intermediate water contributions from the Northern and Southern Hemispheres. The high accumulation rate sites off PNG offer the opportunity to study

climate variability during previous warm periods at a similar resolution as for the Holocene. *Laticarinina pauperata* is tolerant to high physical pressure in water and in sediment columns showing its presence in all depths with occurrence from late Oligocene (~24 million years ago) to Recent. Fluctuations of “warm” benthic species (*Laticarinina pauperata*, *Cibicoides kullenbergi*, *C. robertsonianus*, *Cibicoides sp.*, *Hoeglundina elegans*, and *Bulimina aculeata*) compared to “cool” species group (*Pyrgo murrhina*, *Cibicoides wuellerstorfi*, *Uvigerina peregrina*, and *Globobulimina hoeglundi*) evidence interglacial and glacial cycles.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This research used samples collected by the Ocean Drilling Program (ODP) and provided by the International Ocean Discovery Program (IODP). ODP and IODP are sponsored by the U.S. National Science Foundation (NSF) and participating countries. We are thankful for the Project Geohazards and Tectonics - A Influência de zonas de fratura na reativação de margens passivas: Margem Equatorial Brasileira (CAPES Grant 88887.091714/2014-01, IODP Program). Research was also supported by IODP/CAPES Brazil fellowship granted to PE to go on board of the Research Vessel Joides Resolution. Eichler also thanks CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) through the Project “Processos oceanográficos na quebra da plataforma continental do nordeste brasileiro: fundamentos científicos para o planejamento espacial marinho (Edital Ciências do Mar 2 n°43/2013, 23038.004320/2014-11) for the Post Doc Fellowship at the Moss Landing Marine Laboratories of the San Jose State University and at the Ocean Sciences Department of the University of California at Santa Cruz. H. Vital and M.P. Gomes thanks CNPq for their research fellowships PQ n° 315742/2020-8, and n° 302483/2019-5. Special thanks go to EcoLogic Project for the manuscript detailed editing.

## REFERENCES

- Carolin, S.A., Cobb, K.M., Adkins, J.F., Clark, B., Conroy, J.L., Lejau, S., Malang, J., and Tuen, A.A., 2013. Varied response of Western Pacific hydrology to climate forcings over the last glacial period. *Science*, 340(6140):1564–1566.
- Cushman, J.A. 1931. The Foraminifera of the Atlantic Ocean. Part 8. Rotaliidae, Amphisteginidae, Calcarinidae, Cymbaloporetidae, Globorotaliidae, Anomalinidae, Planorbulinidae, Rupertiidae and Homotremidae. *Bull. U.S. Natl. Mus.* 104.
- Fedorov A.V., S.G. Philander, 2000. Is El Nino Changing? *Science*, 288: 1997-2002. Rasmusson, E.M., and Arkin, P.A., 1993. A global view of large-scale precipitation variability. *Journal of Climate*, 6(8):1495–1522.
- Pierre humber, 2000. Climate change and the tropical Pacific: the sleeping dragon wakes, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 97(4): 1355-1358.

Tachikawa, K., Cartapanis O., Vidal, L., Beaufort, L., Barlyaeva, T., and Bard, E., 2011. The precession phase of hydrological variability in the Western Pacific Warm Pool during the past 400 ka, *Quaternary Science Reviews*, 30, 3716-3727.

Wang, Y.J. et al., 2001. A high-resolution absolute-dated late Pleistocene Monsoon record from Hulu Cave, China, *Science*, 294, 2345-2348.

Gupta, A. K., and Thomas, E. 2003. Initiation of Northern Hemisphere glaciation and strengthening of the northeast Indian monsoon: Ocean Drilling Program Site 758, eastern equatorial Indian Ocean. *Geology* 31.1 (): 47-50.

King, S.C., Kemp, A.E., Murray, J.W., 1995. Benthic foraminifer assemblages in Neogene laminated diatom ooze deposits in the eastern equatorial Pacific Ocean (Site 844). In: Mayer, L.A., Pisias, N.G., Janecek, T.R., Palmer-Julson, A., van Andel, T.H. (Eds.), *Proc. Ocean Drill. Prog., Sci. Results* vol. 138, 665 – 673. Sedimentary facies and high resolution primary production inferences from laminated diatomaceous sediments off northern Chile (23°S) (PDF)

Loeblich, A.R., Jr. y Tappan, H. (1987). *Foraminiferal general and their classification*. Van Nostrand Reinhold Company (ed.), 2 vol., 1-970, 1-212 + 847 láminas.

Loeblich, A.R., Jr. y Tappan, H. (1992). *Present Status of Foraminiferal Classification*. *Studies in Benthic Foraminifera en Benthos'90, Sendai (1990)*, Tokai University Press, 93-102.

Oliveira-Silva, P., Barbosa, C. F. and Soares-Gomes, A. "Distribution of macrobenthic foraminifera on Brazilian Continental margin between 18°S–23°S." *Revista Brasileira de Geociências* 35.2 (2016): 209-216.

Encyclopedia of the Life, <http://eol.org/> World Modern Foraminifera Database, <http://www.marinespecies.org/foraminifera/index.php>

Gross, O. (2001). Foraminifera, in: Costello, M.J. et al. (Ed.) (2001). *European register of marine species: a checklist of the marine species in Europe and a bibliography of guides to their identification*. *Collection Patrimoines Naturels*, 50: pp. 60-75

Loeblich, A.R., Tappan, H. (1988). *Foraminiferal Genera and their Classification*. Van Nostrand Reinhold Company, New York. 970pp.

Lutze, G.F. 2007. Benthic Foraminifera at Site 397: Faunal Fluctuations and Ranges in the Quaternary. doi:10.2973/dsdp.proc.47-1.111.1979DSDP Volume XLVII Part 1.

Gross, O. (2001). Foraminifera, in: Costello, M.J. et al. (Ed.) (2001). *European register of marine species: a check-list of the marine species in Europe and a bibliography of guides to their identification*. *Collection Patrimoines Naturels*, 50: pp. 60-75

Sen Gupta, B. K. L. E. Smith, and M. L. Machain-Castillo. 2009. Foraminifera of the Gulf of Mexico, Pp. 87–129 in Felder, D.L. and D.K. Camp (eds.), *Gulf of Mexico—Origins, Waters, and Biota*. Biodiversity. Texas A&M Press, College Station, Texas.

Thompson, L.G., Mosley-Thompson, E., Davis, M.E., Bolzan, J.F., Dai, J., Klein, L., Yao, T., Wu, X., Xie, Z. and Gundestrup, N., 1989. Holocene—late Pleistocene climatic ice core records from Qinghai-Tibetan Plateau. *Science*, 246(4929), pp.474-477.

Weinberg J.R. 1990. High rates of long-term survival of deep-sea infauna in the laboratory, *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, Volume 37, Issue 8, Pages 1375-1379, ISSN 0198-0149, [http://dx.doi.org/10.1016/0198-0149\(90\)90049-2](http://dx.doi.org/10.1016/0198-0149(90)90049-2).

(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0198014990900492>)

Gross, O. (2014). *Laticarinina pauperata*. In: Hayward, B.W., Cedhagen, T., Kaminski, M., Gross, O. (2014) *World Foraminifera Datab* Thompson, L.G., Mosley-Thompson, E., Davis, M.E., Bolzan, J.F., Dai, J., Klein, L., Yao, T., Wu, X., Xie, Z. and Gundestrup, N., 1989. Holocene—late Pleistocene climatic ice core records from Qinghai-Tibetan Plateau. *Science*, 246(4929), pp.474-477.

Rosenthal, Y., Holbourn, A., Kulhanek, D.K., and the Expedition 363 Scientists, 2007. Expedition 363 Preliminary Report: Western Pacific Warm Pool. International Ocean Discovery Program. <http://dx.doi.org/10.14379/iodp.pr.363.2017>

# CAPÍTULO 4

## AÇÕES DE EDUCAÇÃO EM SAÚDE VOLTADAS AO ADOLESCENTE: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA

Data de aceite: 01/09/2021

Data de submissão: 10/08/2021

### **Maria Aliny Pinto da Cunha**

Instituto de Ensino Superior Múltiplo – IESM  
Timon, MA  
<http://orcid.org/0000-0002-0153-5547>

### **Elizângela Pereira da Silva Santos**

Instituto de Ensino Superior Múltiplo – IESM  
Timon, MA  
<http://orcid.org/0000-0002-9855-5324>

### **Aclênia Maria Nascimento Ribeiro**

Universidade Federal do Piauí – UFPI  
Teresina - PI  
<https://orcid.org/0000-0002-5582-9663>

### **Maryanne Marques de Sousa**

Hospital Universitário da Universidade Federal  
do Piauí – HU/UFPI  
Teresina-PI  
<https://orcid.org/0000-0001-9302-8499>

### **Daniele Delarmino Sousa e Silva**

Centro Universitário UNINIVAFAPI  
Teresina - PI  
<http://lattes.cnpq.br/3561087569628026>

### **Felipe de Sousa Moreiras**

Universidade Federal do Piauí – UFPI  
Floriano-PI  
<https://orcid.org/0000-0002-8703-1429>

### **Amanda Patrícia Chaves Ribeiro**

Faculdade Integral Diferencial - Facid DeVry  
Teresina-PI  
<http://lattes.cnpq.br/6059592886926287>

### **Samara Laís Carvalho Bezerra**

Faculdade Santo Agostinho  
Teresina - PI  
<http://lattes.cnpq.br/1699217671189995>

### **Jardilson Moreira Brilhante**

Universidade Federal do Piauí – UFPI  
Teresina, PI  
<http://lattes.cnpq.br/4311861743837657>

### **Amália Maria Macêdo de Miranda Almendra**

Centro Universitário UNINIVAFAPI  
Teresina, PI  
<http://lattes.cnpq.br/1362606020991188>

### **Luciana Spindola Monteiro Toussaint**

Fundação Municipal de Saúde – FMS  
Teresina-PI  
<http://lattes.cnpq.br/4702187315122289>

### **Ravena de Sousa Alencar Ferreira**

Universidade Federal do Piauí – UFPI  
Teresina-PI  
<http://lattes.cnpq.br/4928044151147868>

**RESUMO: Introdução:** A adolescência refere-se a um período complexo, com transformações físicas, sociais, cognitivas e psicológicas resultantes de ajustamentos às construções históricas e sociais. **Objetivo:** Relatar a experiência de acadêmicos de enfermagem na realização de práticas de educação e saúde voltadas a adolescentes. **Metodologia:** Trata-se de um estudo descritivo, de abordagem qualitativa, do tipo relato de experiência, que visou compartilhar vivências de acadêmicos enfermagem durante o desenvolvimento de

um projeto denominado “Jovem antenado”, que foi concretizado em uma escola da rede pública do município de Timon, MA. **Resultados:** Foi possível promover ações de educação em saúde por meio de palestras e dinâmicas sobre as temáticas de suicídio e valorização da vida, sexualidade e automutilação, buscando levar conhecimento e informação para os adolescentes. A realização do projeto foi bastante significativa, pois possibilitou explorar um campo ainda pouco conhecido pelas autoras e ainda deficiente na enfermagem, que é o da educação em saúde no meio escolar. No desenvolvimento do projeto, notou-se as dificuldades e satisfações relacionadas à educação dos adolescentes, sendo os mesmos um público que apresenta grande singularidade. **Conclusão:** O projeto foi de grande significância, tanto para as acadêmicas, que praticaram a educação em saúde, percebendo a carência desse tipo de ação nas escolas, como para os adolescentes, na aquisição de informação e conhecimento sobre os temas abordados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adolescentes; Promoção da saúde; Educação em saúde.

## HEALTH EDUCATION ACTIONS FOR TEENAGERS: A REPORT OF EXPERIENCE

**ABSTRACT: Introduction:** Adolescence refers to a complex period, with physical, social, cognitive and psychological changes resulting from adjustments to historical and social constructions. **Objective:** To report the experience of nursing students in carrying out educational and health practices aimed at adolescents. **Methodology:** This is a descriptive study, with a qualitative approach, of the experience report type, which aimed to share the experiences of nursing students during the development of a project called “Young tuned”, which was implemented in a public school in the city of Timon, MA. **Results:** It was possible to promote health education actions through lectures and dynamics on the themes of suicide and valuing life, sexuality and self-mutilation, seeking to bring knowledge and information to adolescents. The realization of the project was very significant, as it made it possible to explore a field still little known by the authors and still deficient in nursing, which is health education in the school environment. In the development of the project, the difficulties and satisfactions related to the education of teenagers were noted, as they are a public with great uniqueness. **Conclusion:** The project was of great significance, both for academics, who practiced health education, realizing the lack of this type of action in schools, and for adolescents, in the acquisition of information and knowledge on the topics covered.

**KEYWORDS:** Adolescents; Health promotion; Health education.

## 1 | INTRODUÇÃO

A adolescência refere-se a um período complexo, com transformações físicas, sociais, cognitivas e psicológicas resultantes de ajustamentos às construções históricas e sociais. Dentre as transformações físicas a puberdade é um importante fenômeno biológico, sendo caracterizada pelo início das mudanças hormonais iniciando um novo ciclo de vida e experiências, traduzidas na afetividade e nos comportamentos sexuais (WHO, 2015; KAR; CHOUDHARY; SINGH, 2015).

Nesse sentido, o adolescente, a partir do momento em que se coloca como sujeito

ativo neste processo, se torna multiplicador, assegurando a construção conjunta do conhecimento. Desse modo, é de se esperar que o conhecimento construído com esses sujeitos continuem a ser construídos com a comunidade, podendo provocar um importante impacto social (BAUMFELD, 2012).

Os conhecimentos e comportamentos sexuais inseguros dos adolescentes, impulsionados por acontecimentos sócias têm contribuído para a fragilização de uma geração de adolescentes e jovens. Assim, a abordagem do conhecimento sobre saúde sexual e reprodutiva tornou-se extremamente importante tema de saúde pública e tema de debates com necessidades de estratégias intersectoriais para o enfrentamento desta problemática (GONÇALVES et al., 2015).

As questões emocionais presentes nesta fase também são influenciadoras no bem estar desses indivíduos, exigindo abordagens bastante complexas, como as de temáticas referentes ao suicídio, onde tem-se verificado nos últimos anos, o aumento de casos em jovens e adolescentes, sendo este segundo grupo acometido por causas mais violentas (BARROS et al., 2006). A adolescência consiste em momento da vital em que o indivíduo passa por muitas modificações biológicas e psicológicas, que, em regra, trazem consigo momentos de sofrimento, conflito e angústia, o que pode ocasionar o desenvolvimento de enfermidades, tornando-os, inclusive, mais tendenciosos a cometer o suicídio (BATISTA; MARANHÃO; OLIVEIRA, 2018).

O enfermeiro encontra na escola, um cenário privilegiado do cuidar, assim faz-se necessário a inserção da enfermagem neste ambiente para ensejar uma reflexão-ação sobre as temáticas por meio de uma educação libertadora e práticas emancipatórias, em que o sujeito seja ativo na busca de adequados hábitos de vida (GUBERT, 2009).

Portanto, são necessárias intervenções educacionais realizadas por profissionais de saúde e sobretudo os pais para compreender as transformações na adolescência e a abordem nos contextos em que vivem. Assim, tais percepções contribuirão no planejamento de ações e implementação de políticas que proporcionem o desenvolvimento físico e social saudável do adolescente (KAR; CHOUDHARY; SINGH, 2015).

Em vista disto, o objetivou-se com este estudo, relatar a experiência de acadêmicos de enfermagem na elaboração de práticas em educação e saúde voltadas a adolescentes de uma escola da rede pública, com foco nas temáticas sobre suicídio e a valorização da vida, sexualidade e automutilação.

## 2 | METODOLOGIA

Trata-se de um estudo descritivo, de abordagem qualitativa, do tipo relato de experiência, que visa compartilhar vivências de acadêmicos enfermagem na elaboração de práticas em educação em saúde de um projeto denominado “Jovem Antenado”, realizado na disciplina de Sistematização da Assistência de Enfermagem à Saúde do Adolescente,

ocorrido entre agosto e novembro de 2017, em uma escola de rede pública no município de Timon (MA), para alunos na faixa-etária entre 13 e 18 anos e do sexto ao nono ano.

O desenvolvimento do projeto deu-se por três etapas, que foram: elaboração do projeto escrito, execução das práticas, e análise dos resultados. A primeira etapa ocorreu no mês de agosto, onde, ainda em sala de aula, as acadêmicas escolheram a escola a ser realizada as ações, traçaram os objetivos do trabalho e realizaram uma busca na literatura em bases de dados eletrônicas, referentes aos seguintes temas propostos: suicídio e a valorização da vida, sexualidade e automutilação.

A segunda etapa realizada seria a de execução, e ocorreu nos meses de setembro e outubro onde, as acadêmicas dirigiram-se à escola escolhida para realizar a abordagem dos temas propostos, utilizando-se de palestras, jogos, dinâmicas e gincanas, além de material de apoio, como: slides, vídeos, cartazes, folhetos, músicas, próteses de órgãos genitais, preservativos e alguns brindes, visando chamar a atenção e passar as informações de forma mais eficaz possível aos alunos. A terceira etapa consistiu na análises de todos os resultados obtidos, consolidando assim o projeto.

Esse estudo não necessitou de aprovação no Comitê de Ética em Pesquisa, pois é relativo a uma situação e experiência das próprias autoras. No entanto, salienta-se que durante todo o seu desenvolvimento, foram considerados os preceitos éticos da Resolução n.º 466/12.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A execução do projeto deu-se na segunda etapa de sua realização, onde foram abordados assuntos pertinentes à educação em saúde para adolescentes de três turmas de uma mesma escola da rede pública, contudo, em dias, horários e séries diferentes. As temáticas enfatizadas foram: suicídio e a valorização da vida, sexualidade e automutilação.

O primeiro tema abordado, “Suicídio e a valorização da vida”, foi realizado em duas turmas de oitavo ano. Como introdução à atividade, fez-se uma pergunta inicial aos alunos: “O que é suicídio?”. No primeiro momento, demonstraram-se envergonhados ou duvidosos para responder, contudo, bastou iniciar as respostas, que os demais passaram a interagir. Notou-se uma participação bastante proveitosa dos alunos a cada questionamento ou explicação, o que possivelmente esteja relacionado ao fato da temática ser bastante presente, principalmente na faixa-etária de 15 a 19 anos (MOREIRA; BASTOS, 2015; SOUSA et al., 2017).

Para Meneghel et al. (2004), o que nota-se é que ainda há um esforço muito grande focado em desvincular o tema suicídio ao tabu que foi criado, e voltar ações a esse problema de saúde pública que atinge uma grande quantidade de pessoas. Esse aumento de casos, vem estimulando as políticas públicas de saúde, com o intuito de conscientizar a população sobre a importância de práticas que visem a prevenção. Assim, quanto mais



houver discussão sobre esse problema, menos casos de suicídio ocorrerão (MULLER; PEREIRA; ZANON, 2017).

Percebeu-se a grande importância da discussão deste tema com adolescentes, visto que esses jovens passaram a conhecer as causas que levam uma pessoa a cometer o suicídio, podendo assim ser evitado. Os adolescentes também conheceram entidades e locais que fornecem ajuda a alguém que esteja passando por problemas emocionais, inclusive, até alguns dos que estivessem ali presentes.

A segunda palestra desenvolvida teve como temática “Sexualidade”, focando na fase de descoberta do próprio corpo, identidade sexual e métodos contraceptivos. A turma escolhida pela diretora seria uma de 7º ano, e com o total de 19 alunos.

Como início da atividade, foi realizado uma palestra a respeito do corpo e suas transformações, utilizando como principal material de apoio alguns slides com fotos retratando tais mudanças. Notou-se, durante a apresentação das imagens, uma certa “euforia” por parte dos alunos, principalmente quando se trata de fotos demonstrando órgãos genitais e suas modificações durante a adolescência. Tal atitude leva-se a crer que com esses adolescentes pouco se foi abordado assuntos relacionados a sexualidade, ou o feito de forma insatisfatória, tanto na escola, como no ambiente familiar.

Em relação ao enfoque histórico sobre a sexualidade, sexo e educação sexual, nota-se que ainda há toda uma moral conservadora no meio familiar e social, o que faz com que o assunto seja pouco falado, dificultando ações com esse enfoque. Para que ocorra um avanço, é necessário que discursos repressores e moralistas sejam quebrados, e para isso, é preciso uma transformação sensibilizadora para propostas oficiais de educação sexual (SFAIR; BITTAR; LOPES, 2015).

O adolescente, quando não tem a abordagem correta de sexualidade, acaba por buscar modelos externo, como os da mídia, que o induzem a adotar modelos padrões de comportamentos sexuais, que nem sempre são o correto. Por essas informações distorcidas, que podem ser provocar agravos bastantes danosos, como gravidez ou IST's (PAGNUSSATTI; SOARES, 2009; RAMPELOTTO et al., 2015).

Em um estudo, evidenciou-se a falta de conhecimento de adolescentes do sexo masculino em relação à sexualidade e seu próprio corpo, inclusive, em relação ao corpo da parceira. Essa desinformação acaba reforçando a criação mitos, crenças e tabus (ALBUQUERQUE et al., 2014). Fato que justifica a atitude dos alunos nessa palestra.

A terceira palestra teve como temática “Automutilação” e foi ministrada para 28 alunos. Foi com perguntas impactantes que essa palestra teve início, sendo indagado aos alunos se concordavam que a automutilação era modismo, ou se achavam que se tratava de questões psicológicas relacionadas á depressão. Foi questionado também o porquê das pessoas se automutilarem, e qual era o papel da família e dos amigos na vida dessas pessoas.

Contudo, a automutilação vai muito além da simples atitude de “chamar atenção”,

podendo trazer grandes consequências para a vida de um adolescente, e ser extremamente danosa e incapacitante se perpetuada durante a vida adulta. A automutilação está relacionada à forma disfuncional de enfrentar problemas do cotidiano, praticada por pessoas, em especial adolescentes, que pouco desenvolvem estratégias de enfrentamento, tendo dificuldades de regulação de afeto (ALMEIDA et al., 2018).

É importante salientar que a automutilação não está relacionada apenas à realização de cortes pelo corpo, mas também a puxões de cabelo, queimaduras, autoespancamento, perfurações, mordidas entre outros, que podem ser tanto superficiais, como moderadas ou profundas, sem que aja necessariamente intenção de suicídio (VILHENA; PRADO, 2015; CEDARO; NASCIMENTO, 2013).

## 4 | CONCLUSÃO

A realização do projeto Jovem Antenado foi bastante significativa, pois possibilitou explorar um campo ainda pouco conhecido pelas autoras e ainda deficiente na enfermagem, que é o da educação em saúde no meio escolar. No desenvolvimento do projeto, notou-se as dificuldades e satisfações relacionadas à educação dos adolescentes, sendo os mesmos um público que apresenta grande singularidade.

Percebeu-se que há uma necessidade de ser abordados temas como os tais no ambiente escolar, principalmente voltado aos adolescentes, que estão em um período de descoberta de sua identidade e personalidade, sendo mais facilmente influenciados pelo seu meio social. Assim, é preciso que os profissionais da saúde, junto com professores e a família, promovam discussões e levem conhecimento e informação a esses alunos, pois somente com a educação serão amenizados os riscos tão presentes nessa faixa-etária da vida.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, G. A. et al. Saberes e práticas sexuais de adolescentes do sexo masculino: impactos na Saúde. **R. Enferm. Cent. O. Min.** v. 4, n. 2, p. 1146-1160, 2014.

ALMEIDA, R. S. et al. A prática da automutilação na adolescência: o olhar da psicologia escolar/educacional. **Ciências Humanas e Sociais.** v. 4, n. 3, p. 147-160, 2018.

BARROS, A. P. R. et al. As representações sociais da depressão em adolescentes no contexto do ensino médio. **Revista Estudos de Psicologia.** v. 23, n. 1, 2006.

BATISTA, M. D.; MARANHÃO, T. L. G.; OLIVEIRA, G. F. Suicídio em jovens e adolescentes: uma revisão acerca do comportamento suicida, sua principal causa e considerações sobre as formas de prevenção. **Rev.Mult. Psic.** v.12, n. 40, p.705- 719, 2018.

BAUMFELD, T. S. Autonomia do cuidado: interlocução afetivo-sexual com adolescentes no PET-Saúde. **Rev Bras Educ Med.** v. 36, n. 1, p. 71-80, 2012.

CEDARO, J. J.; NASCIMENTO, J. P. G. Dor e gozo: relatos de mulheres jovens sobre automutilações. **Psicologia USP**. v. 24, n. 2, p. 203-223, 2013.

GONÇALVES, H. et al. Início da vida sexual entre adolescentes (10 a 14 anos) e comportamentos em saúde. **Rev Bras Epidemiol**. v. 18, n. 1, p. 25–41. 2019.

GUBERT, F. A. Tecnologias educativas no contexto escolar: estratégia de educação em saúde em escola pública de Fortaleza-CE. **Rev Eletrônica Enferm**. v. 11, n. 1, p. 165-172. 2009.

KAR, S. K.; CHOUDHARY, A.; SINGH, A. P. Understanding normal developmet of adolescent sexuality: A bumpy ride. **J Hum Reprod Sci**. v. 8, n. 2, p. 70–74. 2015.

MENEGHEL, S. N. et al. Características epidemiológicas do suicídio no Rio Grande do Sul. **Rev Saude Publica**. v. 38, n. 6, p. 804-810, 2004.

MOREIRA, L. C. O.; BASTOS, P. R. H. O. Prevalência e fatores associados à ideação suicida na adolescência: revisão de literatura. **Revista da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional**. v. 11, n. 3, p. 445-453, 2015.

MÜLLER, A. S.; PEREIRA, G.; ZANON, R. B. Estratégias de prevenção e pósvenção do suicídio: Estudo com profissionais de um Centro de Atenção Psicossocial. **Revista de Psicologia da IMED**. v. 9, n. 2, p. 6-23, 2017.

PAGNUSSATTI, V. B. H.; SOARES, A. S. F. **Os discursos da mídia: suas múltiplas leituras como propulsores da sexualidade precoce e gravidez na adolescência**. Prêmio Professores do Brasil: Séries Finais. 4ª. Edição, Brasília, DF, 2009.

RAMPELOTTO, R. F. et al. **Educação em saúde na adolescência: uma experiência acadêmica com alunos de escola pública**. In: Anais Sal Int Ens Pesq Ext. v. 7, n. 3, p. 4860-4861, 2015.

SFAIR, S. C.; BITTAR, M.; LOPES, R. E. Educação sexual para adolescentes e jovens: mapeando proposições oficiais. **Saúde Soc**. v. 24, n. 2, p. 620-632, 2015.

SOUSA, G. S. et al. Revisão de literatura sobre suicídio na infância. **Ciência & Saúde Coletiva**. v. 22, n. 9, p. 3099-3110, 2017.

VILHENA, M.; PRADO, Y. Z. C. Dor, angústia e automutilação em jovens -considerações psicanalíticas. **Adolesc. Saude**. v. 12, n. 2, p. 94-98, 2015.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Helth Topics. **Adolescent health**. 2015 Disponível em: [http://who.int/topics/adolescent\\_health/en/](http://who.int/topics/adolescent_health/en/). Acesso em: 15 de fev. 2019.

## BENTHIC FORAMINIFERA ASSOCIATED TO THE NORTHEAST COASTAL SHELF OF BRAZIL

Data de aceite: 01/09/2021

Data de submissão: 07/06/2021

### Patrícia Pinheiro Beck Eichler

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Campus Universitário Natal, RN, Brazil  
EcoLogic Project, 5610 Scotts Valley Drive California, United States  
<https://orcid.org/0000-0003-2938-5461>

### Christofer Paul Barker

EcoLogic Project, 5610 Scotts Valley Drive California, United States  
<https://orcid.org/0000-0003-4992-5218>

### Moab Praxedes Gomes

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Campus Universitário Natal, RN, Brazil  
<https://orcid.org/0000-0003-0836-1073>

### Helenice Vital

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Campus Universitário Natal, RN, Brazil  
<https://orcid.org/0000-0003-0462-9028>

**ABSTRACT:** The benthic foraminifera species are sensitive to environmental conditions being used in the reconstruction of ancient sedimentation environments as indicators of sea level changes in continental margins. Our objective is to describe the biogenic sediments, collected at the sediment-water interface of

marine environments considered fragile in the Potiguar basin. The characterization of reef areas and incised valleys in the Potiguar Basin aims to present bioindicators of different oceanographic and geological parameters of environmental quality. The interest in characterizing this feature is given by the indications it can provide on sea level variations, as well as the possibility of harboring economically significant quantities of hydrocarbons in reservoirs located in the filling deposits of the incised valleys. Four qualitative description samples were collected at the sediment-water interface of marine environments considered fragile in the Potiguar basin, mainly in Pirangi, Maracajaú and Açu. More diverse and dominant species were found belonging to the suborder Miliolina (imperforate shell), Rotaliina (perforated shell), and species with lesser dominance belonging to the Textularina suborder (agglutinated), which reflect the high hydrodynamics of the environment. In the inner platform, differences can be observed between the shallow part with the presence of *Ammonia tepida*, *Buccella peruviana*, *Miliolinella subrotunda*, *Quinqueloculina patagonica*, and in deeper parts of the channel and middle shelf we observe the presence of *Bolivina striatula*, *Bulimina marginata*, *Triloculina trigonula*, *Pyrgo ringens*, *Textularia gramen*, and in the deeper inner shelf the species *Quinqueloculina lamarckiana*, *Textularia earlandi*, *Buliminella elegantissima*, *Discorbis sp.*, *Pyrgo nasuta* occur. The distribution of *Uvigerina striata* is probably related to cooler waters and possibly the occurrence of upwelling phenomena from deeper to shallower sites, not yet described in

the literature, and probably more related to cold water intrusion rather than sedimentological characteristics.

**KEYWORDS:** Bioindicators, sensitive, oceanographic, geological, environmental quality.

**RESUMO:** As espécies de foraminíferos bentônicos são sensíveis às condições ambientais, sendo utilizadas na reconstrução de antigos ambientes de sedimentação como indicadores das mudanças do nível do mar nas margens continentais. Nosso objetivo é descrever os sedimentos biogênicos, coletados na interface sedimento-água de ambientes marinhos considerados frágeis na bacia Potiguar. A caracterização de áreas recifais e vales incisos na Bacia Potiguar visa apresentar bioindicadores de diferentes parâmetros oceanográficos e geológicos de qualidade ambiental. O interesse em caracterizar essa característica se dá pelas indicações que ela pode fornecer sobre as variações do nível do mar, bem como pela possibilidade de abrigar quantidades economicamente significativas de hidrocarbonetos em reservatórios localizados nos depósitos de enchimento dos vales incisos. Quatro amostras descritivas qualitativas foram coletadas na interface sedimento-água de ambientes marinhos considerados frágeis na bacia Potiguar, principalmente em Pirangi, Maracajaú e Açu. Espécies mais diversas e dominantes foram encontradas pertencentes à subordem Miliolina (concha imperfurada), Rotaliina (concha perfurada) e espécies com menor dominância pertencentes à subordem Textularina (aglutinada), que refletem a alta hidrodinâmica do ambiente. Na plataforma interna, diferenças podem ser observadas entre a parte rasa com a presença de *Ammonia tepida*, *Buccella peruviana*, *Miliolinella subrotunda*, *Quinqueloculina patagonica*, e nas partes mais profundas do canal e da plataforma média observamos a presença de *Bolivina striatula*, *Bulimina marginata*, *Ocorrem Triloculina trigonula*, *Pyrgo ringens*, *Textularia gramen* e, na plataforma interna mais profunda, as espécies *Quinqueloculina lamarckiana*, *Textularia earlandi*, *Buliminella elegantissima*, *Discorbis* sp., *Pyrgo nasuta*. A distribuição de *Uvigerina striata* está provavelmente relacionada a águas mais frias e possivelmente à ocorrência de fenômenos de ressurgência de locais mais profundos para mais rasos, ainda não descritos na literatura e provavelmente mais relacionados à intrusão de água fria do que a características sedimentológicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bioindicadores, sensível, oceanografia, geologia, qualidade ambiental.

## INTRODUCTION

The composition of the benthic foraminiferal communities of the ocean floor reflects the oceanographic, trophic and sedimentological characteristics of the environment (Mackensen et al., 1995; Schmiedl et al., 1997a, b) emphasizing the environmental changes of short periods; and reacting sensitively to seasonal variations and anthropic effects. Either the presence or absence of species in different bathymetric intervals, in temperature, as well as the frequency of species of benthic or plankton habit, makes possible to detect the movement of water bodies in the continental margin (Schnitker, 1974; Murray, 1991), and to detect water masses interaction (Lutze and Coulbourn, 1984; Chendes et al., 2004; Eichler et al., 2016). The sensitivity of foraminifera to environmental conditions coupled with the specific characteristics of their faunal associations (Murray, 1991; Mackensen et al., 1995) allows

them to be used for reconstruction and interpretation of ancient sedimentation environments as indicators of sea level changes (Gehrels, 2000, Edwards et al., 2004, Horton & Edwards, 2005). Works that relates the distribution of these fossil indicators to characterize different environments in terms of salinity, temperature and sedimentological characteristics and water masses, as well as different degrees of industrial pollution and organic contamination and their fossilization potential provides data for paleoceanography and paleoclimatology reconstructions of a region. In the southern Brazilian continental margin, Lohman (1978), Kowsmann & Costa (1979) and Arz et al. (1999) initially carried out this kind of work. Through the study of salinity, temperature, pH, dissolved oxygen, granulometry, and benthic population dynamics, they highlight possible areas of deposition of contaminants. The deposition of contaminants in inner shelves threatens beachgoers health, since contaminant occurrence indicates the presence of bacteria that cause diseases such as typhoid, dysentery, hepatitis A, and cholera. In Laguna's inner shelf the presence of fecal coliforms and the foraminiferal species *Buccella peruviana* were found to be indicative of the domestic sewage deposit with associated bacterial proliferation by Eichler et al. (2012), for example.

The objective of this article is to describe the foraminifera species that occur in several microhabitats collected on the seabed at the sediment-water interface of marine environments in the Northeast coastal shelf. The characterization of reef areas and incised valleys aims to present bioindicators of different oceanographic and geological parameters of environmental quality. The interest in characterizing this feature is due to the indications that it can provide on variations in sea level, as well as the possibility of harboring economically significant amounts of hydrocarbons in reservoirs located in the filling reservoirs of the incised valleys. Figure 1 the map of the area of sampling.

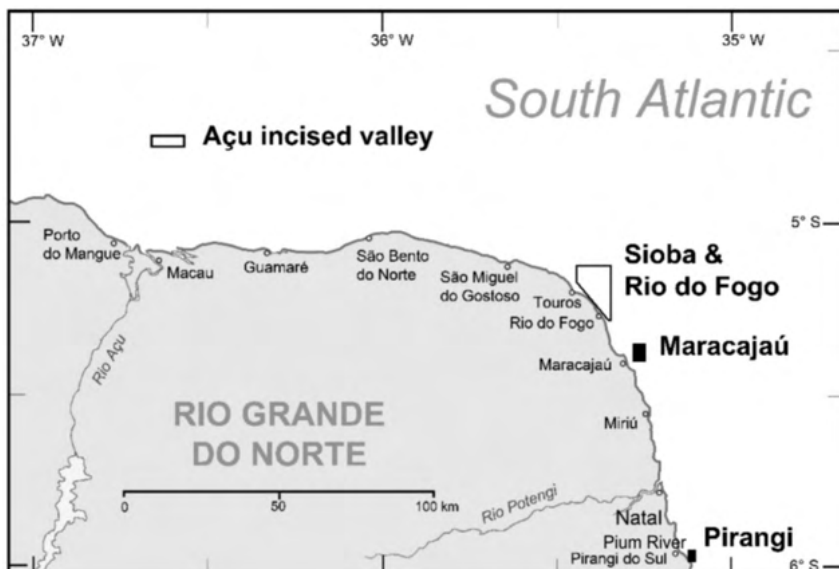


Figure 1: Study area.

## METHODOLOGY

The methodology used involved standard procedures of bibliographical surveys, laboratory sample processing and identification, in binocular magnifying glass and scanning electron microscopy (SEM) photographs according to gender or species. Multivariate statistical analyzes and ecological indexes study were applied in the study of foraminifera to evidence patterns of occurrence, environmental conditions directly influence the development of organisms.

The methodology used involved standard procedures of bibliographical surveys, laboratory sample processing and identification, in binocular magnifying glass and scanning electron microscopy (SEM) photographs according to gender or species. Multivariate statistical analyzes and ecological indexes study were applied in the study of foraminifera to evidence patterns of occurrence, environmental conditions directly influence the development of organisms. The location of the stations and hydrographic profiles was provided through GPS, while, the depth measurements were provided through fish finder.

Sediment sampling for analysis of the foraminifera microfauna was done using a Van Veen type bottom catcher. The positioning of the stations (Figure 1). From the collected sediment, only the top layer (first centimeters) was removed, and placed in flasks with Bengal Rose (1g / 1000ml of alcohol), for analysis of the microfauna.

The function of the Rose of Bengal is to stain the protoplasm of organisms that are alive at the time of collection and the alcohol, to prevent the bacterial attack. The sediment for determination of the microfauna (50cc) analyzes will be sieved using two successive sieves of 0.500 and 0.062mm and, after oven drying, the samples will be separated by flotation in carbon tetrachloride. After separation, the foraminifera will be transferred with a brush to special blades of black background for later analysis and identification of the species. The determination of the species will be done using binocular magnifying glass coupled in microcomputer.

## RESULTS

In the study region, a relative homogeneity is observed for the horizontal distributions of sea water temperature, with the surface (minimum of 24° C and maximum of 29°C to 35°C) and the region located near the bottom (minimum of 5.2 ° C, and maximum of 28.8 ° C). The most abundant occurrence of the benthic foraminifera are *Ammonia sp.*, *Archaias angulatus*, *Amphicorina scalaris*, *Amphisorus hemprichii*, *Amphistegina gibbosa*, *Bigenerina sp.* *Bolivina striatula*, *Borelis melo*, *Borelis schlumberger*, *Cassidulina subglobosa*, *Cibicides sp.*, *Cornuspira involvens*, *Cyclogyra sp.*, *Discorbis sp.*, *Elphidium sp.*, *Pursinkoion pontoni*, *Gypsina vesiculari*, *Hanzawaia boueana*, *Heterostegina depressa* *Hopkinsina pacifica*, *Laevipeneroplis proteus*, *Lagena sp.*, *Marginulina sp.*, *Miliolinella subrotunda*, *Nodosaria sp.*, *Oolina universa*, *Patelina corrugata*, *Peneroplis carinatus*, *Pseudononion atlanticum*, *Poroeponides lateralis*, *Pyrgo*

*nasuta*, *Pyrgo ringens*, *Quiqueloculina costata* *Quiqueloculina lamarckiana*, *Quiqueloculina patagonica*, *Quiqueloculina polygona*, *Reussella* sp., *Reophax nana*, *Robulus* sp., *Rosalina* sp., *Spiroloculina depressa*, *Spiroculina* sp. *Textularia earlandi*, *T. gramen*, *Triloculina trigonula*, *Trochammina ochracea*, *Uvigerina peregrina*, *Wiesnerella* sp., And a single species of plankton: *Globigerina* sp. Many carapaces found were yellow in color and broken, signs of taphonomic processes such as wear, abrasion and transport by marine currents that occurred after the death of the organism. The species of foraminifera of the Potiguar Basin present in their shells the main chemical elements: Ca, C, O, Na, Cl, Al, Mg and Si.

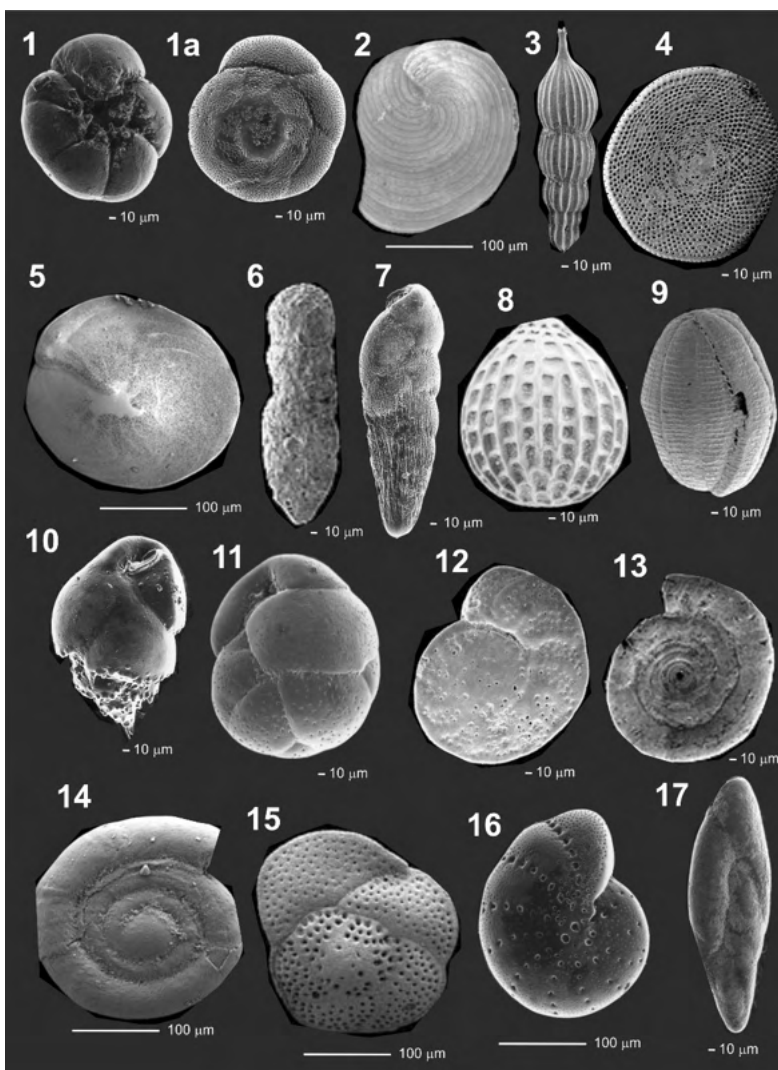


Figure 2: 1. *Ammonia* sp.(vista ventral), 1a. *Ammonia* sp. (vista dorsal), 2. *Archaias angulatus*, 3. *Amphicorina scalaris*, 4. *Amphisorus hemprichii*, 5. *Amphistegina gibbosa*, 6. *Bigenerina* sp., 7. *Bolivina striatula*, 8. *Borelis melo*, 9. *Borelis schlumbergeri*, 10. *Bulimina marginata*, 11. *Cassidulina subglobosa*, 12. *Cibicides* sp., 13. *Cornuspira involvens* 14. *Cyclogyra* sp., 15. *Elphidium* sp., 17. *Fursenkoina pontoni*.



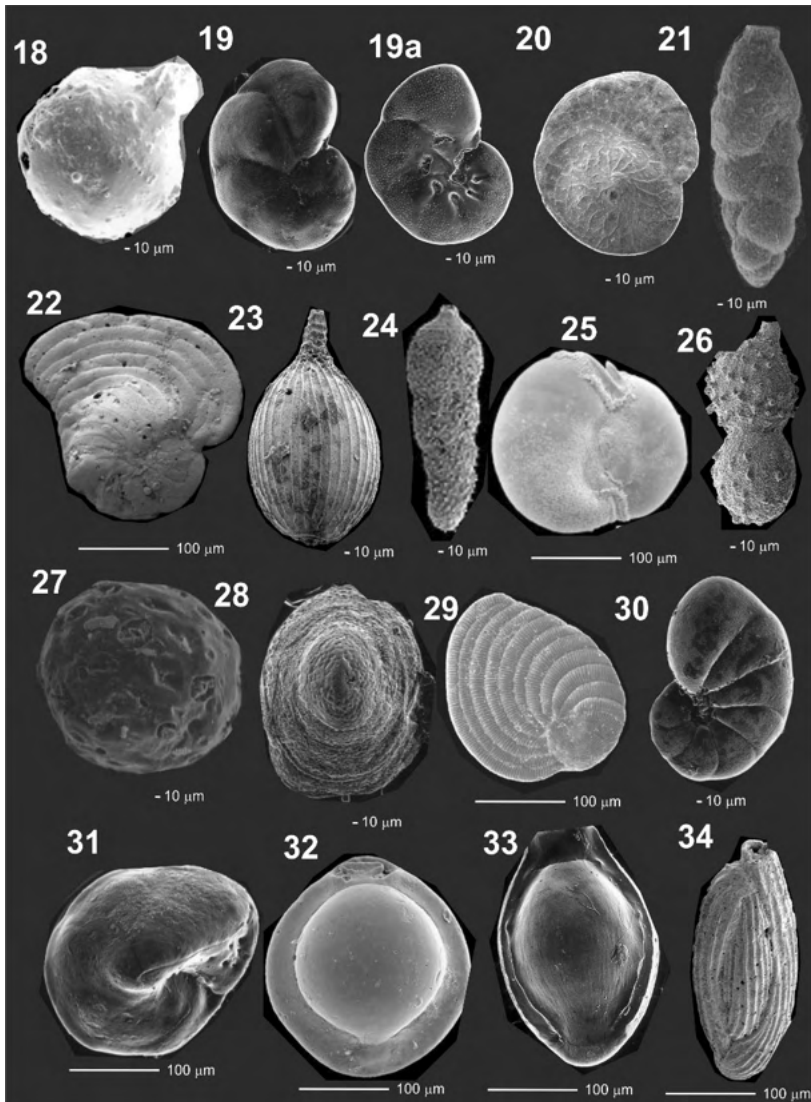


Figure 3: 18. *Gypsina vesiculares*, 19. *Hanzawaia boueana* (vista dorsal), 19a. *H. boueana* (vista ventral), 20. *Heterostegina depressa* 21. *Hopkinsina pacifica*, 22. *Laevipeneroplis proteus*, 23. *Lagena* sp., 24. *Marginulina* sp., 25. *Miliolinella subrotunda*, 26. *Nodosaria* sp., 27. *Oolina universa*, 28. *Patelina corrugata*, 29. *Peneroplis carinatus*, 30. *Pseudononion atlanticum*, 31. *Poroeponides lateralis*, 32. *Pyrgo nasuta*, 33. *Pyrgo ringens*, 34. *Quiqueloculina costata*.

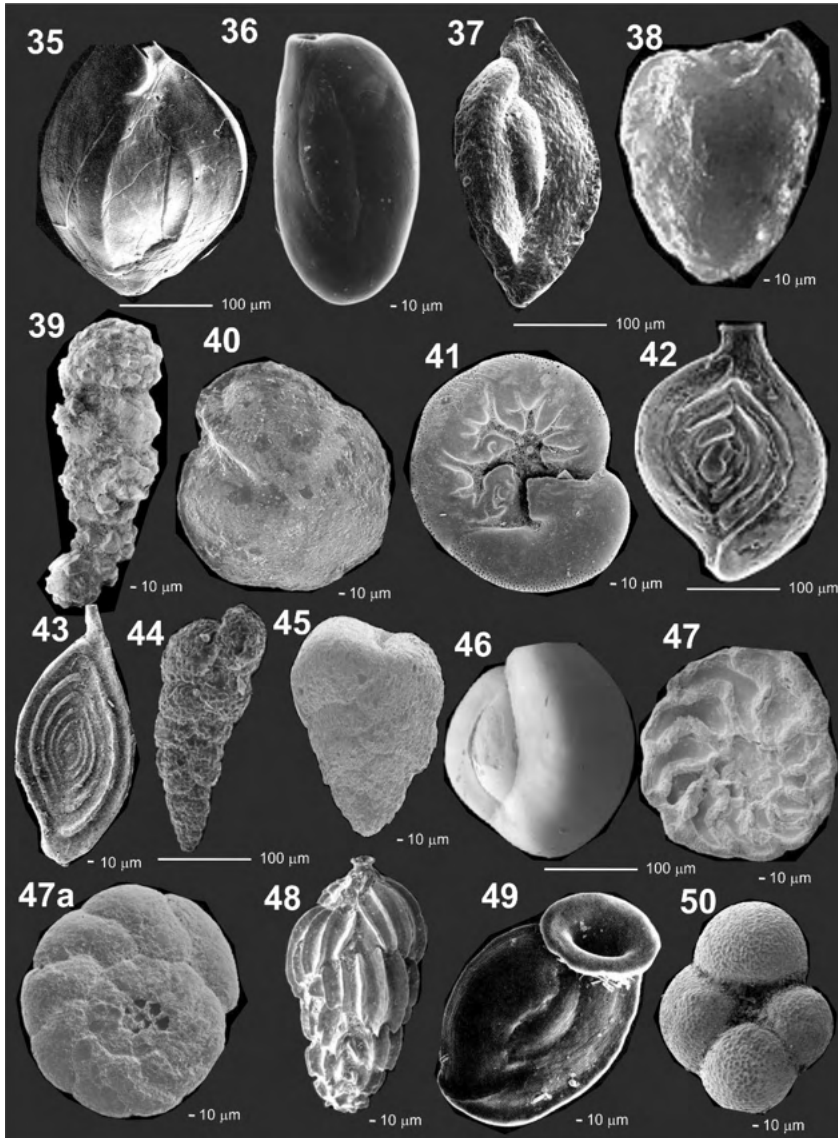


Figure 4: 35. *Quiqueloculina lamarckiana*, 36. *Q. patagonica*, 37. *Q. polygona*, 38. *Reussella* sp., 39. *Reophax nana*, 40. *Robulus* sp., 41. *Rosalina* sp., 42. *Spiroloculina depressa*, 43. *Spiroculina* sp., 44. *Textularia earlandi*, 45. *Textularia gramen*, 46. *Triloculina trigonula*, 47. *Trochammina ochracea* (ventral), 47a. *Trochammina ochracea*, (dorsal) 48. *Uvigerina peregrina*, 49. *Wiesnerella* sp., 50. *Globigerina* sp.

## DISCUSSION

The biogenic sediments of the Potiguar Basin present more diverse and dominant species belonging to the Miliolina (imperforate shells) and Rotaliina (perforated shells) suborders and species with lower dominance belonging to the Textularina suborder (agglutinated), reflecting changes in environmental parameters in this dynamic region. The

robust taxonomic composition of the shells from this region indicates high resistance of them, which tolerate salting and dragging and wear to a lesser extent than the binders (Murray, 1991; Araujo & Machado, 2008) and are resistant to wear and tear by transport and dissolution (Bruno et al., 2009; Moraes & Machado, 2001). Some brown colored ones also show signs of abrasion, such as fragmentation and even a yellowish coloration. According to Batista et al. (2007), the yellowish color can be the result of the low deposition speed that allows the oxidation of the grains, or the sediment turnover by the high energy of the environment. The absolute dating by the method of C14 in some samples of Apodi-Mossoró (Lima, 2015) indicated that the generations of sediments of different colorations (light and dark) correspond to a single age. The ages of the carbonate sediments are earlier than the maximum of 660 cal. BP (conventional ages  $935 \pm 30$  BP and  $715 \pm 30$  BP), which fall in the Late Holocene, when the sea level and coastline were already very near the present-day position (Nascimento Silva, 2021). This fact indicates, therefore, that the probability of exposure of older sedimentary deposits must be a fact in this region of high hydrodynamics. The species occurring in the present study *Miliolinella subrotunda*, *Oolina universa*, *Pyrgo nasuta*, *Pyrgo ringens*, *Quiqueloculina costata*, *Quiqueloculina lamarckiana*, *Quiqueloculina patagonica*, *Quiqueloculina polygona* and *Triloculina trigonula* have strong and imperforate carapaces of the Miliolina suborder being the most resistant to the marine currents.

In the study region of the basin, the species of foraminifera calcareous *Amphistegina gibbosa*, *Archaias angulatus*, *Borelis melo*, *Borelis Schlumberger*, *Heterostegina depressa*, *Amphisorus hemprichii*, *Laevipeneroplis proteus* *Peneroplis carinatus* are symbionts (carrying algae) characteristic of environments of depths up to 50 m are common in shallow water, and indicators of proximity to clean water from reef areas are likely. A preliminary study in the Açú incised valley indicated an association of foraminifera characteristic of reef areas with associated endemic species and Caribbean affinity (Gomes et al., 2015). The genus *Amphistegina* occurs in quartz sand with silt and carbonate mud, coinciding with the type of sediment in which it occurs in the current reef complexes (Ribeiro, 2009). The hyaline calcareous genera of the suborder Rotaliina that do not have algal symbionts are *Ammonia* sp., *Amphicorina scalaris*, *Bigenerina* sp., *Bolivina striatula*, *Cassidulina subglobosa*, *Cibicides* sp., *Cornuspira involvens*, *Cyclogyra* sp., *Discorbis* sp., *Elphidium* sp. *Fursenkoina pontoni*, *Vesicular Gypsina*, *Hanzawaia boueana*, *Hopkinsina pacifica*, *Lagena* sp., *Marginulina* sp., *Patelina corrugata*, *Pseudononion atlanticum*, *Poroeponides lateralis*, *Reussella* sp., *Robulus* sp., *Rosalina* sp., *Spiroloculina depressa*, *Spiroculina* sp., *Uvigerina peregrina*, and *Wiesnerella* sp.

According to Eichler et al. (2007), species characteristic of euhaline environments such as *Pseudononion atlanticum*, *Hanzawaia boueana* occur in sandy sediments at the mouth of the channel on the internal platform, in regions more influenced by tidal currents in the Bertioiga Channel (SP, Brazil). In mixohaline environments mainly occur *Ammonia tepida* and species of the genus *Elphidium* revealing gradational environments of marine influence.

According to Boltovskoy (1983), *Elphidium* and *Ammonia* are organisms that tolerate minimum salinity that occurs mainly in waters where there is dilution of seawater with fresh water from the drainage of rivers. According to Ribeiro (2009), *Quinqueloculina*, *Pyrgo*, *Elphidium* and *Ammonia* predominate in argillaceous substrates and, according to Murray (1991), *Bolivina* is typical of substrate of fine sand to mud. *Amphistegina* sp. Predominates in calcareous sands, and *Quinqueloculina*, *Pyrgo* and *Elphidium* predominate in silt and carbonate mud. *Cassidulina subglobosa*, *Uvigerina peregrina* are indicators of Subtropical Platform Water and ACAS resurgence (Eichler et al., 2016). Epifaunal species such as *U. peregrina* are generally characteristic of oxygen rich sites (Bernhard, 1986; Murray, 1991) and species such as *Bulimina marginata*, *Bolivina* spp. and *Buliminella elegantissima* are found in high percentages in reducing environments rich in organic matter (Seiglie, 1968; Johnsson, 1999). Eichler et al. (2014) described that the distribution of *Bulimina marginata* is primarily controlled by the presence of the subtropical platform front (STSF) and secondarily by the presence of the South Atlantic Central Water (ACAS) in southern Brazil.

## CONCLUSIONS

The biogenic sediments found and the environmental characteristics define the Potiguar Basin as a reef environment of shallow and hot high-energy waters, probably with little continental influence. We conclude also that besides the depth and the characteristics of the sediment, the marine currents also exert influence in the microdistribution of foraminifera.

In general, the combination of environmental characteristics allowed the differentiation of microhabitats from foraminiferous communities, mainly according to depth. In internal platform environments, we can observe differences between the shallow part with the presence of *Ammonia tepida*, *Buccella peruviana*, *Miliolinella subrotunda*, *Quinqueloculina patagonica*, and in deeper parts of the channel and middle platform areas we observed the presence of *Bolivina striatula*, *Bulimina*. The species *Quinqueloculina lamarckiana*, *Textularia earlandi*, *Buliminella elegantissima*, *Discorbis* sp., *Pyrgo nasuta*. The distribution of *Uvigerina peregrina* is probably related to colder waters and possibly the occurrence of resurgence phenomena in deeper parts not yet described in the literature more related to cold water intrusion and not to sedimentological characteristics.

## ACKNOWLEDGMENT

We thank CAPES (Coordination for Improvement of Higher Level Personnel) through the project "Oceanographic processes in the breakdown of the continental shelf of the Brazilian Northeast: scientific foundations for marine spatial planning (Edital Marine Science 2 n ° 43/2013, 23038.004320 / 2014 -11), a postdoctoral fellowship at the Federal

University of Rio Grande do Norte (UFRN-Brazil) and the research project (PVE 151-2012, AUXPE 242/2013). This publication would not have been possible without funding from Ciências do Mar II 23038.004320/2014-11 (CAPES), for a post-doctoral fellowship for P.P.B. Eichler at Moss Landing Marine Laboratories, San Jose State University (MLML/SJSU), and at the Ocean Sciences Department of the University of California at Santa Cruz (UCSC) (grants N°88887.305531/2018-00, N°88881.188496/2018-01). We are also grateful for the International Ocean Discovery Program (IODP) through Texas A&M University (USA) in 2018 (Grant N°9999.000098/2017-05) and to the Technical Support to Strengthen National Palaeontology (Apoio Técnico para Fortalecimento da Paleontologia Nacional, Ministério da Ciência e Tecnologia MCTI/National Research Council CNPq N° 23/2011, N° 552976/2011-3) for funding opportunity. H. Vital and M.P. Gomes thanks CNPq for their research fellowships PQ n° 315742/2020-8, and n° 302483/2019-5. We are grateful for the EcoLogicProject for the manuscript detailed editing.

## REFERENCES

- Arz, H.W.; Pätzold, J.; Wefer, G. 1999. The deglacial history on the western tropical Atlantic as inferred from high resolution stable isotope records off northeastern Brazil. *Earth and Planetary Science Letters*, 167:105-117.
- Barbosa, V.P. 2002. *Sistemática, Bioestratigrafia e Paleoceanografia de Foraminíferos do Quaternário do Talude Continental das Bacias de Santos e Campos*. Rio de Janeiro. 455p. Tese de Doutorado em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Bernhard, J.M. 1986. Characteristics assemblages and morphologies of benthic Foraminifera from anoxic, organic-rich deposits: Jurassic through Holocene. *Journal of foraminiferal Research*, 16:207-215.
- Boltovskoy, E. (1983). Late Cenozoic deep-sea benthic Foraminifera off the coast of northwest Africa (DSDP Site 369). *Journal of African Earth Sciences* (1983), 1(2), 83-102.
- Bruno, R.L.M.; Araujo, H.A.B. & Machado, A.J. 2009. Análise das assembléias de foraminíferos no sedimento superficial do Recife de Fora, região sul da Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, 39: 599-607.
- Chendes, C., Kaminski, M.A., Filipescu, S.O.R.I.N., Aksu, A.E. and Yasar, D., 2004. The response of modern benthic foraminiferal assemblages to water mass properties along the southern shelf of the Marmara Sea. *Acta palaeontologica romaniae*, 4, pp.69-80.
- Edwards, R.J., Van De Plassche, O., Gehrels, W.R., Wright, A.J., 2004. Assessing sea-level data from Connecticut, USA, using a foraminiferal transfer function for tide level: *Marine Micropaleontology*, 51:239-255.
- Eichler, P.P.B., Eichler, B.B., Miranda, L.B. and Rodrigues, A.R. 2007. Modern Foraminiferal Facies in a Subtropical Estuarine Channel, Bertioga, Sao Paulo, Brazil. *Journal of Foraminiferal Research*, 37, 234-247. <http://dx.doi.org/10.2113/gsjfr.37.3.234>

Eichler, P. P., Eichler, B. B., Gupta, B. S., & Rodrigues, A. R. 2012. Foraminifera as indicators of marine pollutant contamination on the inner continental shelf of southern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 64(1), 22-30.

Eichler, P.P., Pimenta, F.M., Eichler, B.B. and Vital, H., 2014. Living *Bulimina marginata* in the SW Atlantic continental margin: Effect of the Subtropical Shelf Front and South Atlantic Central Water. *Continental Shelf Research*, 89, pp.88-92.

Eichler, P.P., Pimenta, F.M., Eichler, B.B. and Vital, H., 2016. Living benthic foraminiferal species as indicators of cold-warm water masses interaction and upwelling areas. *Continental Shelf Research*, 116, pp.116-121.

Gehrels, W.R., 2000. Using foraminiferal transfer functions to produce high-resolution sea-level records from salt-marsh deposits, Maine, USA: The Holocene, 10: 367-376.

Gomes, M.P.; Vital, H.; Eichler, P.P.B. ; Gupta, B.K.S. 2015. The investigation of a mixed carbonate-siliciclastic shelf, NE Brazil: side-scan sonar imagery, underwater photography, and surface-sediment data. *ITAL J GEOSCI* , v. 134, p. 9-22, 2015.

Horton, B.P. & Edwards, R.J. 2005. The application of local and regional transfer functions to the reconstruction of Holocene sea levels, north Norfolk, England: The Holocene, 15: 16- 228.

Johnsson, C.C. 1999. Paleoeologia e Bioestratigrafia com base em Foraminíferos do Cânion Submarino de Salvador - Bahia. Niterói. 88 p. Dissertação de Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha, Centro de Estudos Gerais, Universidade Federal Fluminense.

Kowsmann, R.O. & Costa, M.P.A. 1979. Sedimentação quaternária da margem continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes. Rio de Janeiro, Petrobrás-Cenpes-Dintep. 50p. (Série Projeto Remac. n.8).

Lima, R. de O. 2015. Foraminíferos, ostracodes e microfauna associada da plataforma continental equatorial norte-rio-grandense, NE Brasil: área Porto do Mangue a Galinhos. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 156p.

Lohmann, G.P. 1978. Abyssal benthonic foraminifera as hydrographic indicators in the western South Atlantic Ocean, *Journal of Foraminiferal Research*, 8:6-34.

G.F. Lutze, W.T. Coulbourn, 1984, Recent benthic foraminifera from the continental margin of northwest Africa: Community structure and distribution, *Marine Micropaleontology*, Volume 8, Issue 5, Pages 361-401, ISSN 0377-8398, [https://doi.org/10.1016/0377-8398\(84\)90002-1](https://doi.org/10.1016/0377-8398(84)90002-1). (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0377839884900021>)

Mackensen, A.; Schmiedl, G.; Harloff, J.; Giese, M. 1995. Deep-sea foraminifera in the South Atlantic Ocean: ecology and assemblage generation. *Micropaleontology*, 414:342-358.

Moraes, S.S.; Machado, A.J. 2003. Fauna de Foraminíferos do Estado da Bahia: Dados Preliminares. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 9.,2003, Recife. Resumo expandido. ABEQUA, CD-ROOM

Murray, J. W. 1991. Ecology and Palaeoecology of benthic foraminifera. Longman Scientific and Technical, Harlow 397p.

Nogueira, M.L. da S. 2014. Caracterização morfológica-sedimentar do vale inciso Apodi-Mossoró e plataforma continental adjacente - Bacia Potiguar Offshore. Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 127p.

Nascimento Silva, L.L. 2021. Registros holocênicos de sedimentação mista carbonática-siliciclástica na plataforma continental externa do RN. Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 138p.

Quinterro, P.J. Gardner, J.V., 1987. Benthic foraminifers on the continental shelf and upper slope, Russian River Área, northern Califórnia. *Journal Foraminiferal Research*, 17:132-52.

Ribeiro, A.S. 2009. Estudo da distribuição vertical da microfauna de foraminíferos do sedimento de subsuperfície da plataforma continental do Complexo Recifal de Abrolhos, Sul da Bahia. Universidade Federal da Bahia. Trabalho de Conclusão de Curso, 90 p.

Schmiedl, G. & Mackensen, A. 1997a. Late Quaternary paleoproductivity and deep water circulation in the eastern South Atlantic Ocean: evidence from benthic foraminifera. *Journal Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 130: 43-80.

Schmiedl, G.; Mackensen, A.; Müller, J.P. 1997b. Recent benthic foraminifera from the eastern South Atlantic Ocean: Dependence on food supply and water masses. *Marine Micropaleontology*, 32:249-287.

Schnitker, D. 1974. Western Atlantic abyssal circulation during the past 12,000 years. *Nature*, 248: 385-387

Seiglie, G. A. 1968. Foraminiferal assemblage as indicator of high organic carbon content in sediments and of pollutes waters. *Bulletin of American Association of Petroleum Geologist*, 52: 2231-2241.

## BIOAEROSSÓIS: CONTRIBUIÇÃO BIOGÊNICA E IDENTIFICAÇÃO POR ESPECTROMETRIA DE MASSAS DE *Aspergillus* SEÇÃO *Nigri* EM AMOSTRAS DE AR DA CIDADE DE SÃO PAULO, BRASIL

Data de aceite: 01/09/2021

Data de submissão: 01/06/2021

### Valter Batista Duo Filho

Núcleo de Micologia, Instituto Adolfo Lutz  
São Paulo – São Paulo  
orcid.org/0000-0001-6423-1367

### Fabio Luiz Teixeira Gonçalves

Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências  
Atmosféricas, Universidade de São Paulo  
São Paulo – São Paulo  
orcid.org/0000-0002-8419-0686

### Regina Maura de Miranda

Escola de Artes, Ciências e Humanidades.  
Gestão Ambiental, Universidade de São Paulo  
São Paulo – São Paulo  
orcid.org/0000-0002-9550-9584

### Dulcilena de Matos Castro e Silva

Núcleo de Micologia, Instituto Adolfo Lutz  
São Paulo – São Paulo  
orcid.org/0000-0003-2772-0609

**RESUMO:** Diversos microrganismos podem compor o grupo de bioaerossóis, que constituem a microbiota dispersa no ar, sendo compostos na sua maioria por fungos e bactérias. Os fungos presentes no ar são chamados de anemófilos. Eles podem ser considerados poluentes atmosféricos, prejudicando a qualidade de vida junto com a sustentabilidade do ambiente. Entre os fungos anemófilos, o gênero *Aspergillus* é o mais incidente e componente fúngico na atmosfera.

**Objetivo:** identificar as espécies pertencentes a seção *Nigri* do gênero *Aspergillus* em amostras de ar da cidade de São Paulo. **Metodologia:** As amostras foram coletadas por impactador de ar em placas contendo ágar Dicloran Rosa Bengala Cloranfenicol modificado (DRBCm), posteriormente incubadas a 30°C por até sete dias. Os fungos do gênero *Aspergillus* seção *Nigri* foram retirados e isolados e identificados pelas técnicas tradicionais e por espectrometria de massas (sistema MALDI-TOF). **Resultados:** Das 419 amostras, 169 eram morfologicamente características de *Aspergillus* seção *Nigri*. Foram identificadas três espécies pertencentes a seção por espectrometria de massas; *Aspergillus brasiliensis* (N=1), *Aspergillus japonicus* (N=2) e *Aspergillus niger* (N=166). **Conclusão:** Com o registro das três espécies isoladas no ar da cidade de São Paulo, foi verificada a importância da análise ambiental do ar atmosférico, porém, são necessárias a escolha correta das técnicas laboratoriais de identificação, bem como, a atualização de dados ambientais nos sistemas automatizados.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Aspergillus*, Amostras de Ar, Espectrometria de massas

### BIOAEROSOLS: BIOGENIC CONTRIBUTION AND IDENTIFICATION BY MASS SPECTROMETRY OF *Aspergillus* SECTION *Nigri* IN AIR SAMPLES FROM THE CITY OF SÃO PAULO, BRAZIL

**ABSTRACT:** Several microorganisms can make up the group of bioaerosols, which constitute the microbiota dispersed in the air, being composed



mostly of fungi and bacteria. The fungi present in the air are called anemophilic. They can be considered air pollutants, harming the quality of life along with the sustainability of the environment. Among the anemophilic fungi, the *Aspergillus* genus is the most incident as a fungal component in the atmosphere. **Aim:** to identify the species belonging to the section *Nigri* of the *Aspergillus* genus in air samples from the city of São Paulo. **Methodology:** Samples were collected with air impactor in plates containing modified Dichloran Rose-Bengal Chloramphenicol Agar (DRBCm), then incubated at 86°F for up to seven days. The fungi of the *Aspergillus* genus belonging to the section *Nigri* were removed and isolated and identified by traditional techniques and mass spectrometry (MALDI-TOF system). **Results:** Of the 419 samples, 169 were morphologically characteristic of *Aspergillus* section *Nigri*. Three species belonging to the section were identified by mass spectrometry; *Aspergillus brasiliensis* (N=1), *Aspergillus japonicus* (N=2) and *Aspergillus niger* (N=166). **Conclusion:** With the recording of the three species isolated in the air of the city of São Paulo, the importance of atmospheric air environmental analysis was verified, however, it is necessary to correctly choose the laboratory techniques for identification, as well as the updating of environmental data in automated systems.

**KEYWORDS:** *Aspergillus*, Air Samples, Mass Spectrometry.

## INTRODUÇÃO

As partículas aéreas de origem biológica são chamadas de bioaerossóis, elas podem corresponder de 0,7 a 30% das partículas com diâmetro superior a 0,2 em suspensão na atmosfera, e podem atuar em processos químicos, microfísicos e climatológicos (AMATO et al., 2015; HUFFMAN et al., 2013)

Diversos microrganismos podem compor este grupo microscópico e são encontrados no ambiente dispersos por todos os locais. A composição biogênica é variável, dinâmica e relativa às origens de seus componentes, bem como à temperatura e à umidade do meio no qual estão suspensas (BEZERRA et al., 2014; DE MENEZES; RICHARDSON; THRALL, 2017; VANETTI et al., 2016).

Os bioaerossóis constituem a microbiota dispersa no ar, sendo compostos na sua maioria por fungos e bactérias. Esses contaminantes biológicos utilizam a matéria particulada (pólen, fragmentos de insetos, escamas de pele humana e pelos) como substrato para sua multiplicação (EMYGDIO et al., 2018)

Os fungos presentes no ar são chamados de anemófilos. Eles podem ser considerados poluentes atmosféricos, prejudicando a qualidade de vida junto com a sustentabilidade do ambiente. A ciência que compõe o ar atmosférico requer conhecimento de diversas áreas, sendo o monitoramento ambiental dos bioaerossóis uma delas, pois favorece o controle de dispersão dos bioaerossóis em diferentes ambientes (LEITE JÚNIOR et al., 2012).

Entre os fungos anemófilos, o gênero *Aspergillus* é o mais incidente e componente fúngico na atmosfera. Além de seu importante papel na ciência atmosférica, também está diretamente envolvido nas ciências médicas, em casos de infecções sistêmicas e

pulmonares graves em pacientes imunocomprometidos. A relação entre outros setores e a frequência de problemas causados por este gênero fúngico também são de interesse ao desenvolvimento agropecuário em tecnologia de controle ambiental de microrganismos (FAN et al., 2019; RAQUEL SABINO, CRISTINA VERÍSSIMO et al., 2014; TROVATO et al., 2018).

A identificação em nível de espécie de fungos, por exemplo, os causadores de infecções fúngicas invasivas de importância médica em pacientes imunocomprometidos é crítica para fornecer a escolha do melhor tratamento e, por muitas vezes, esse processo é árduo, devagar e requer vertentes como profissionais capacitados e critérios morfológicos subjetivos (RYCHERT et al., 2018).

O gênero *Aspergillus* possui mais de 344 espécies divididas em seções relevantes: *Fumigati*, *Flavi*, *Terrei*, *Usti*, *Nigri*, *Nidulantes*, etc. A Seção *Nigri* possui em torno de 26 espécies, destacando a maior frequência do *Aspergillus niger* (FRISVAD; LARSEN, 2016).

As espécies de *Aspergillus* spp. mais encontradas no ar de São Paulo pertencem a seção *Nigri*. Sua taxonomia é estudada constantemente, tradicionalmente critérios morfológicos são analisados, no entanto, a identificação molecular ainda é uma metodologia definitiva para classificação final. (CASTRO E SILVA et al., 2020; SAMSON, R. A., VISAGIE, C. M., HOUBRAKEN, J., HONG, S.-B., HUBKA, V., KLAASSEN, C. H. W., PERRONES, G., SEIFERT, K. A., SUSCA, A., TANNEY, J. B., VARGA, J., KOCSUBE, S., SZIGETI, G., YAGUCHI, T., FRISVAD, 2014; VESTH et al., 2018).

Em 2018, Vesth *et al.* encontrou 23 genomas diferentes na seção *Nigri* já sequenciados e catalogados (VESTH et al., 2018).

As técnicas moleculares quando utilizadas para estudos clínicos são determinantes, no entanto, quando se trabalha com um volume de amostras torrencial, como de estudos ambientais, essa técnica gera alto custo, tornando as pesquisas inviáveis. A espectrometria de massa (MALDI-TOF), tecnologia já validada, pode ser uma metodologia adequada e mais viável na triagem e na identificação de espécies de fungos ambientais (GÓRNY, 2020; MARINACH-PATRICE et al., 2009).

A ciência que compõe o ar atmosférico requer conhecimento de diversas áreas e o monitoramento ambiental dos bioaerossóis é uma delas pois favorece o controle de dispersão dos bioaerossóis em diferentes ambientes. (LEITE JÚNIOR et al., 2012).

Tendo em vista as considerações citadas, o presente trabalho pretendeu estimar a contribuição biogênica e a frequência dos fungos do gênero *Aspergillus* seção *Nigri* dispersos no ar atmosférico da cidade de São Paulo no período de 2013 a 2015.

## **METODOLOGIA**

As amostras de ar foram coletadas pelo impactador, MAS 100-Merck®, com volume por amostra de 250L/m<sup>3</sup>, em placas contendo ágar Dichloran Rosa Bengala Cloranfenicol

modificado (DRBCm), no período de 2013 a 2018 em vários pontos da cidade de São Paulo. Os isolados foram caracterizados quanto ao gênero e congelados (DE MATOS CASTRO E SILVA et al., 2015). Em agosto de 2020, os isolados pertencentes ao gênero *Aspergillus* foram descongelados, semeados e incubados a 30°C por até sete dias. Os fungos que apresentaram crescimento foram classificados em seções de acordo com suas características macromorfológicas. Isolados característicos de *Aspergillus* Seção *Nigri* foram reisolados em placas de ágar batata dextrose (ABD) pela técnica de colônia gigante. Em todos os fungos isolados em ABD foi realizada a técnica de microcultivo em lâmina para estudos das estruturas micromorfológicas (LACAZ et al., 1998; THOMAS J. WALSH, RANDALL T. HAYDEN, 2018).

Após a análise da macro e micromorfologia, os fungos pertencentes ao gênero *Aspergillus* seção *Nigri* foram encaminhados para execução do protocolo de extração. A técnica de espectrometria de massa (Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization- Time of Flight Mass Spectrometry ou MALDI-TOF MS) foi utilizada de acordo com os padrões MALDI Biotyper (Bruker Daltonics, EUA). (REEVE; BACHMANN, 2019)

Os fungos foram semeados em microtubos contendo 2 mL de caldo Sabouraud e incubados em um agitador rotor por 24 horas em temperatura ambiente. Após este período, o microtubo foi centrifugado e apenas o pellet do fungo foi inoculado em 300mL de água ultrapura. A solução foi homogeneizada até que se dissolveu e então, se adicionou 900uL de etanol 99%. Após a adição, a solução foi centrifugada a 18.000 RPM por dois minutos e o sobrenadante foi descartado.

O tubo ficou aberto por cinco minutos para evaporação total do etanol. Após este tempo, se adicionou 50uL de ácido fórmico 70%, levando ao vórtex por um minuto. Depois desse período, se adicionou 50uL de acetonitrila e o tubo levado ao vórtex novamente por mais um minuto. Terminado este processo, o tubo passou pela centrifuga a 18.000 RPM por mais dois minutos. Para a transferência no aparelho se utilizou 1uL do sobrenadante com 1uL de matriz para leitura. (REEVE; BACHMANN, 2019)

## RESULTADOS

Utilizando as caracterizações fenotípicas como critérios de identificação, foram isoladas 419 amostras de fungos do gênero *Aspergillus* no total, sendo 169 delas, com características macroscópicas de *Aspergillus* seção *Nigri*, como mostra a tabela 1.

ANO	Seção <i>Circumdati</i>	Seção <i>Flavi</i>	Seção <i>Fumigati</i>	Seção <i>Nigri</i>	Outras seções	Total de <i>Aspergillus</i> spp identificados
2013	6	10	5	18	2	41
2014	3	3	3	10	1	20
2015	5	5	5	5	2	22
2016	0	5	0	5	1	11
2017	3	23	16	37	11	90
2018	1	69	40	94	31	235
<b>Total</b>	18	115	69	169	48	419

Tabela 1. Isolados do gênero *Aspergillus* classificados por seções taxonômicas.

A distribuição da seção *Nigri* se manteve frequente durante todo o período de coleta. Em alguns anos, foi equivalente a metade (50%) dos isolados identificados do gênero *Aspergillus* (Figura 1).

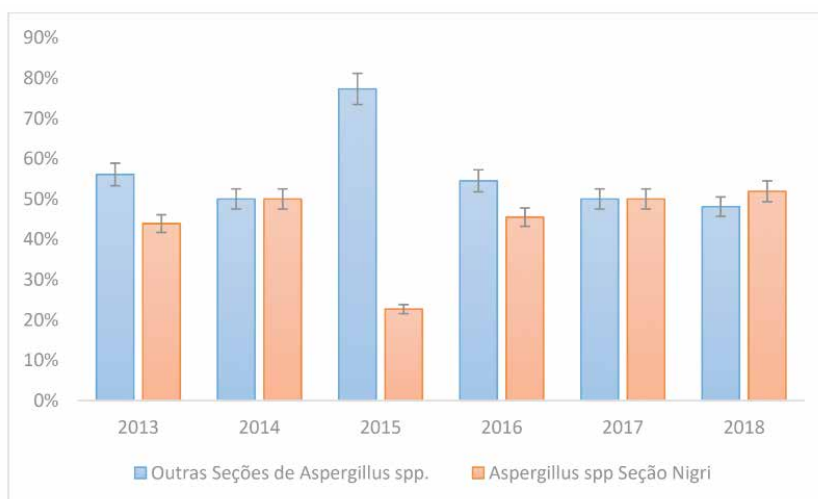


Figura 1. Frequência de *Aspergillus* spp. seção *Nigri* nas amostras do gênero *Aspergillus* isolados no ar atmosférico da cidade de São Paulo no período de 2013 a 2018.

Todos os *Aspergillus* seção *Nigri* identificados por macromorfologia também apresentaram estruturas micromorfológicas desse grupo na técnica de microcultivo em lâmina (Figura 2).



Figura 2. Corpos de frutificação de *Aspergillus* seção *Nigri* observados em objetiva de aumento em 400x em microscópio óptico. A: *Aspergillus brasiliensis*. B: *Aspergillus japonicus*. C: *Aspergillus niger*.

Todos os isolados pertencentes à seção *Nigri* foram processados segundo o protocolo da Bruker® para extração de proteínas e analisados por espectrometria de massas (MALDI-TOF), onde foram identificadas com score acima de 2,0, aceitável pelo sistema (Figura 3), três espécies pertencentes a essa seção, sendo: *Aspergillus niger* (N=166), *Aspergillus japonicus* (N=2) e *Aspergillus brasiliensis* (N=1).

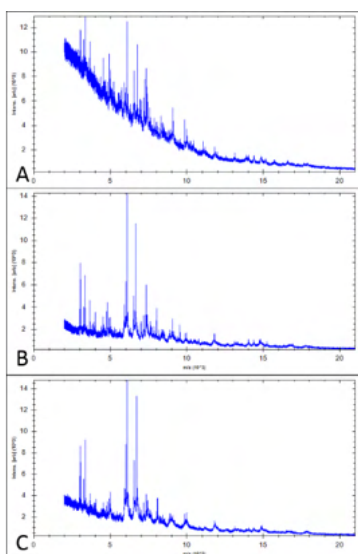


Figura 3. Representação gráfica dos picos proteicos identificados em *Aspergillus* seção *Nigri* por espectrometria de massas. A: *Aspergillus brasiliensis*. B: *Aspergillus japonicus*. C: *Aspergillus niger*.

## DISCUSSÃO

Apresentar a frequência e localização ambiental de diferentes espécies do gênero *Aspergillus* é de grande relevância pois algumas delas encontradas no ar podem ser causadoras de doenças na área da saúde e na agricultura. (NADUMANE; VENKATACHALAM; GAJARAJ, 2016).

As identificações de amostras ambientais utilizando o sistema MALDI-TOF ainda estão em seu começo, tendo em vista que essa tecnologia é bem difundida e utilizada na área médica, gerando bons resultados. (RYCHERT et al., 2018; SIQUEIRA et al., 2019)

Avaliando os resultados obtidos verificamos que a presença de *Aspergillus* seção *Nigri* é frequente no ar atmosférico da cidade de São Paulo e a triagem realizada utilizando o sistema MALDI-TOF encontrou três espécies. De acordo com Dupont *et al.*, 2019, a caracterização genética já identificou mais de 20 espécies do gênero *Aspergillus* seção *Nigri* e, podemos verificar que neste estudo, o sistema MALDI-TOF identificou adequadamente três espécies, o que mostra que enquanto o banco de dados oferecido ou produzido pela instituição portadora do equipamento ainda não estiver abastecido com isolados ambientais, a confirmação das espécies ainda deve ser realizada por técnicas moleculares (DUPONT et al., 2019; ELBERT et al., 2006; VESTH et al., 2018; YAMAMOTO et al., 2015).

## CONCLUSÃO

Analisando as amostras de fungos anemófilos pertencentes ao gênero *Aspergillus* seção *Nigri* isolados no ar atmosférico da cidade de São Paulo, podemos verificar que existe mais de uma espécie presente, demonstrando a importância deste monitoramento, mas a verdadeira diversidade só pode ser revelada por espectrometria de massas quando os estudos ambientais com bioaerossóis fúngicos tiverem maior estruturação para identificação a nível de espécie, com a atualização de dados ambientais nos sistemas automatizados, bem como utilizar técnicas apropriadas e disponíveis.

## CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não haver conflitos de interesse nesse estudo.

## APOIO TÉCNICO

Plano de desenvolvimento institucional em pesquisa do Instituto Adolfo Lutz (PDIp).  
Processo:17/50333-7.

## REFERÊNCIAS

AMATO, P. et al. Survival and ice nucleation activity of bacteria as aerosols in a cloud simulation chamber. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 15, n. 11, p. 6455–6465, 2015.

BEZERRA, G. F. D. B. et al. Diversity and dynamics of airborne fungi in São Luis, State of Maranhão, Brazil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 47, n. November 2013, p. 69–73, 2014.

CASTRO E SILVA, D. DE M. et al. Air pollution and its impact on the concentration of airborne fungi in the megacity of São Paulo, Brazil. **Heliyon**, v. 6, n. 10, 2020.

DE MATOS CASTRO E SILVA, D. et al. A new culture medium for recovering the agents of cryptococcosis from environmental sources. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 46, n. 2, p. 355–358, 2015.

DE MENEZES, A. B.; RICHARDSON, A. E.; THRALL, P. H. Linking fungal–bacterial co-occurrences to soil ecosystem function. **Current Opinion in Microbiology**, v. 37, p. 135–141, 2017.

DUPONT, D. et al. Comparison of matrix-assisted laser desorption ionization time of flight mass spectrometry (MALDI-TOF MS) systems for the identification of moulds in the routine microbiology laboratory. **Clinical Microbiology and Infection**, v. 25, n. 7, p. 892–897, 2019.

ELBERT, W. et al. Contribution of fungi to primary biogenic aerosols in the atmosphere: active discharge of spores, carbohydrates, and inorganic ions by Asco- and Basidiomycota. **Atmospheric Chemistry and Physics Discussions**, v. 6, p. 11317–11355, 2006.

EMYGDIO, A. P. M. et al. Biomarkers as indicators of fungal biomass in the atmosphere of São Paulo, Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 612, p. 809–821, 15 jan. 2018.

FAN, X. Y. et al. More obvious air pollution impacts on variations in bacteria than fungi and their co-occurrences with ammonia-oxidizing microorganisms in PM<sub>2.5</sub>. **Environmental Pollution**, v. 251, p. 668–680, 2019.

FRISVAD, J. C.; LARSEN, T. O. Extrolites of aspergillus fumigatus and other pathogenic species in aspergillus section fumigati. **Frontiers in Microbiology**, v. 6, n. JAN, p. 1–14, 2016.

GÓRNY, R. L. **Microbial aerosols: Sources, properties, health effects, exposure assessment—A review** KONA Powder and Particle Journal Hosokawa Powder Technology Foundation, , 2020.

HUFFMAN, J. A. et al. High concentrations of biological aerosol particles and ice nuclei during and after rain. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 13, p. 6151–6164, 2013.

LACAZ, C. DA S. et al. **Guia para identificação: fungos, actinomicetos, algas de interesse médico**. São Paulo: [s.n.].

LEITE JÚNIOR, D. P. et al. Trichocomaceae: Biodiversity of Aspergillus spp and Penicillium spp residing in libraries. **Journal of Infection in Developing Countries**, v. 6, n. 10, p. 734–743, 2012.

MARINACH-PATRICE, C. et al. Use of mass spectrometry to identify clinical Fusarium isolates. **Clinical Microbiology and Infection**, v. 15, n. 7, p. 634–642, 2009.

NADUMANE, V. K.; VENKATACHALAM, P.; GAJARAJ, B. Aspergillus Applications in Cancer Research. In: **New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering: Aspergillus System Properties and Applications**. [s.l.] Elsevier Inc., 2016. p. 243–255.

RAQUEL SABINO, CRISTINA VERÍSSIMO, C. V. et al. Aspergillus em ambiente hospitalar : um risco para o desenvolvimento de infecções nosocomiais ? **Jornal do Instituto Nacional de Saude Dr. Ricardo Jorge**, n. 4, p. 10–13, 2014.

REEVE, M. A.; BACHMANN, D. A method for filamentous fungal growth and sample preparation aimed at more consistent MALDI-TOF MS spectra despite variations in growth rates and/or incubation times. **Biology Methods and Protocols**, v. 4, n. 1, p. 1–14, 2019.

RYCHERT, J. et al. Multicenter Evaluation of the Vitek MS v3.0 System for the Identification of Filamentous Fungi. **Journal of clinical microbiology**, v. 56, n. 2, 2018.

SAMSON, R. A., VISAGIE, C. M., HOUBRAKEN, J., HONG, S.-B., HUBKA, V., KLAASSEN, C. H. W., PERRONES, G., SEIFERT, K. A., SUSCA, A., TANNEY, J. B., VARGA, J., KOCSUBE, S., SZIGETI, G., YAGUCHI, T., FRISVAD, J. C. Phylogeny, identification and nomenclature of the genus *Aspergillus*. **Studies in Mycology**, v. 78, n. 1, p. 343–371, 2014.

SIQUEIRA, L. P. M. et al. Evaluation of vitek MS for differentiation of *Cryptococcus neoformans* and *Cryptococcus gattii* genotypes. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 57, n. 1, 2019.

THOMAS J. WALSH, RANDALL T. HAYDEN, D. H. L. **Larone's Medically Important Fungi: A Guide to Identification**. 6. ed. Washington: ASM PRESS, 2018.

TROVATO, L. et al. Environmental isolates of multi-azole-resistant *Aspergillus* spp. in Southern Italy. **Journal of Fungi**, v. 4, n. 4, 2018.

VANETTI, M. D. et al. Bioaerossóis em ambientes hospitalares. p. 24–30, 2016.

VESTH, T. C. et al. Investigation of inter- and intraspecies variation through genome sequencing of *Aspergillus* section *Nigri*. **Nature Genetics**, v. 50, n. 12, p. 1688–1695, 2018.

YAMAMOTO, N. et al. Indoor emissions as a primary source of airborne allergenic fungal particles in classrooms. **Environmental Science and Technology**, v. 49, n. 8, p. 5098–5106, 2015.



# CAPÍTULO 7

## EXTRATOS AQUOSOS DE ESPÉCIES DO GÊNERO *Campomanesia* (MYRTACEAE) AFETA A OVIPOSIÇÃO DE *Plutella xylostella* (L., 1758) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)

Data de aceite: 01/09/2021

Data de submissão: 19/06/2021

**Rosilda Mara Mussury**

Universidade Federal da Grande Dourados

Dourados - MS

<http://lattes.cnpq.br/8308188020990220>

**Silvana Aparecida de Souza**

Universidade Federal da Grande Dourados

Dourados - MS

<http://lattes.cnpq.br/2352792856211597>

**Isabella Maria Pompeu Monteiro Padial**

Universidade Federal da Grande Dourados

Dourados - MS

<http://lattes.cnpq.br/7362505763391533>

**Mateus Moreno Mareco da Silva**

Universidade Federal da Grande Dourados

Dourados - MS

<http://lattes.cnpq.br/5273056161022824>

**Eliana Aparecida Ferreira**

Universidade Federal da Grande Dourados

Dourados - MS

<http://lattes.cnpq.br/2660332994336033>

**Alberto Domingues**

Universidade Federal da Grande Dourados

Faculdade de Ciências Agrárias

Dourados - MS

<http://lattes.cnpq.br/4705205298564265>

**Emerson Machado de Carvalho**

Universidade Federal do Sul da Bahia

Itabuna - BA

<http://lattes.cnpq.br/7341724276580365>

**Munir Mauad**

Universidade Federal da Grande Dourados

Dourados - MS

<http://lattes.cnpq.br/3165594857111851>

**RESUMO:** *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) é o principal lepidóptero praga da cultura das Brássicas devido sua resistência a inúmeros inseticidas registrados. A multirresistência em insetos de importância agrícola é um problema mundial e novas formas de controle mais eficazes e menos agressivas ao meio ambiente se faz cada vez mais necessários. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito dos extratos aquosos de *Campomanesia adamantium*, *Campomanesia xanthocarpa*, e *Campomanesia guazumifolia* na concentração de 10% e água destilada (controle) sobre a oviposição de *P. xylostella*. Para isso, um casal de *P. xylostella* foi individualizado em gaiolas que continham um disco de couve com 9 cm de diâmetro imersos no respectivo tratamento. Os adultos permaneceram em gaiolas para oviposição durante dez dias e foram alimentados com mel diluído a 10%, sendo diariamente contabilizados o número de ovos depositados nos discos de cada tratamento. Todos os extratos aquosos afetaram a oviposição das fêmeas de traça-das-crucíferas, causando uma redução média de 71,02%. No entanto, o extrato aquoso de *C. guazumifolia* foi a concentração que apresentou maior deterrência na oviposição. Sendo assim, os extratos botânicos das espécies do gênero *Campomanesia* se mostraram efetivos no controle de traça-das-crucíferas, reduzindo o

número de indivíduos que atingiriam a fase larval, fase na qual o inseto é considerado praga.

**PALAVRAS-CHAVE:** Deterrência de oviposição, inseticidas botânicos, antixenose.

## aqueous extracts of species of the genus *Campomanesia* (MYRTACEAE) affect oviposition of *Plutella xylostella* (LINNAEUS, 1758) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)

**ABSTRACT:** *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) is the main lepidopteran pest of *Brassica* crops due to its resistance to numerous registered insecticides. Multi resistance in insects of agricultural importance is a worldwide problem and new forms of more effective control and less aggressive to the environment are becoming more and more necessary. Thus, the objective of this study was to evaluate the effect of aqueous extracts of *Campomanesia adamantium*, *Campomanesia xanthocarpa*, and *Campomanesia guazumifolia* at a concentration of 10% and distilled water (control) on the oviposition of *P. xylostella*. For this purpose, a couple of *P. xylostella* was individualized in cages that contained a 9cm diameter cabbage disk immersed in the respective treatment. The adults remained in cages for oviposition for ten days and were fed with 10% diluted honey, and the number of eggs laid on the discs of each treatment was counted daily. The control was distilled water. The number of eggs laid on the discs of each treatment was counted daily. All aqueous extracts affected the oviposition of diamondback moth females, causing an average reduction of 71.02%. However, the aqueous extract of *C. guazumifolia* was the concentration that showed the greatest deterrence in oviposition. Therefore, the botanical extracts of species of the genus *Campomanesia* were effective in controlling the diamondback moth, reducing the number of individuals that would reach the larval stage, the stage in which the insect is considered a pest.

**KEYWORDS:** Oviposition deterioration, botanical insecticides, antixenosis.

## 1 | INTRODUÇÃO

As crucíferas são originárias do Mediterrâneo, na costa oeste da Europa, e foram trazidas para o Brasil após a primeira colonização (CEASA, 2015). Devido à sua alta adaptabilidade, espalhou-se pelo mundo, com importante relevância econômica em diversos países (MELO et al., 2014). As crucíferas são compostas por hortaliças, pastagens, oleaginosas, plantas ornamentais e medicinais (SANTOS, 2006). Dentre seu gênero, a *Brassica* se caracteriza por sua importância nutricional, pois sua espécie possui um teor considerável de caroteno, vitaminas e cálcio (SILVA et al., 2012). Os representantes são: couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*), repolho (*Brassica oleracea* var. *capitalata*), brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*) e mostarda (*Brassica juncea*) (WARWICK, 2011).

O cultivo da *Brassica* é diretamente afetado por uma variedade de pragas agrícolas, sendo *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) a principal delas (SHEN et al., 2017). Esta mariposa está amplamente distribuída no meio rural, tem ciclo curto e forte capacidade reprodutiva, podendo ocorrer por várias gerações a cada ano, causando

perdas econômicas acima de 70% nas culturas de *Brassica* (ZAGO et al., 2010, ZALUCKI et al., 2012). Além disso, o custo para o controle desse microlepidóptero ultrapassa U\$ 5 bilhões anualmente (ZALUCKI et al., 2012; KEPNAN et al., 2018).

O controle químico ainda é considerado o método preferencial de manejo dessa praga, com o uso contínuo de produtos sintéticos. O uso irresponsável desses pesticidas leva a resistência em pragas, afeta organismos não-alvos e contamina o meio ambiente (DE BORTOLI et al., 2013; BILAL et al., 2019). A falta de manejo efetivo e elasticidade genética desta praga levou à sua seleção natural, fazendo com que em 2019, *Plutella xylostella* tornar-se resistente a mais de 95 produtos de catálogo na terra (APRD, 2019).

Durante a Segunda Guerra Mundial, os pesticidas à base de plantas amplamente usados, foram substituídos por pesticidas sintéticos, com foco no DDT (D'AMATO et al., 2002). No entanto, nas atuais circunstâncias, os pesticidas vegetais recuperaram seu poder e se tornaram um bom substituto para o manejo de pragas agrícolas, pois representam a principal fonte de compostos biologicamente ativos usados na fabricação de pesticidas biológicos (SPARKS et al., 2017). Se esses inseticidas forem seletivos, podem ser adaptados à prática do manejo integrado de pragas, sendo que, o sistema utiliza múltiplas formas de controle ao invés de consumir apenas uma (VENDRAMIM, 2000; GONÇALVES-GERVASIO, 2003).

*Campomanesia* é de grande importância cultural e socioeconômica no Mato Grosso do Sul, sendo que as pessoas geralmente consomem chá de folhas com potencial farmacológico (CATELAN, 2018). Existem 36 espécies conhecidas de *Campomanesia* (GOVAERTS et al., 2008), das quais 31 estão na flora brasileira (SOBRAL et al., 2010). São árvores e arbustos distribuídos do nordeste da Argentina a Trinidad, da costa do Brasil aos Andes do Peru, Equador e Colômbia (LANDRUM 1982).

Estudos químicos anteriores sobre algumas espécies do gênero *Campomanesia* mostraram-nas ricas em flavonoides, saponinas, taninos, terpenos, flavonas e chalconas (MARKMAN et al., 2004; COUTINHO, 2008; KLAFKE et al., 2010). Várias dessas substâncias já foram relatadas na literatura afetando as relações entre inseto-plantas. Dessa forma, levando-se em conta a necessidade da diversificação de métodos de controle de pragas e a necessidade da preservação dos recursos naturais, esse trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de extratos aquosos de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg (Myrtaceae), *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg (Myrtaceae), e *Campomanesia guazumifolia* (Cambess.) O. Berg (Myrtaceae) sobre a oviposição de *P. xylostella*.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

As folhas de *Campomanesia adamantium*, *Campomanesia guazumifolia* e *Campomanesia xanthocarpa* foram coletadas na fazenda Coqueiro no município de Dourados-MS (22°14' S, longitude de 54° 9' W e 452m de altitude), no período das 7

às 9 horas da manhã. As espécies foram identificadas com base na comparação com exsiccatas depositadas no herbário da Universidade Federal da Grande Dourados, com o seguinte número de registro: *Campomanesia adamantium*: DDMS 5695; *Campomanesia guazumifolia*: DDMS 5254; *Campomanesia xanthocarpa*: DDMS 4644.

Após a coleta, as folhas foram previamente higienizadas em água corrente e foram secas em estufa de circulação forçada de ar durante 72 horas na temperatura máxima de 45 °C. Posteriormente as folhas totalmente secas foram moídas em moinho industrial de facas, até a obtenção de um pó fino. O pó obtido no final do processo foi armazenado em recipientes plásticos em temperatura ambiente e sob proteção de luz e umidade.

A técnica utilizada na elaboração do extrato foi a maceração. Sendo assim, 4g da matéria vegetal foi adicionada em 40 ml de água destilada e após a homogeneização, a solução foi armazenada em ambiente refrigerado durante 24 horas. Posteriormente, a solução foi filtrada com o auxílio de papel filtro, para a obtenção do extrato na concentração de 10%.

O experimento foi conduzido no Laboratório de Interação Inseto-Planta (LIIP) da Universidade Federal da Grande Dourados – Mato Grosso do Sul, Brasil, sob condições constantes de temperatura ( $25\pm 1^\circ\text{C}$ ), umidade ( $70\%\pm 5\%$ ) e fotoperíodo (12 h). Discos de couve (*Brassica oleraceae* var. *acephala*) com 9 cm de diâmetro foram imersos nos extratos aquosos por aproximadamente 30 segundos e, foram dispostos sobre folhas de papel filtro durante 40 minutos para retirar o excesso de umidade. O controle foi composto por discos imersos em água destilada. Em cada gaiola plástica foi inserido um disco de papel filtro e um disco de couve e logo em seguida, um casal de *P. xylostella* com até 12 horas de idade foi transferido para a gaiola. Os adultos foram alimentados com solução de mel diluído a 10%. As mariposas permaneceram na gaiola plástica durante quatro dias para a oviposição. A contagem do número de ovos de cada tratamento foi realizada diariamente e um novo disco de papel filtro e de couve foi inserido na gaiola (Figura 1).



Figura 1. Metodologia utilizada para avaliar o efeito dos extratos aquosos de *Simarouba versicolor* sobre *Plutella xylostella*. Fonte: Adaptado de Matias et al., (2017).

O delineamento do experimento de oviposição sem chance de escolha (confinamento) foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos (três extratos e um controle), cada tratamento contendo 5 repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os extratos aquosos das espécies do gênero *Campomanesia* diferiram significativamente do controle ( $F = 41,89$ ;  $GL = 3$ ;  $P = < 0,0001$ ;  $C.V. = 26,27\%$ ), comprometendo a oviposição das fêmeas de *P. xylostella* (Tabela 1). Observa-se que os extratos atuaram como ovideterrentes, ou seja, reduziram a deposição de ovos nas folhas de couve tratadas.

Dentre os tratamentos avaliados, o extrato aquoso de *C. guazumifolia* foi o tratamento que apresentou menor média de ovos, reduzindo o número de ovos em 72,77% quando comparado ao controle. Os extratos aquosos de *C. adamantium* e *C. xanthocarpa* afetaram 69,39% e 70,92% da oviposição de *P. xylostella*, respectivamente. Nota-se que os extratos não apresentaram diferença entre si, isso representa que qualquer um dos extratos utilizados irá atuar de forma semelhante será efetivo no controle de traça-das-crucíferas.

Tratamentos	Número de ovos
Controle	79.48 ±15.02 a n= 5
<i>C. adamantium</i>	24.33 ±13.15 b n= 5
<i>C. guazumifolia</i>	21.64±15.43 b n=5
<i>C. xanthocarpa</i>	23.11±17.18 b n=5

\*Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si ao nível de significância a 5% de probabilidade quando comparadas pelo Teste de Tukey. n=número de repetições.

Tabela 1. Média do número de ovos ± EP de *Plutella xylostella* em substratos tratados com extratos aquosos de espécie do gênero *Campomanesia* (25 ± 2°C; 70 ± 5 UR; 12h fotofase).

Estudos anteriores relataram os efeitos de extratos botânicos sobre a oviposição de *P. xylostella*. Dequech et al. (2009) ao avaliar o efeito do extrato aquoso de *Melia azedarach* L. (Meliaceae) 10% sobre a oviposição de *P. xylostella*, verificaram que o extrato reduziu drasticamente a oviposição em folhas de repolho. Em outro estudo com *P. xylostella*, Medeiro et al. (2005) verificaram que os extratos de *Chenopodium ambrosioides* (Linnaeus, 1786) (Amaranthaceae) e *Trichilia catigua* A. Juss. (Meliaceae) na concentração de 10% atuaram como supressores de oviposição.

A deterrência de oviposição encontrada neste trabalho pode estar diretamente

relacionada a presença de compostos antixenóticos que modificam o comportamento de escolha de um hospedeiro (VENDRAMIM & GUZZO, 2009). Os artrópodes usam estimulação química, física ou morfológica (VENDRAMIM & NISHIKAWA, 2001) para selecionar o substrato para a deposição dos ovos e/ou alimentação. Esses estímulos são percebidos por meio da visão, olfato, tato e paladar (SMITH, 2005; ANG et al., 2016) através de quimiorreceptores localizados no ovipositor, tarso ou boca (FENG et al., 2017). Portanto, a presença de metabólitos secundários pode alterar o comportamento de seleção do hospedeiro, tornando pouco atraente colocar ovos e deixar descendentes (PANDA & KHUSH, 1995).

Metabólitos secundários são substâncias derivadas do metabolismo secundário das plantas (BERENBAUM & SEIGLER, 1992) a partir de certos estresses abióticos ou bióticos, como por exemplo, o ataque de herbívoros (MCCALL & KARBAN, 2006; BALDIN et al., 2019). Os metabólitos secundários deterrentes mais conhecidos são os alcaloides, flavonoides, terpenoides e fenóis (SMITH, 2005).

Os flavonoides podem afetar diretamente a reprodução, oviposição (MUSAYIMANA et al., 2001; SIMMONDS, 2001) e reduzir a eclosão dos ovos (SALUNKE et al., 2005). Ferreira et al. (2021) ao avaliarem o efeito do extrato de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. sobre os ovos, larvas e adultos de *P. xylostella* observaram que o extrato apresentou atividade ovicida, larvicida e reduziu a oviposição de fêmeas de traça-das-crucíferas. Os autores realizaram análise fitoquímica do extrato de *O. ficus-indica* e notaram a presença de flavonoides, terpenos, esteroides e açúcares redutores.

A rutina e a quercetina repelem ou possuem ação adulticida em lepidópteros e coleópteros (LÜ & LIU, 2016; SILVA et al., 2016; HIKAL et al., 2017). De acordo com Salunke et al. (2005) a rutina e a quercetina são extremamente tóxicos para os adultos de *Callosobruchus chinensis* (Linnaeus) (Coleoptera: Bruchidae), causando mortalidade superior a 80%. Além disso, atuam como inibidores da arginina quinase (AK), enzima fundamental na regeneração de ATP, transporte de energia celular e contração muscular (PEREIRA et al., 2000; WANG et al., 2011).

Os resultados obtidos em ensaios sem chance de escolha (confinamento) são mais próximos as condições observadas em campo, simulando uma área de monocultivo, demonstrando se o extrato consegue ser efetivo mesmo quando o inseto não tem escolha (LARA, 1991). Além disso, métodos alternativos de controle que possuem ação adulticida ou ovicida são de extrema importância a campo, pois reduzem o número de indivíduos que irão atingir a fase larval e conseqüentemente, gerar danos econômicos aos produtores (WU et al., 2020; PAVUNRAJ et al., 2020).

## 4 | CONCLUSÃO

O efeito tóxico do extrato aquoso das espécies do gênero *Campomanesia* afetou

negativamente a oviposição de *P. xylostella* e, concomitantemente reduziu o número de indivíduos que iriam atingir a fase larval, fase na qual o inseto é considerado praga e causa inúmeros prejuízos a cultura de Brássicas, reduzindo perdas e o custo com o manejo.

## REFERÊNCIAS

APRD - Arthropod Pesticide Resistance Database. *Plutella xylostella*. Michigan State University, 2019. Disponível em: <http://www.pesticideresistance.org/>. Acesso em: 23/04/2021.

ANG, G. C. K.; ZALUCKI, M. P.; FURLONG, M. **Temporal changes in olfactory and oviposition responses of the diamondback moth to herbivore-induced host plants**. Entomologia Experimentalis et Applicata, v. 160, n. 1, p. 28-39, 2016.

BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIM, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. **Resistência de plantas a insetos: fundamentos a aplicações**. Piracicaba: FEALQ, 2019. 493p.

BERENBAUM, M. R.; SEIGLER, D. Biochemicals: engineering problems for natural selection. In: ROITBERG, B. D.; ISMAN, D. D. (eds.). **Insect chemical ecology: an evolutionary approach**. New York: Rotledge, 1992. p. 84-121.

BILAL, M., IQBAL, H.M.N., BARCELO, D., 2019. **Persistence of pesticides-based contaminants in the environment and their effective degradation using laccase-assisted biocatalytic systems**. Science of The Total Environment, v. 695, p. 133-896, 2019.

CATELAN, T. B. S.; RADAI, J. A. S.; LEITÃO, M. M.; BRANQUINHO, L. S.; VASCONCELOS, C. P.; HEREDIA-VIEIRA S. C.; KASSUYA, C. A. L.; CARDOSO, C. A. L. **Evaluation of the toxicity and anti-inflammatory activities of the infusion of leaves of *Campomanesia guazumifolia* (Cambess.) O. Berg**. Journal of Ethnopharmacology. v. 226, p.132–142, 2018.

CEASA - Centrais de Abastecimento de Campinas. **Couve-flor**. São Paulo, 2015. Disponível em: [http://www.ceasacampinas.com.br/novo/Serv\\_padro\\_Couve\\_Flor.asp](http://www.ceasacampinas.com.br/novo/Serv_padro_Couve_Flor.asp). Acesso em: 22/04/2021.

COUTINHO, I. D.; POPPI, N.R.; CARDOSO, C.L. **Identification of the volatile compounds of leaves and flowers in Guavira (*Campomanesia adamantium* O. Berg)**. Journal of Essential Oil Research, v. 20, n. 5, p. 405-407, 2008.

D'AMATO, C.; TORRES, J. P. M.; MALM, O. **DDT (dicloro difenil tricloroetano): toxicidade e contaminação ambiental - uma revisão**. Química Nova, São Paulo, v. 25, n. 6, p. 995-1002, 2002.

DE BORTOLI, S. A.; VIANA, C. L. T. P. A Base. In: DE BORTOLI, S. A. (Ed.). **Criação de insetos: da base à biofábrica**. Jaboticabal: Edição própria, 2009. p. 12-56.

DEQUECH, S. T. B.; EGEWARTH, R.; SAUSEN, C. D.; STURZA, V. S.; RIBEIRO, L. P. **Action of plants extracts on oviposition and on mortality of diamondback moth**. Ciência Rural, v. 39, n. 2, p. 551-554, 2009.

FENG, B.; QIAN, K.; DU, Y. J. **Floral Volatiles from *Vigna unguiculata* Are Olfactory and Gustatory Stimulants for Oviposition by the Bean Pod Borer Moth *Maruca vitrata***. Insects, v. 8, n. 2, p. 1-16, 2017.

GONÇALVES-GERVASIO, R.C.R. **Efeito de extratos de *Trichilia pallida* Swartz e *Azadirachta indica* A. Juss (Meliceae) sobre *Tuta absoluta* (Meyrick) e seu parasitoide *Trichogramma pretiosum* Riley.** 2003. 88p. Tese (Doutorado em entomologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2003.

GOVAERTS, R.; SOBRAL, M.; ASHTON, P.; BARRIE, F.; HOLST, B. K.; LANDRUM, L.R.; MATSUMOTO, K.; MAZINE, F.F.; NIC LUGHADHA, E.; PROENÇA, C.; SOARES-SILVA, L.H.; WILSON P.G.; LUCAS, E. **World Checklist of Myrtaceae.** Kew: Royal Botanic Gardens, 470 p, 2008.

HIKAL, W. M.; BAESHEN, R. S.; SAID-AL AHL, H. A. **Botanical insecticide as simple extractives for pest control.** Cogent Biology, vol. 3, p. 1-16, 2017.

KEPPANAN, R.; SIVAPERUMAL, S.; HUSSAIN, M.; DASH, C.K.; BAMISILE, B.S.; QASIM, M.; WANG, L.; 2018. **Investigation and molecular docking studies of Bassianolide from *Lecanicillium lecanii* against *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae).** Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology, v. 206, p. 65-72, 2018.

KLAFKE, J. Z.; SILVA, M. A.; PANIGAS, T. F.; BELLI, K. C.; OLIVEIRA, M. F.; BARICHELLO, M. M.; RIGO, F. K.; ROSSATO, M. F.; SANTOS, A. R. S.; PIZZOLATTI, M. G.; FERREIRA, J.; VIECILI, P. R. **N. Effects of *Campomanesia xanthocarpa* on biochemical, hematological and oxidative stress parameters in hypercholesterolemic patients.** Journal of Ethnopharmacology, v. 127, p. 299-305, 2010.

LANDRUM, L. R. **The development of the fruits and seeds of *Campomanesia* (Myrtaceae).** Brittonia, v. 34, n. 2, p. 220-224, 1982.

LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas a insetos.** 2. ed. São Paulo: Ícone, 1991, 336 p.

LÜ, J.; LIU, S. **The behavioral response of *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae) to citronellal, citral, and rutin.** Springer Plus, v. 5, n. 1, p. 1-7, 2016.

MARKMAN, B. E. O.; BACCHI, E. M.; KATO, E. T. M. **Antiulcerogenic effects of *Campomanesia xanthocarpa*.** Journal of Ethnopharmacology, v. 94, p. 55-57, 2004.

MCCALL, A. C.; KARBAN, R. **Induced defense in *Nicotiana attenuata* (Solanaceae) fruit and flowers.** Oecologia, vol. 146, p. 566-57, 2006.

MEDEIROS, C. A. M.; BOIÇA JUNIOR, A. L.; TORRES, A. L. **Efeito de extratos aquosos de plantas na oviposição da traça-das-crucíferas, em couve.** Bragantia, v. 64, n.2, p. 227-232, 2005.

MELO, R.; VENDRAME, L. P. C.; INQUIRIES, P. **Produção de brássicas no verão: velhos desafios e novas oportunidades.** In: EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, **Plant production**, Brasília, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/3236086/producao-de-brassic-as-no-verao-velhos-desafios-e-novas-oportunidades>. Acesso em: 23/04/2021.

MUSAYIMANA, T.; SAXENA, R. C.; KAIRU, E. W.; OGOL, C. P. K. O.; KHAN, Z. R. **Effects of neem seed derivatives on behavioral and physiological responses of the 58 *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae).** Journal of Economic Entomology, v. 94, p. 449-454, 2001.



PANDA, N.; KHUSH, G. S. **Host plant resistance to insects**. Wallingford: CAB International, 1995. 431p.

PAVUNRAJ, M.; BASKAR, K.; DURAI PANDIYAN, V.; AL DHABI, A.N.; BENELLI, G.; RAJENDHIRAN, V. **Toxicity of Ag nanoparticles synthesized using stearic acid from Catharanthus roseus leaf extract against *Earias vittella* and mosquito vectors (*Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti*)**. Journal of Cluster Science, v. 28, n. 5, p. 2477-2492, 2017.

PEREIRA, C. A.; ALONSO, G. D.; PAVETO, M. C.; IRIBARREN, U. M.; CABANAS, M. L.; TORRES, H. N.; FLAWIÁ, M. M. ***Trypanosoma cruzi* arginine kinase characterization and cloning: A novel energetic pathway in protozoan parasites**. Journal of Biological chemistry, v. 275, n. 2, p. 1495-1501, 2000.

SALUNKE, B. K.; KOTKAR, H. M.; MENDKI, O. S.; UPASANI, S. M.; MAHESHWARI, V. L **Efficacy of flavonoids in controlling *Callosobruchus chinensis* (L.) (Coleoptera: Bruchidae), a post-harvest pest of grain legumes**, Crop Protection, v. 24, p. 888-893, 2005.

SANTOS, M. A. T. **Efeito do cozimento sobre alguns fatores antinutricionais em folhas de brócolis, couve-flor e couve**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 30, n. 2, p. 294- 301, 2006.

SHEN, J.; DONGYANG, L.; ZHANG, S.; ZHU, X.; WAN, H.; JIANHONG, L. **Fitness and inheritance of metaflumizone resistance in *Plutella xylostella***. Pesticide biochemistry and physiology, v. 139, p. 53-59, 2017.

SILVA, K. S.; SANTOS, E. C. M.; BENETT, C. G. S.; LARANJEIRA, L. T.; EBERHARDT NETO, E.; COSTA, E. **Produtividade e desenvolvimento de cultivares de repolho em função de doses de Boro**. Horticultura Brasileira, v. 30, n. 3, p. 520-525, 2012.

SILVA, T.R.F.B.; ALMEIDA, A.C.S.; MOURA, T.L.; SILVA, A.R.; FREITAS, S.S.; GONÇALVES JESUS, S. **Effect of the flavonoid rutin on the biology of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)**. Acta Scientiarum. Agronomy, v. 38, n. 2, p. 165-170, 2016.

SIMMONDS, M. S. J. **Importance of flavonoids in insect–plant interactions: feeding and oviposition**. Phytochemistry, v. 56, p. 245-252, 2001.

SMITH, C. M. **Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches**. Springer Science & Business Media, Manhattan, p. 423, 2005.

SOBRAL, M.; PROENÇA, C.; SOUZA, M.; MAZINE, F.; LUCAS, E. Myrtaceae. In: Forzza, R.C. (org.). **Lista de espécies da flora do Brasil**. Rio de Janeiro, 2010. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010>. Acesso em: 21/04/2021

VENDRAMIM, J. D.; NISHIKAWA, M. A. N. Melhoria para resistência a insetos. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. (eds). **Recursos genéticos e melhoramento: Plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 737-781.

VENDRAMIM, J.D; CASTIGLIONI, E.; Aleloquímicos, resistência de plantas e plantas inseticidas. In: GUEDES, J.C; COSTA, I.D; CASTIGLIONI, E. (Org). **Bases e técnicas do manejo de insetos**. Santa Maria: Pallotti, 2000. 234p.

WANG, H. R.; ZHU, W. J.; WANG, X. **Mechanism of inhibition of arginine kinase by flavonoids consistent with thermodynamics of docking simulation.** International Journal of Biological Macromolecules, v. 49, n. 5, p. 985-991, 2011.

WARWICK, S. I. Brassicaceae in Agriculture. In: SCHMIDT, R.; BANCROFT, I. (eds.). **Genetics and Genomics of the Brassicaceae.** Springer Science and Business Media, 2011. p. 33-65.

WU, Z.; WEI, W.; CHENG, K.; ZHENG, L.; MA, C.; WANG, Y. **Insecticidal activity of triterpenoids and volatile oil from the stems of *Tetraena mongolica*.** Pesticide Biochemistry and Physiology, v. 166, p. 1-7, 2020.

ZAGO, H. B.; BARROS, R.; TORRES, J. B.; PRATISSOLO, D. **Distribuição de Ovos de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) e o Parasitismo por *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae).** Neotropical Entomology, v. 39, n. 2, p. 241-247, 2010.

ZALUCKI, M. P.; SHABBIR, A.; SILVA, R.; ADAMSON, D.; SHU-SHENG, L.; FURLONG, M. J. **Estimating the economic cost of one of the world's major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera:Plutellidae): just how long is a piece of string?.** Journal of Economic Entomology, Lanham, v.105, n. 3, p. 1115-1129, 2012.

## FISIOPATOLOGIAS ASSOCIADAS A OCORRÊNCIA DE MIÍASES HUMANAS

Data de aceite: 01/09/2021

Data de submissão: 20/06/2021

### **Débora Gonçalves de Oliveira e Silva**

Centro Universitário Brasileiro, Núcleo de  
Enfermagem  
Recife - PE  
<http://lattes.cnpq.br/7237829152691192>

### **Vilma Ribeiro de Lima**

Centro Universitário Brasileiro, Núcleo de  
Enfermagem  
Recife - PE  
<http://lattes.cnpq.br/9385477208093263>

### **Maria Eduarda de Moura Carvalho**

Centro Universitário Brasileiro, Núcleo de  
Enfermagem  
Recife - PE  
<http://lattes.cnpq.br/3836055231419570>

### **Vanesa Natalia Pereira de Moraes**

Centro Universitário Brasileiro, Núcleo de  
Enfermagem  
Recife - PE  
<http://lattes.cnpq.br/9752348536037305>

### **Thiago José de Souza Alves**

Centro Universitário Brasileiro, Núcleo de  
Enfermagem  
Recife - PE  
<http://lattes.cnpq.br/3169822724273026>

**RESUMO:** Miíase é uma doença, em geral ectoparasitária, causada pela infestação de larvas de dípteros, que invadem órgãos e

tecidos humanos e se alimentam de matéria viva ou morta. As miíases humanas podem ser classificadas quanto ao local de ocorrência assim quanto as características biológicas da mosca (miíases obrigatórias, facultativas e pseudomiíases). Senilidade, distúrbios psiquiátricos, falta de higiene, diabetes e algumas doenças vasculares são fatores predisponentes para a ocorrência das miíases. O diagnóstico clínico é realizado pela constatação das larvas e o principal tratamento consiste em sua catação manual. Nesse trabalho de revisão relacionamos uma série de fisiopatologias com a ocorrência das miíases humanas, bem como sua interrelação com as condições socioeconômicas dos indivíduos acometidos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bicheira, *Cochliomyia hominivorax*, *Dermatobia hominis*.

### PHYSIOPATHOLOGIES ASSOCIATED WITH THE OCCURRENCE OF HUMAN MYIASES

**ABSTRACT:** Myiasis is a disease, usually ectoparasitic, caused by the infestation of dipteran larvae, which invade human organs and tissues and feed on living or dead matter. Human myiasis can be classified according to the place of occurrence as well as the biological characteristics of the fly (mandatory, facultative and pseudomyiasis). Senility, psychiatric disorders, poor hygiene, diabetes and some vascular diseases are predisposing factors for the occurrence of myiasis. The clinical diagnosis is made by finding the larvae and the main treatment consists of their manual collection. In

this review work, we related a series of pathophysiologicals with the occurrence of human myiasis, as well as their interrelationship with the socioeconomic conditions of the affected individuals.

**KEYWORDS:** Screwworm, *Cochliomyia hominivorax*, *Dermatobia hominis*.

## 1 | INTRODUÇÃO

As miíases humanas (*myia* = mosca; *ase* = doença) podem ser definidas como infestações por larvas de dípteros, que pelo menos durante certo período do seu ciclo biológico, se alimentam dos tecidos vivos ou mortos do hospedeiro parasitado, assim como de suas substâncias corporais líquidas, ou do alimento por ele ingerido (NEVES, 2016; LUCENA *et al.*, 2020). Essa afecção dermatológica, é originada pela deposição dos ovos de moscas hematófagas em órgãos íntegros ou lesionados; a exemplo da espécie *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel, 1858) (Diptera: Calliphoridae), popularmente conhecida como mosca-varejeira, cujas larvas após eclodirem, penetram nos tecidos através de qualquer fissura ou do folículo piloso, e passam então a se nutrir do tecido subcutâneo e dos fluidos corporais do hospedeiro (SILVEIRA *et al.*, 2015, CALDERÓN *et al.*, 2017).

De acordo com Bernabé *et al.*, (2016) e Neves (2016), existem diversas maneiras de classificar as miíases ocorrentes em humanos, dentre as quais, através de sua localização e pela biologia da espécie causadora. A primeira classificação, fundamentada nos locais parasitados onde as larvas se instalam ou são encontradas, podem designar miíases dos tipos: *i. cutâneas ou subcutâneas* – onde as larvas são vistas movimentando-se em ulcerações da pele ou abaixo desta, em meio a secreção purulenta; *ii. cavitárias* – as larvas são encontradas em cavidades e orifícios naturais infectados como boca, nariz, ouvidos, olhos, vagina e ânus; e *iii. Intestinais* - quando o indivíduo acidentalmente ingere ovos ou larvas de moscas presentes em alimentos.

Por sua vez, a classificação baseada nas características biológicas das moscas, atualmente mais aceita e viabilizada, determina miíases dos tipos obrigatórias, facultativas e pseudomiíases. Miíases obrigatórias ou primárias são aquelas nas quais as larvas se desenvolvem apenas em tecidos vivos, não possuindo outra fonte de recurso alimentar. As miíases facultativas, também conhecidas como secundárias, são causadas por larvas que se alimentam de tecido necrosado; essas larvas têm uma maior multiplicidade de hábitos alimentares, assim também podendo ser encontradas em matéria orgânica em decomposição, tais como carcaças e fezes. Por fim, as Pseudomiíases, originadas a partir da ingestão de líquidos ou alimentos contendo larvas de dípteros, o que pode levar ao desenvolvimento no trato digestório de quadro patológico com menor ou maior gravidade, tais como danos na mucosa intestinal, infiltrações hemorrágicas e ou distúrbios gastrointestinais.

## 2 | METODOLOGIA

Esta pesquisa se trata de uma revisão de literatura realizada entre setembro de 2020 a junho de 2021, na qual foram coletados dados a partir de estudos acadêmicos já existentes. Para a realização do levantamento bibliográfico foram utilizados os seguintes descritores: miíases humanas, bicheira, berne, *Cochliomyia hominivorax* e *Dermatobia hominis*. Como critérios de inclusão, foram selecionados materiais publicados nos idiomas Português, Espanhol e Inglês; já como critérios de exclusão, foram descartadas as publicações do tipo resumo, monografia, tese e dissertação.

## 3 | MIÍASES HUMANAS

### 3.1 Principais espécies causadoras

A ordem Diptera agrupa famílias de inseto de grande importância em saúde pública, sobretudo devido aos culicídeos vetores, a exemplo do *Aedes aegypti* Linnaeus e do *Culex quinquefasciatus* Say; e das moscas causadoras das miíases humanas (TRIPLEHORN, JOHNSON; 2011). Os dípteros apresentam sinapomorfias como um par de asas do tipo balancins ou halteres, aparelho bucal do tipo picador-sugador e desenvolvimento holometabólico (GULLAN, CRANSTON; 2012). Do ponto de vista biológico, as espécies cujas larvas produzem miíases humanas, são encontradas principalmente nas famílias Calliphoridae e Sarcophagidae, com destaque para os gêneros *Cochliomyia*, *Dermatobia* e *Lucilia*. As larvas de *Cochliomyia hominivorax* e *Dermatobia hominis* (Linnaeus Jr., 1781) (Diptera: Oestridae) são os agentes causais mais comuns das miíases humanas (NASCIMENTO *et al.*, 2005; FERRAZ *et al.*, 2008; MULIERI, PATITUCCI, 2019).

*Cochliomyia hominivorax*, popularmente conhecida como mosca varejeira, mede cerca de 8mm de comprimento e apresenta uma coloração metálica que transita entre um verde azulado. São abundantes em áreas de clima quente e úmido e podem ovipositar, em média, 2.800 ovos ao longo de sua vida. As fêmeas põem de 10 a 300 ovos em ferimentos e ou cavidades corporais e, cerca de 12 a 20 horas depois, ocorre a eclosão das larvas que passam a se alimentar vorazmente causando a destruição dos tecidos do hospedeiro, dando origem a feridas deformantes, supuradas e profundas (NEVES, 2016; THEOTONIO, *et al.*, 2017; COSTA-JUNIOR *et al.*, 2019).

*Dermatobia hominis*, também conhecida por mosca de berne, é uma espécie robusta com aproximadamente 12 mm de comprimento, que chega a depositar de 400 a 800 ovos ao longo de sua vida. Essa mosca se destaca pelo seu ciclo biológico está associado a forésia, uma relação ecológica onde a fêmea deposita seus ovos no abdome de um inseto hematófago; quando esta pica um indivíduo, os ovos entram em contato com a pele e eclodem, a larva então penetra na pele, mesmo que esta esteja íntegra; além disso, larvas de *D. hominis* podem também ser veiculada através de alimentos contaminados,

como frutas, gerando pseudomíases (NEVES, 2016; FUNES *et al.*, 2019; FUENTES *et al.*, 2021).

### 3.2 Fisiopatologias associadas as míases humanas

Algumas patologias, especialmente as que causam lesões na pele, favorecem a ocorrência das míases. Braga *et al.* (2011), destacaram a associação entre míases humanas e a erisipela bolhosa, onde as lesões abertas, oriundas do comprometimento da derme, epiderme e do sistema linfático, contribuíram com a instalação do parasita e, conseqüentemente, com a incidência da míase. Por sua vez, Visciarelli *et al.* (2003), atestaram a ocorrência de míases humanas, causadas por *C. hominivorax*, associada a pediculose. Diversas outras fisiopatologias que acometem o tegumento já foram descritas relacionadas as míases humanas, dentre elas: Hanseníase (SERAFIM *et al.*, 2020), Filariose (CANDAMOURTY *et al.*, 2013), Leishmaniose (PAVLIDAKEY *et al.*, 2015; YEN TAY *et al.*, 2018) e Tungíase (CESTARE *et al.*, 2007).

O trato gastrointestinal por vezes é alvo da ocorrência de míases. Gross e Jitumori (2019) descrevem que cerca de 200 larvas foram removidas de um paciente que apresentou sangramento, secreção e odor fétido na região bucal, onde se constatou a presença das larvas nas regiões do palato mole, palato duro e alvéolos dentários. Embora de ocorrência rara, as larvas podem se desenvolver em órgão pertencentes ao trato digestório infradiaphragmático, como apontaram López, Romero e Henao (2017), ao descreverem casos de míases gástrica e intestinal em humanos após os acometidos apresentarem diarreias, fortes cólicas e dores abdominais, além de fezes sanguinolentas. Kotze *et al.* (2009) mencionam a ocorrência de míases em um prolapso retal, alertando que até mesmo o hábito de defecar em locais com baixo grau de saneamento, pode favorecer o acometimento da mucosa retal por essa parasitose.

O canal auditivo também pode ser uma região para o desenvolvimento de míases. Denominada míase otológica, essa condição é considerada uma emergência em virtude de sua morbidade e desconforto, cujo agravamento poderia evoluir para a perfuração da membrana timpânica e a broncoaspiração (MANGUSSI-GOMES *et al.*, 2013; RUIZ *et al.*, 2018). Dentre os sintomas mais expressivos da míase otológica estão hipoacusia, otorragia, otorreia, zumbido, dor e sensação de plenitude e desconforto (SILVA *et al.*, 2011).

A infestação de larvas de dípteros podem também acometer os órgãos do sistema respiratório. Katabi *et al.* (2020) evidenciaram a ocorrência de míase na cavidade nasal cujos parasitas se alimentavam de um coágulo sanguíneo formado em decorrência de uma hemorragia, ocasionada pela inserção de uma sonda nasogástrica no paciente; Singh (2020) alerta sobre as míases traqueopulmonares, que embora raras, podem acometer essa região e desencadear episódios de apneia, hipóxia e até evoluir para ulcerações nas vias respiratórias. Alguns autores enfatizam os cuidados necessários em procedimentos relacionados ao trato respiratório, como a traqueostomia cuja negligência pode favorecer

a ocorrência de miíases (CARVALHO *et al.*, 2009; SEVERINI *et al.*, 2015; SHARMA *et al.*, 2017).

As infecções por miíases humanas são mais frequentes em áreas expostas, porém a ocorrência dessa patologia pode lesionar, também, órgãos mais internos, a exemplo do colo e da cavidade uterina (PERES *et al.*, 2020). Silva *et al.* (2020), descreveram a ocorrência de miíases em áreas necrosadas na uretra e nos corpos cavernosos e esponjosos de um paciente, cuja gravidade da infestação larvária resultou na necessidade da realização de uma uretostomia. A infestação genital/vulvar também é de rara ocorrência, pelo fato do local ser, habitualmente, protegido pelas vestimentas, se tornando um local de pouca acessibilidade para as moscas, contudo, essa condição clínica foi registrada em pacientes com hábitos precários de higiene (MARTINEZ *et al.*, 2003).

Ao avaliar a ocorrência de miíases humanas, Nascimento *et al.* (2005) constataram que as larvas ocorrem com mais frequência nos membros inferiores, seguidas pela região da cabeça e na cavidade bucal. Embora em sua maioria sejam facilmente solucionadas, quase sempre através de remoção mecânica associada ou não a administração de Ivermectina, as miíases podem se agravar (por exemplo: septicemia e destruição das meninges) e evoluir para óbito (SILVEIRA *et al.*, 2015; SERAFIM *et al.*, 2020). Além do mais, como afirmam Pereira *et al.* (2010), as miíases podem atuar como porta de entrada para microrganismos patogênicos, como o *Staphylococcus aureus*.

### 3.3 Características fisiológicas dos acometidos

A miíase, comumente, acomete pacientes com fatores predisponentes, tais como condições higiênicas insatisfatórias, lesões diabéticas, elefantíase, anemia, hemorroidas, senilidade, etilismo crônico, pacientes com transtornos mentais, desnutridos, desidratados, usuários contínuos de respiradores bucais, acometidos por pediculose, moradores de rua, vítimas de trauma facial, imunodeprimidos, portadores de câncer em estágio avançado, indivíduos com casos grave de gengivites, além de pacientes debilitados em leitos de hospitais ou em casos de negligência (NASCIMENTO *et al.*, 2005; COSTA-JÚNIOR *et al.*, 2019; QUEIROZ *et al.*, 2019).

Além do mais, como afirmam Lucena *et al.* (2020), fatores ecológicos específicos podem influenciar na incubação dos ovos e, posteriormente, no agravamento das lesões, dentre esses fatores: alterações no pH da superfície da ferida, mudanças mínimas de temperatura, abundância de lesões supurativas pré-existentes expostas, que atraem e estimulam o depósito de ovos pela fêmea, falta de higiene pessoal e até mesmo as condições climáticas da localidade onde se encontra o hospedeiro, o que explicaria a ocorrência de miíases também em indivíduos saudáveis (FERRAZ *et al.*, 2008).

### 3.4 Diagnóstico e tratamento

O diagnóstico de miíase é clínico, feito pela presença e movimentação das larvas.

Apesar de não ser obrigatório, a realização de um hemograma pode demonstrar leucocitose e eosinofilia. Casos específicos, como acometimento cerebral, facial ou orbitário, podem exigir exames histopatológicos ou diagnóstico por imagem, tais como exames de ultrassonografia, tomografia computadorizada e ressonância magnética (CAVALCANTI, 2008; GROSS, JITUMORI, 2019; HENRIQUE *et al.*, 2020).

O tratamento das miíases humanas seguem comumente alguns passos: *i.* limpeza da ferida, *ii.* administração de substâncias tóxicas (ex :éter), induzindo hipóxia localizada para as larvas emergirem à superfície e *iii.* catação dos parasitas de forma mecânica, com o auxílio de pinças, sem agredir as larvas para que elas não se rompam. Técnicas cirúrgicas também são utilizadas, sobretudo, quando a catação manual não se torna tão eficaz (FERRAZ *et al.*, 2008; SILVEIRA, *et al.*, 2015; LUCENA *et al.*, 2020).

Um tratamento alternativo envolve o uso de Ivermectina, um antiparasitário de largo espectro cujo mecanismo de ação consiste em uma interferência nos impulsos nervosos do parasita através da liberação do ácido gama aminobutírico (GABA), gerando um potencial pós-sináptico inibitório, resultando na paralisia e morte das larvas. A Ivermectina pode ser administrada de forma tópica ou oral, a depender da localização e ou da carga parasitária (CALDERÓN *et al.*, 2017; RUIZ, BORGES, JÚNIOR, 2018; PERES *et al.*, 2020).

### 3.5 Ocorrência de miíases *versus* relações socioeconômicas

Miíase é uma doença que, em sua maioria, acomete moradores de regiões rurais, com baixo nível socioeconômico, condições de higiene precárias e acesso limitado às redes de esgotos e saúde. Nas áreas urbanas, a infestação é prevalente em indivíduos com hábitos precários de higiene, baixo nível de escolaridade e ou pacientes com distúrbios psiquiátricos ou imunodeprimidos.

Essa doença é caracterizada por uma infestação de baixa gravidade e curta duração, e como não há obrigatoriedade de sua notificação, ocorre uma subnotificação de casos. Essa parasitose é subestimada e os relatos são minimizados por uma série de causas sociais e médicas, que acabam por reduzir ainda mais os dados referentes às miíase humanas (NASCIMENTO *et al.*, 2005; SAMPAIO, OLIVEIRA, MENEZES; 2021).

## 4 | CONCLUSÃO

Os processos patológicos e, por vezes, procedimentos cirúrgicos favorecem a instalação das miíases humanas, sendo esta, uma parasitose prevalente em áreas subdesenvolvidas. Lesões expostas, baixo nível socioeconômico, idade avançada, distúrbios neurológicos e falta de higiene pessoal são alguns dos fatores predisponentes para a ocorrência das infestações larvárias. Embora capazes de causar deformidades anatômicas e até óbito, essa parasitose é negligenciada muitas vezes sendo notificados apenas os casos de maior gravidade.



O tratamento primário das miíases consiste na retirada, de forma mecânica, das larvas, a fim de evitar complicações secundárias, como as infecções bacterianas. Já o tratamento cirúrgico é exigido nos casos mais complexos, quando as camadas mais profundas do tecido cutâneo são atingidas ou quando a miíase ocorre em cavidades. Quanto a um tratamento medicamentoso, o uso de Ivermectina constitui o mais indicado.

## REFERÊNCIAS

BRAGA, L.B.F; *et al.* Miíase associada a erisipela bolhosa. **Revista de Patologia Tropical**. v. 40, n. 3, p. 271-276, 2011.

BERNABÉ, A.S; FERRAZ, R.R.N; RODRIGUES, F.S.M; ERRANTE, P.R. Epidemiologia da Miíase Cutânea: revisão da literatura. **Atas de Ciências da Saúde**. v. 4, n. 2, p. 14-22, 2016.

CALDERÓN, P.H; *et al.* Miasis cutânea por *Cochliomyia hominivorax* associada a dermatites seborreica. **Revista Medica de Chile**.v.145, p. 250 - 254, 2017.

CANDAMOURTY, R; VENKATACHALAM, S; YUVARAJ, V; SUJEE, C. Miíase oral em um adulto associado a filariose e hanseníase. **Journal of Natural Science, Biology and Medicine**, v. 4, n.1, p. 259-262, 2013.

CARVALHO, C.D; *et al.* Relato de caso: infestação da cânula de traqueostomia por miíase. **Arquivos catarinenses de medicina**, v. 38, n 3, p. 96-99, 2009.

CAVALCNATI, A. L. Miíase Oral: etiologia, diagnóstico e tratamento. **Revista da Faculdade de Odontologia de Porto Alegre**. V.49, n.2, p.32-35, 2008.

CESTARI, T.F; PESSATO, S; SILVA-E-RAMOS, M. Tungiasis and myiasis. **Clinics in Dermatology**. v. 25, n.2, p. 158-164, 2007.

COSTA-JUNIOR, L.M; *et al.* A review on the occurrence of *Cochliomyia hominivorax*: (Diptera: Calliphoridae) in Brasil. **Brazilian Journal of Veterinary Parasitology**, v. 28, n. 4, p. 548-562, 2019.

FERRAZ, A.C.P; NUNES, R.V; GADELHA, B.Q; NASCIMENTO, B.P; BARROS, P.R.E.M; COELHO, M.A; LESSA, C.S.S. Raro caso de miíases por *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae) e *Dermatobia hominis* (Diptera: Oestridae) em paciente humano. **Arquivos de Ciência da Saúde**, v. 15, n. 3, p. 142-144, 2008.

FUENTES, J.C; BARBIE, S.V; ANZARDO, R.D.D; LEYVA, C.L. Miasis en lactante venezolano. **Correo Científico Médico (CCM)**. v. 25, n. 1, 2021.

FUNES, A.B.A; MARTINS, A.C.G; NEVES, A.M.C; ABREU, M.A.M.A; ESPÓSITO, A.C.C. Miíase por *Dermatobia hominis* simulando lipoma. **Surgical & Cosmetic Dermatology**, v. 12. n. 3, p. 290-293, 2019.

GROSS, D.J; JITUMORI, C. Miíase bucal em paciente em estado vegetativo: relato de caso. **Journal of Health**. v. 21, n. 1, p. 1-6, 2019.

GULLAN, P.J; CRANSTON, P.S. **Os Insetos: um resumo de Entomologia**. 4. Ed. São Paulo. Roca, 2012.

HENRIQUE, M.M; HENRIQUE, P.R; PAIVA, P.M.H; SERVATO, J.P.S; FARIA JÚNIOR, R.B; PINTO JÚNIOR, E.R.D. Miíase Furuncular: Relato de Caso. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 62684-62691, 2020.

KATABI, N; *et al.* O microambiente imunológico e a passagem neoantígena de carcinomas agressivos da glândula salivar diferem por subtipo. **Clinical Cancer Research**, v. 26, p. 2859-2870, 2020.

KOTZE, P.G, *et al.* Infestação por miíase em prolapso retal: relato de caso e revisão de literatura. **Revista Brasileira de Coloproctologia**, v. 29, n. 3, p.382-385, 2009.

LÓPEZ, G; ROMERO, I; HENAO, G. P. Gastric and intestinal myiasis due to Ornidia obsea: (Diptera: Syrphidae) in humans, First report in Colombia. **Revista MZV Córdoba**, v. 22, n. 1, p. 5755-5760, 2017.

LUCENA, V.R.S; MORAIS, H.H.A; SOUZA JÚNIOR, E.F; GREMPEL, R.G. Tratamento de Miíase em trauma facial: Relato de caso. **Revista Portuguesa de Otorrinolaringologia e Cirurgia de Cabeça e Pescoço**, v 58, n.1, p. 37-40, 2020.

MANGUSSI-GOMES, J; ANDRADE, J.S.C; MATOS, R.C.; KOSUGI, E.M; PENIDO, N.O. ENT foreign bodies: profile of the cases seen at a tertiary hospital emergency care unit. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 79, n. 6, p. 699 -703, 2013.

MARTINEZ, C.A.R; ROMANI, G; PRIOLLI D. G; CAMPOS, A.A; CARNEIRO, V. P.P; DALBEM, C.A.G. Miíase Vulvar: Relato de Caso. **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia**, v. 25, n. 4, p. 291-295, 2003.

MULIERI, P.R; PATITUCCI, L.D. Usando modelos de nicho ecológico para descrever a distribuição geográfica de *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae) causadora de miíase, no sul da América do Sul. **Pesquisa Parasitológica**, v. 118, p. 1077-1086, 2019.

NASCIMENTO, E.M.F; OLIVEIRA, J.B; PAES, M.J. Miíase humanas por *Cochliomyia Hominivorax* (Coquerel,1858) (Diptera, Calliphoridae) em hospitais públicos na cidade do Recife, Pernambuco, Brasil. **Entomologia y Vectores**, v. 12, n. 1, p. 37-51, 2005.

NEVES, D.P; MELO, A. L; LINARDI, P. M; VITOR, R.W.A. **Parasitologia Humana**. 13 Ed. São Paulo: Atheneu, 2016.

PAVLIDAKEY, P.G; HUYNH, T; MCKAY, K.M; SAMIL, N. *Leishmaniasis Panamensis* Masquerading as Myiasis and Sporotrichosis: A Clinical Pitfall. **Hindawi Publishing Corporation Case Reports in Pathology**, n. 2015, v.1, p.1-3, 2015.

PEREIRA, J; *et al.* Empiema epidural relacionado a miíase dorsal. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 43, n. 3, p. 345, 2010.

PERES, T.G; FRACALOZZI, J.L; SOUZA, M.G; SANTOS JÚNIOR, E.B.S; OTUBO, V.T.K. Miíase em prolapso uterino completo: um estudo de caso. **Revista Artigos.Com**, v. 20, p. 3-7, 2020.

QUEIROZ, M.M.C; DUARTE, M.L; BRAGA, M.V; CORTINHAS, L.B. Identificação das espécies causadoras de míases em humanos provenientes dos serviços de saúde do município de Nova Iguaçu, RJ, entre os anos de 2017 e 2018. **Revista de Saúde**, v. 10, n. 2, p. 37-42, 2019.

RUIZ, T.H; BORGES, G.C; JÚNIOR, J.J.J. Miíase otológica. **Revista da Faculdade de ciências médicas de Sorocaba**, v. 20, n. 4, p. 238-240, 2018.

SAMPAIO, A.T.P; OLIVEIRA, E.S; MENEZES, M.R.S. Assistência de Enfermagem em miíase humana para pessoas em situação de rua: revisão integrativa da literatura. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**. v. 4, n. 8, p.159-172, 2021.

SERAFIM, R.A; ESPIRÍTO SANTO, R.B; MELLO, R.A. F; COLLIN, S.M; DUARTE, P. Case Report: Nasal Myiasis in na Elderly Patient with Atrophic Rhinitis and Facial Sequelas of Leprosy. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 102, n. 2, p. 448-450, 2020.

SEVERINI, F; NOCITA, E; TOSINI, F. Myiasis of the Tracheostomy Wound Caused by *Sarcophaga* (*Liopygia*) *argyrostoma* (Diptera: Sarcophagidae): Molecular Identification Based on the Mitochondrial Cytochrome c Oxidase I Gene. **Journal Medical Entomology**, v. 52, n. 6, p. 1357-1360, 2015.

SHARMA, R; BARATHI, K. V; SAINI, R. S; RAIRAGI, S; RANI, D. Tracheostomal myiasis! A Word of caution, **Indian Journal of Anesthesia**, v. 61, p. 936-937, 2017.

SINGH, A. Prevalence of tracheo-pulmonary myiasis amidst humans. **Parasitology Research**. v.120, p. 1091-1096, 2020.

SILVA, J.A. B; BORJA, G.E.M; QUEIROZ, M.M.C. Miíases Humanas causadas por larvas de *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel) (Diptera: Calliphoridae) em São Gonçalo, RJ, Brasil: Uma Abordagem Sócio-econômica. **EntomoBrasilis**, v. 4, n. 3, p.144-146, 2011.

SILVA, G.C.R, *et al.* Miíase em pênis com lesão uretral. **UROMINAS**, 2318-0021, 2020.

SILVEIRA, M.A; PINHEIRO, S.D; SILVA, V.C; AZEVEDO, M.A; CORREIA, R.O. Cavitary myiasis mimicking peritonsillar abscess. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v.81, p. 336-338, 2015.

THEOTONIO, J.A; *et al.* Óbito decorrente de miíase em região maxilofacial: relato de caso clínico. **Revista de Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Facial**. v. 17, n. 4. p. 27 -31, 2017.

TRIPLEHORN, C. A; JOHNSON, N. F. **Estudo dos Insetos**. 7 Ed. São paulo. Cengage Learning, 2011.

VISCIARELLI, E.C; GARCÍA, S.H; SALOMÓN, C; JOFRÉ, C; COSTAMAGNA, S.R. Un caso de miasis humana por *Cochliomyia hominivorax* (Doptera: Calliphoridae) asociado a pediculosis en Mendoza, Argentina. **Parasitología Latinoamericana**, v. 58, p. 166-168, 2003

YEN TAY, S; RAMASAMY, B.R.; WATSON, D.A; MONTOYA, M. Treatment of nasal myiasis with ivermectin irrigation. Treatment of nasal myiasis with ivermectin irrigation. **Case Reports 2018**: bcr-2017-224142, 2018.

# CAPÍTULO 9

## HUMANIZAÇÃO DA ASSISTÊNCIA DE ENFERMAGEM AO PACIENTE NO CENTRO CIRURGICO

Data de aceite: 01/09/2021

Data de submissão: 04/06/2021

### **Joanderson Nunes Cardoso**

Faculdade de Medicina Estácio de Juazeiro do Norte – FMJ  
Juazeiro do Norte – Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/2671942648283024>

### **Patrícia Silva Mota**

Faculdade de Medicina Estácio de Juazeiro do Norte - FMJ  
Juazeiro do Norte – Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/0711630043926532>

### **Igor de Alencar Tavares Ribeiro**

Juazeiro do Norte – Ceará  
Faculdade de Ciências Médicas da Paraíba – FCM  
<http://lattes.cnpq.br/4057782170184631>

### **Nádia Maria de Oliveira Melo**

Faculdade de Medicina Estácio de Juazeiro do Norte – FMJ  
Juazeiro do Norte – Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/1609252977454283>

### **Davi Pedro Soares Macêdo**

Faculdade de medicina Paraíso - Ceará  
Juazeiro do Norte – Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/68125060887669392>

### **Juliana Maria da Silva**

Faculdade de Medicina de Juazeiro do Norte - Ceará  
Juazeiro do Norte - Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/5815279513043623>

### **Shady Maria Furtado Moreira**

Faculdade de Medicina Estácio de Juazeiro do Norte – FMJ  
Juazeiro do Norte – Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/8895306166370244>

### **Uilna Natércia Soares Feitosa**

Faculdade de Medicina Estácio de Juazeiro do Norte – FMJ  
Juazeiro do Norte – Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/1361775486227948>

### **Izadora Soares Pedro Macêdo**

Faculdade de Medicina Estácio de Juazeiro do Norte – FMJ  
Juazeiro do Norte – Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/3105930280091250>

### **Edglê Pedro de Sousa Filho**

Faculdade de Medicina Estácio de Juazeiro do Norte – FMJ  
Juazeiro do Norte – Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/9013495353834780>

### **Kamila Oliveira Cardoso Morais**

Hospital Infantil Municipal Maria Amélia Bezerra de Menezes  
Juazeiro do Norte – Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/9052081865892999>

### **Maria Solange Cruz Sales de Oliveira**

Hospital Infantil Municipal Maria Amélia Bezerra de Menezes  
Juazeiro do Norte – Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/2964569388919074>

**RESUMO:** Segundo a Política Nacional de Humanização (PNH), lançada em 2003, a

humanização é definida como o enaltecimento dos clientes, profissionais e gestores na produção da saúde. É a valorização do sujeito favorecendo a autonomia através da criação de conexões solidárias. Analisar a importância do cuidado humanizado de enfermagem aos pacientes no centro cirúrgico. Trata-se de um estudo de revisão integrativa da literatura, para o qual foram selecionados e analisados artigos criteriosamente, em busca de identificar como está a humanização da assistência de enfermagem a paciente no centro cirúrgico. A pesquisa obedeceu aos seguintes critérios de inclusão: Serem artigos primários; estejam indexados gratuitamente nas bases de dados LILACS, SCIELO, BDNF e MEDLINE; disponíveis nos idiomas Português, Inglês e Espanhol; e que correspondessem ao um recorte temporal de cinco anos (2015- 2020). Para os critérios de exclusão: estudos não disponíveis na íntegra; não corresponderem a temática abordada; e que fossem duplicados. Foram encontrados 17 artigos, foi realizada leitura exploratória dos mesmos, sendo que 11 foram excluídos por caracterizarem fuga ao tema. Para a presente pesquisa foram usados 6 artigos. A humanização da assistência de enfermagem em centro cirúrgico, tem como objetivo principal melhorar as condições de atendimento ao paciente dentro do centro cirúrgico, contribuindo também com a segurança do paciente e a prevenção de eventos adversos em todos os aspectos, levando em conta que este cliente é um ser movido por emoções, e muitas vezes uma extrema ansiedade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Humanização, assistência de enfermagem, centro cirúrgico.

## HUMANIZATION OF NURSING CARE TO PATIENTS IN THE CIRURGICO CENTER

**ABSTRACT:** According to the National Humanization Policy (PNH), launched in 2003, humanization is defined as the praise of clients, professionals and managers in the production of health. It is the valorization of the subject favoring autonomy through the creation of solidary connections. To analyze scientific articles on the importance of humanized nursing care for patients in the operating room. This is an integrative literature review study, for which articles were carefully selected and analyzed, in order to identify the humanization of nursing care for patients in the operating room. The research followed the following inclusion criteria: a) They are primary articles; b) To be indexed free of charge in the LILACS, SCIELO, BDNF and MEDLINE databases; c) Available in Portuguese, English and Spanish; and d) Corresponding to a five-year time frame (2015-2020). For the exclusion criteria, we used: a) Not available in full; b) Do not correspond to the theme addressed; and c) be duplicated. 17 articles were found, exploratory reading of them was carried out, 11 of which were excluded due to their escape from the topic. Six articles were used to present the research. The humanization of nursing care in the operating room has the main objective of improving the conditions for patient care within the operating room. Doing so improves patient safety since the patient is a being moved by emotions, with that many times, makes the passage through this distressing procedure.

**KEYWORDS:** Humanization, nursing assistance, surgical center.

## 1 | INTRODUÇÃO

A unidade de centro cirúrgico é caracterizada como a reunião de componentes que visam atividades cirúrgicas e pós-anestésicas. Fazendo parte de um conjunto de setores que se complementam, sendo estes o centro cirúrgico com as salas de operações, a sala de recuperação pós-anestésica (SRPA) e a central de materiais e esterilização (CME) (CARVALHO; BIANCHI, 2016).

De uma forma generalizada o centro cirúrgico deverá estar situado em área afastada da circulação hospitalar, em um ambiente onde não ocorra grande fluxo de pessoas, próximo a unidades de internação, unidade de terapia intensiva, pronto atendimento e entre outras áreas que possam dar suporte em caso de alguma intercorrência e facilidade no trabalho das equipes como um todo (CARVALHO, 2015).

Na rotina da assistência, os profissionais da saúde recebem uma demanda de pessoas que apresentam singularidades, conflitos e caráter únicos o qual deverão ser atendidos com muita eficácia técnica e científica pelos profissionais, no entanto muitos profissionais acabam por não tratar seus pacientes como “ser único” (MEDINA, BACKES, 2002).

Segundo a Política Nacional de Humanização (PNH), lançada em 2003, a humanização é definida como o enaltecimento dos clientes, profissionais e gestores na produção da saúde. É a valorização do sujeito favorecendo a autonomia através da criação de conexões solidárias (BRASIL, 2013).

O modelo de humanização que mais se destaca na enfermagem é o modelo de Florence que sempre visou o conforto e o cuidado do paciente, através de sua teoria ambientalista. (MEDEIROS et al., 2015). Dessa forma o objetivo de estudo apresentados neste trabalho será voltado para o paciente em pré-operatório.

A conduta utilizada diante da problemática será conscientizar os profissionais da importância da empatia e do diálogo diante do paciente pré-operatório imediato, visando esclarecer dúvidas sobre o procedimento e tornando o ambiente mais seguro e confortável possível para o paciente.

Analisando conforme o contexto citado nos parágrafos anteriores, podemos levantar o seguinte questionamento: Quais os cuidados humanizados que a enfermagem poderá realizar ao paciente dentro do centro cirúrgico.

O intuito do trabalho é para demonstra que a humanização no centro cirúrgico é de grande relevância para os pacientes e profissionais de saúde. Sendo assim, os estudos realizados demonstraram a importância da humanização e como os profissionais devem se empoderar dos atos cabíveis para uma melhor assistência aos pacientes.

## 2 | MÉTODO

Trata-se de um estudo de revisão integrativa da literatura, para o qual foram selecionados e analisados criteriosamente artigos científicos, em busca de identificar a

importância da humanização da assistência de enfermagem a paciente no centro cirúrgico.

Para a sua elaboração, as seguintes etapas foram percorridas: 1) Elaboração do tema questão da pesquisa; 2) Busca na literatura dos estudos primários; 3) Extração de dados dos estudos primários; 4) Avaliação dos estudos primários a serem incluídos na revisão; 5) Análise e síntese dos resultados da revisão e 6) Apresentação da revisão. A questão norteadora da revisão foi: Quais os cuidados humanizados que a enfermagem poderá realizar ao paciente dentro do centro cirúrgico?

Os artigos selecionados para análise e construção do presente estudo, foram buscados através da Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), utilizando as seguintes bases de dados: Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MEDLINE) e Scientific Electronic Library Online (SCIELO) e Base de Dados de Enfermagem (BDENF). Dessa forma, procurou-se ampliar o âmbito da pesquisa, minimizando possíveis vieses nessa etapa do processo de elaboração da revisão integrativa.

A pesquisa obedeceu aos seguintes critérios de inclusão: a) serem artigos primários; b) estarem indexados gratuitamente nas bases de dados LILACS, SCIELO, BDENF e MEDLINE; c) disponíveis nos idiomas Português, Inglês e Espanhol; e d) corresponderem a um recorte temporal de cinco anos (2015-2020). Para os critérios de exclusão utilizou-se: a) Não disponíveis na íntegra; b) Não corresponderem a temática abordada; e c) Serem duplicados.

Utilizou-se as palavras-chave: Humanização, assistência de enfermagem, centro cirúrgico, mediados pelo operador Booleano “AND”. A partir da busca na BVS encontrou-se 56 estudos após aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, restaram 20 artigos, sendo eles 15 artigos na LILACS; 0 na MEDLINE, 5 na BDENF. Após a leitura na íntegra dos artigos em questão, observando se abordava a temática proposta e se havia duplicata de artigos em mais de uma base, finalizou-se a busca com 17 estudos a serem utilizados, descritos no fluxograma a seguir:

A data de acesso à BVS pelo site: <http://www.bireme.br/php/index.php> foi em 07/09/2020 às 14:00h. Selecionaram-se fontes dos últimos 5 anos, em virtude da atualização acerca do objeto de estudo.

Por ser uma revisão de literatura, está incluído neste estudo artigos que respeitem os aspectos éticos, estando de acordo com Resolução N° 466/12, sem necessidade de aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa, sendo composto apenas de dados secundários e não envolve seres humanos. Além disso, as informações do texto serão identificadas, respeitando a origem dos dados e dos seus autores.

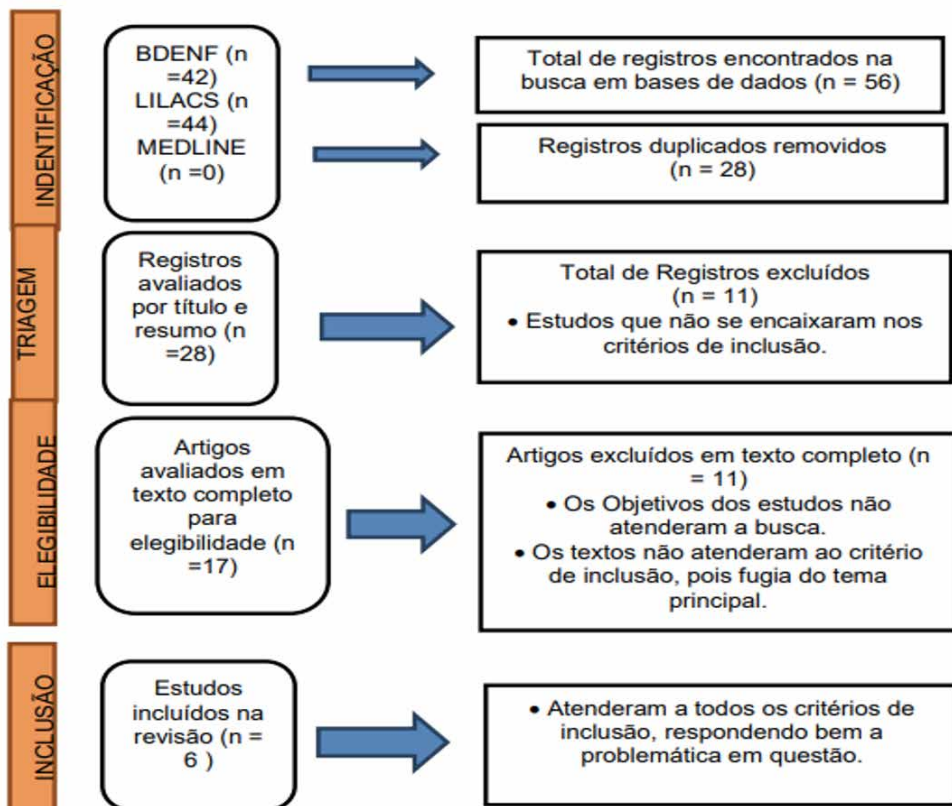


Figura 1: Fluxograma representativo dos procedimentos de coleta de dados.

FONTE: Dados da pesquisa (2020).

Apresenta-se a seguir a 4ª fase da Revisão Integrativa: análise crítica dos dados e a 5ª fase: discussão dos resultados. Para sua elaboração, inicialmente foi traçado o perfil bibliométrico da amostra, enquadrando os artigos levantados de acordo com os seguintes aspectos: autor, ano de publicação, título, objetivo e resumo com os principais achados.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontrados 17 artigos, foi realizada leitura exploratória dos mesmos, sendo que 11 foram excluídos por caracterizarem fuga ao tema. Para a presente pesquisa foram usados 6 artigos, conforme descritos na Quadro abaixo:



<b>AUTOR E ANO DE PUBLICAÇÃO</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>RESUMO</b>
BREZOLIN et al., 2020.	A importância da humanização do cuidado em centro cirúrgico	Relatar a experiência de um projeto de extensão que visou discutir com a equipe de enfermagem de um hospital universitário a humanização da assistência no centro cirúrgico.	Destacam-se o conhecimento sobre o paciente tratadood não como um objeto, mas como um ser que possui sentimentos e emoções. Relata sobre a tecnologia dentro do âmbito cirúrgico, que de nenhuma forma poderá ser trocada pela interação com o paciente. Algumas sugestões propostas pela equipe de Brezolin foram: a melhora no acolhimento, respeito, aplicação correta só check-in list e relacionamento interpessoal.
CARVALHO et al.,	Análise dos procedimentos realizados pela equipe de enfermagem na recepção dos pacientes no centro cirúrgico	Busca-se com esse trabalho analisar os procedimentos realizados pela equipe de enfermagem durante a recepção do paciente na UCC.	Na unidade de centro cirúrgico torna-se um ambiente de atividades rotineiras constantes, fazendo com que a equipe esteja sempre familiarizada entre si. porém do ponto de vista do paciente, este 12 ambiente pode trazer medos e angústias principalmente quando o paciente é submetido pela primeira vez a um procedimento cirúrgico.
CAVERZAN et al., 2017.	Humanização no processo de informações prestadas aos acompanhantes dos pacientes cirúrgicos	Investigar as informações prestadas aos acompanhantes dos pacientes cirúrgicos	O profissional devem passar tranquilidade ao paciente, esta situação pode trazer ao mesmo um forte desequilíbrio emocional, outra pauta é a necessidade de o profissional atentarse que o paciente tem uma família, e esta se encontra aflita aguardando resposta.
MENDONÇA et al., 2016	Concepções de técnicos de enfermagem acerca da humanização da assistência Em centro cirúrgico	Compreender o conhecimento de técnicos de enfermagem acerca do cuidado humanizado ao paciente no intraoperatório.	Torna-se de extrema importância a implementação da assistência humanizada em centro cirúrgico devido ao grande nível de maquinização, rígidas rotinas de trabalho.
SALBEGO et al., 2015.	Significado do cuidado para enfermagem de centro cirúrgico	Conhecer o significado do cuidado para os técnicos de enfermagem que laboram no Centro Cirúrgico de um hospital geral da fronteira oeste do Rio Grande do Sul/ Brasil.	destaca a importância da família em ambiente perioperatório na sala de espera, relatando que os profissionais sabem o que ocorre dentro da sala de cirurgia

Quadro 1: Perfil (bibliométrico) artigos utilizados para promover os resultados e discussões.

FONTE: Dados da pesquisa (2020).

### 3.1 Equipamento utilizados para promover uma assistência de humanização

Mendonça et al. (2016), considera a humanização como um processo ético que influencia nas orientações das práticas da assistência à saúde a serem implementadas. Entende desta forma que o a colhimento vai além de chamar o paciente pelo nome e

demonstrar empatia, mas aplicar ferramentas práticas para compreender seus medos, angústias e incertezas. Essas ferramentas estão ligadas ao apoio e atenção que o sujeito necessita quando se encontra no centro cirúrgico devendo ser continua durante sua estadia.

Brezolin et al. (2020), implementa que a importância da humanização nos cuidados no centro cirúrgico tornou-se mais visível com Política Nacional de Humanização (PNH), que foi implantada em 2003. A implementação desta política coloca em prática os princípios do sistema único de saúde de modo contínuo influenciando assim na maneira de agir e do cuidar destes pacientes, estimulando a comunicação com os gestores, profissionais de saúde e usuários.

Caverzan et al. (2017), completa dizendo que a humanização deve ter a inclusão da filosofia da enfermagem, que diz, humanizar é acolher o próximo. Com isso os recursos tecnológicos e materiais somente, deixam de ter valor, levando em consideração também a essência. A relação da equipe de enfermagem com o paciente e a família do mesmo modo, deve ser incluída na humanização, facilitando assim o estabelecimento de um plano de cuidado efetivo.

Compreendendo assim, os autores citados acima valorizam as ferramentas utilizadas na humanização, que promovam um cuidado mais holístico, e a comunicação entre as equipes de saúde, os gestores, pacientes e seus familiares, percebendo melhor as necessidades, as queixas e angústias que o usuário está tendo naquele momento. A outra ferramenta é todo o processo de assistência que será implementada a esse indivíduo.

### **3.2 O papel do enfermeiro no centro cirúrgico e na assistência de enfermagem**

Carvalho et al. (2014), dita que para a equipe de saúde o centro cirúrgico é um ambiente conhecido, familiar, e que todos os procedimentos realizados neste ambiente se tornam um hábito rotineiro. Só que para o paciente este ambiente é um lugar desconhecido, possuindo características distintas, ainda, mas se ele estiver passando por isso pela primeira vez.

Continuando a fala do autor anterior, o mesmo ainda afirma ainda que, a assistência de enfermagem é um dos meios utilizados para que os enfermeiros sejam capazes de atingir as metas no cuidado, promovendo um cuidado holístico, amenizando assim a ansiedade e o nervosismo do paciente. O enfermeiro tem que seguir as seguintes etapas para promoção de cuidados: Avaliação pré-operatória; Identificação dos problemas; Planejamento da assistência de enfermagem; Implementação da assistência de enfermagem e Avaliação pós-operatória.

Salbego et al. (2015), ressalta que o enfermeiro tem que promover uma assistência humanizada para paciente/família, visando assim a excelência no agir. Discorre ainda que a humanização no cuidado de enfermagem estar também direcionado ao carinho e bem-estar emocional do outro, proporcionando segurança, confiança, comunicação e demonstrações de afeto.

Mendonça et al. (2016), completa que, a assistência de enfermagem se inicia no período definido como perioperatório. Este período é dividido em 3 etapas: pré-operatório, transoperatório e pós-operatório. Entre todas estas etapas, a enfermagem desenvolve tarefas importantes e fundamentais, delimitando e elucidando atividades que irão ser impostas no cuidado direto ao paciente. Onde o enfermeiro deve atuar diretamente com o paciente durante todas as etapas do perioperatório.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A humanização da assistência de enfermagem em centro cirúrgico tem como objetivo principal melhorar as condições de atendimento ao paciente dentro da unidade levando em conta a segurança do mesmo, visto que o paciente é um ser movido por emoções, com isso muitas vezes a passagem por essas experiências de cirurgia se torna extremamente angustiante.

Os artigos apresentados nos resultados e discussão mostram o quanto é importante ter essa visão humanizada, mas que muitas vezes é difícil de ser aplicada por fatores ambientais, sobre carga de trabalho, e até pelo grande número de demandas técnicas de alguns profissionais.

Diante disto faz-se necessário a apresentar-se formalmente ao paciente, explicando o procedimento e oferecendo ajuda sempre que necessário, comunicar a família do paciente se o procedimento já está sendo realizado e como se encontra naquele momento seu ente querido, já que esses podem ficar angustiados. Aplicação de um check-list voltado também para humanização do atendimento naquela unidade especializada. Traçar uma assistência de enfermagem voltada ao bem-estar do cliente.

## REFERÊNCIAS

ANVISA (org). **Relatório de Autoavaliação Nacional das Práticas de Segurança do Paciente sem Serviços de Saúde 2019**. GVIMS/GGTES/ANVISA, Brasília, 2020.

ANVISA (Org.). **Protocolo para cirurgia segura**. Ministério da Saúde/ Anvisa/ Fiocruz, Brasília, 2013.

BARROS, A. J. S.; LEHFELD, N. A. S. **Fundamentos de metodologia científica**. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

BRASIL. **HumanizaSUS**. 2017, Disponível em: <https://www.saude.gov.br/artigos/41286-humanizasus>.

BRASIL. **Política Nacional de Humanização- HumanizaSUS**. 2015, Disponível em: <https://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/doacao-desangue/693-aco-es-e-programas/40038-humanizasus>

BRASIL. **Práticas seguras para prevenção de retenção não intencional de objetos após realização de procedimento cirúrgico em serviços de saúde**. GVIMS/GGTES, Brasília, 2017.

- BRASIL. **Política Nacional de Humanização**. 2013. 1. ed., 1ª reimpressão. Disponível em: <[http://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/politica\\_nacional\\_humanizacao\\_pn\\_h\\_folheto.pdf](http://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/politica_nacional_humanizacao_pn_h_folheto.pdf)>. Acesso em: 19 abr. 2020.
- CARVALHO, R.; BIANCHI, E. **Enfermagem em Centro Cirúrgico e Recuperação**. Ribeirão Preto: Manole, 2016.
- CARVALHO, Rachel. **Enfermagem em Centro Cirúrgico e Recuperação Anestésica: Manuais de Especialização Albert Einstein**. Barueri: Manole, 2015.
- COSTA, J. R.; SILVA A. Avaliação dos tempos operatórios das múltiplas especialidades cirúrgicas de um hospital universitário público. **EINSTEIN** São Paulo, v. 15, n. 2, p. 200-205, abr. 2017.
- DALL'AGNOL, C. M.; MARTINS, F. Z. Centro cirúrgico: desafios e estratégias do enfermeiro nas atividades gerenciais. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, Porto Alegre, 2016.
- GIL, A. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 edição. São Paulo: Editora atlas, 2002.
- JOST, M. T.; VIEGAS, K.; CAREGNATO, R. C. A. Sistematização da assistência de enfermagem perioperatória na segurança do paciente: revisão integrativa. **Revista Sobecc**, 2018.
- LIMA, T. C. S.; MIOTO, R. C. T. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. **Revista Katalysis**, v. 10, p. 37- 45, 2007.
- MEDEIROS, A. B. A.; ENDERS, B. C.; LIRA, A. L. B. C. Teoria Ambientalista de Florence Nightingale: A Critical Analysis. **Escola Anna Nery: uma análise crítica**, 2015.
- MEDINA, R.; BACKES, V. A humanização no cuidado com o cliente cirúrgico. **Rev. Bras. Enferm.**, Brasília, 2002.
- MENDES, K.; SILVEIRA, R.; GALVÃO, C. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & contexto Enfermagem**, Santa Catarina, 2008.
- PRAÇA, F. Metodologia da pesquisa científica: organização estrutural e os desafios para redigir o trabalho de conclusão. **Diálogos acadêmicos**, 2015.
- POSSARI, J. **Centro Cirúrgico: Planejamento, Organização e Gestão**. 5 edição. São Paulo: Iátria, 2011.
- RAUPP, F. M.; BEUREN, I. M. Metodologia da pesquisa aplicável as ciências sociais. **Teoria e Prática**, São Paulo, 2006.
- RIBEIRO, E.; FERRAZ, K. M. C.; DURAN, E. C. M. Atitudes dos enfermeiros de centro cirúrgico diante da sistematização da assistência de enfermagem perioperatória. **Revista Sobecc**, São Paulo, 2017.
- SIQUEIRA, N.; SCHUH, L. As atribuições do enfermeiro no centro cirúrgico. **Anais do Seminário Internacional de Educação - Sieduca**, Cachoeira do Sul-RS, 2016

# CAPÍTULO 10

## LIPASE DE *Candida rugosa* IMOBILIZADA POR LIGAÇÃO COVALENTE: CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO NA TRANSESTERIFICAÇÃO ETANÓLICA DO ÓLEO DE *Jatropha curcas* L. (PINHÃO MANSO)

Data de aceite: 01/09/2021

Data de submissão: 07/08/2021

**Marysa de Kássia Guedes Soares**

Universidade Federal do Tocantins  
Palmas - Tocantins

**Ezequiel Marcelino da Silva**

Universidade Federal do Tocantins  
Gurupi - Tocantins

**RESUMO:** *Jatropha curcas* L. (pinhão manso) é uma planta que possui crescimento rápido e tem sido recomendada para o processamento de biocombustível, sobretudo por suas sementes apresentarem alto teor de óleo (31% a 58%). A via mais empregada para sua obtenção é a transesterificação catalítica alcalina homogênea, entretanto, exige um elevado custo. Uma alternativa que tem despontado é a transesterificação enzimática, que permite altas conversões e a reutilização do biocatalisador imobilizado. Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo caracterizar a lipase de *Candida rugosa*, em sua forma livre e imobilizada em suporte POS-PVA ativada com glutaraldeído e epícloridrina e aplicá-la na transesterificação etanólica do óleo de *Jatropha curcas* L. O óleo foi caracterizado quanto às suas propriedades físicas (densidade, viscosidade cinemática e ponto de fusão) e químicas (índice de acidez, índice de saponificação e índice de peróxido). Para a produção de biodiesel no biorreator tipo cesto foi utilizado lipase imobilizada em

suporte POS-PVA ativado com epícloridrina por apresentar maior tempo de meia-vida, maior atividade relativa no teste de estabilidade quanto ao tempo de incubação e melhores condições operacionais quanto à temperatura. A síntese de biodiesel foi realizada nas condições ótimas para epícloridrina: temperatura de 50°C, pH 8,0 e razão molar óleo/álcool 1:9. O rendimento na produção de biodiesel nessas condições utilizando biorreator tipo cesto foi de 80,86% em massa de óleo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lipase, *Jatropha curcas* L., biorreator tipo cesto e biodiesel.

### LIPASE OF *Candida rugosa* IMMOBILIZED BY COVALENT BINDING: CHARACTERIZATION AND APPLICATION IN THE ETHANOLIC TRANSESTERIFICATION OF OIL FROM *Jatropha curcas* L. (PINHÃO MANSO)

**ABSTRACT:** *Jatropha curcas* L. (pinhão manso) is a plant that has rapid growth and has been recommended for the processing of biofuels, mainly for its seeds exhibit a high oil content (31% to 58%). The most used way to obtain it is alkaline homogeneous catalytic transesterification, however, requires a high cost. An alternative that has emerged is the transesterification, which allows high conversions and reuse of immobilized biocatalyst. Thus, the present study aimed to characterize the lipase from *Candida rugosa* in its free form and immobilized on POS-PVA activated support with glutaraldehyde and epichlorohydrin and apply it in ethanolic transesterification of *Jatropha curcas* L. oil. Oil extraction in Soxhlet with hexane was performed as solvent. The oil

was characterized according to their physical chemical properties (density, kinematic viscosity and melting point) and (acid number, saponification and peroxide). For the production of biodiesel in the basket type bioreactor immobilized lipase was used in POS-PVA activated with epichlorohydrin support by presenting a longer half- life, greater activity on the stability test on the incubation time and the best operating conditions for temperature. The synthesis of biodiesel was performed under optimal conditions for epichlorohydrin: 50°C, pH 8.0 and a molar ratio oil/ethanol 1:9. The yield of biodiesel in these conditions using basket type bioreactor was 80.86 % by weight of oil.

**KEYWORDS:** Lipase, *Jatropha curcas L.*, basket type bioreactor and biodiesel.

## 1 | INTRODUÇÃO

O crescimento econômico é comumente acompanhado por um aumento proporcional no transporte. A alta demanda de energia no mundo industrializado, bem como no setor doméstico, e os problemas de poluição causados devido ao uso generalizado de combustíveis fósseis, torna cada vez mais necessário o desenvolvimento de fontes de energia renováveis de duração ilimitada e menor impacto ambiental do que a tradicional. Isso tem estimulado o interesse crescente por fontes alternativas aos combustíveis derivados do petróleo. Um combustível alternativo deve ser tecnicamente viável, economicamente competitivo, ambientalmente aceitável, e prontamente disponível. Uma alternativa possível para o combustível fóssil é o uso de óleos de origem vegetal, tal como óleos vegetais e plantas oleaginosas. Este combustível diesel alternativo pode ser denominado como o biodiesel, caracteristicamente sendo biodegradável e não-tóxico e apresentando perfis de emissão poluente reduzida, em comparação com diesel de petróleo. Uso do biodiesel vai permitir o equilíbrio procurado entre o desenvolvimento agrícola, econômico e meio ambiente (SRIVASTAVA; PRASAD, 2000).

Para muitos países em desenvolvimento, a ideia de empregar óleos vegetais como fontes de produção de biodiesel para substituir o diesel pode ser atrativa. Muitas vezes, a cultura da planta apropriada já está bem estabelecida, a extração de óleo bem desenvolvida, manuseamento e armazenamento bem definidos. Além disso, a produção da maior parte dos óleos vegetais possui um balanço energético positivo, bem como a utilização do biodiesel produzido é ambientalmente correta. Os óleos vegetais são pouco afetados por crises de petróleo do mundo e a viabilidade econômica, no entanto, depende de políticas nacionais que estimulem a produção agrícola de plantas oleaginosas bem como incentivos fiscais que favoreçam os custos de produção (SHAY, 1993).

Nas últimas décadas, os combustíveis fósseis, principalmente o gás, o petróleo natural e o carvão têm desempenhado um papel importante como recursos energéticos mais importantes do mundo. No entanto, esses recursos energéticos não são renováveis e são estimados a serem esgotados em um futuro próximo. A situação piorou com o consumo mundial crescente de energia, devido ao rápido crescimento populacional e

desenvolvimento econômico. Portanto, há uma necessidade urgente de encontrar um novo recurso energético, que seja renovável, limpo e ainda economicamente viável em substituição aos combustíveis fósseis atuais. Neste contexto, recentemente, biodiesel derivado de óleo vegetal tem se mostrado uma alternativa potencial para substituir o óleo derivado do petróleo diesel em motores diesel (GUI; LEE, BHATIA, 2008).

Biodiesel (ésteres alquílicos de ácidos graxos) é um combustível diesel alternativo derivado da reação de óleos vegetais ou gorduras com álcool, com ou sem a presença de um biocatalisador. Apesar da invenção do motor movido a óleo vegetal por Rudolf Diesel datada em 1900, a exploração de combustível à base de óleo vegetal, como o biodiesel, só veio à tona em 1980, como resultado de um crescente interesse em fontes de energia renováveis para reduzir gases de efeito estufa e aliviar o esgotamento das reservas de combustíveis fósseis. Desde então, o biodiesel tem penetrado lentamente no mercado europeu, especialmente na Alemanha e na França, como uma mistura com o diesel de petróleo. Comercialmente, estas misturas são denominadas como B5, B20 ou B100 para representar a percentagem em volume do componente de biodiesel na mistura com diesel de petróleo como 5, 20 e 100 vol.%, respectivamente (JANAUN, ELLIS, 2010).

Reações de esterificação e transesterificação são atualmente os caminhos de reação mais propícios para a produção de biodiesel. Qualquer tipo de matéria-prima que contém ácidos graxos livres e/ou de triglicerídeos, tais como óleos vegetais, óleos usados na cozinha, gorduras animais e gorduras de resíduos podem ser convertidos em biodiesel. No entanto, os produtos finais devem atender a requisitos de qualidade rigorosos para que possam ser aceitos como biodiesel (EN14214 para padrão europeu; ASTM D6751 para os EUA (HOSSAIN, DAVIES, 2010).

A fim de superar as adversidades do contexto econômico, é fundamental para a indústria de biodiesel melhorar continuamente aspectos que irão fortalecer as perspectivas de melhor penetração no mercado (TAN et al., 2009). Uma das vantagens do biodiesel é que pode ser produzido a partir de uma grande variedade de fontes de óleos vegetais, variando desde óleos vegetais puros até óleos usados em frituras, que por sua vez são ambientalmente poluentes. No entanto, este último contém componentes desfavoráveis, tais como as partículas de ácidos graxos livres e do teor de água, o que exige um processo de pré-tratamento adequado (GUI, LEE, BHATIA, 2008).

Desde 1º de janeiro de 2010, o óleo diesel comercializado em todo o Brasil contém 5% de biodiesel. Esta regra foi estabelecida pela Resolução nº. 6/2009 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), publicada no Diário Oficial da União (DOU) em 26 de outubro de 2009, que aumentou de 4% para 5% o percentual obrigatório de mistura de biodiesel ao óleo diesel. A contínua elevação do percentual de adição de biodiesel ao diesel demonstra o sucesso do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel e da experiência acumulada pelo Brasil na produção e no uso em larga escala de biocombustíveis. O Brasil está entre os maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo, com uma

produção anual, em 2010, de 2,4 bilhões de litros e uma capacidade instalada, no mesmo ano, para cerca de 5,8 bilhões de litros (ANP, 2011).

Os catalisadores utilizados para a produção de biodiesel podem ser agrupados em quatro categorias: alcalinos, ácidos, enzimáticos e catalisadores heterogêneos. Lipases (EC 3.1.1.3) são ferramentas poderosas, pois além de catalisar reações de hidrólise também realizam várias reações sintéticas incluindo esterificação, transesterificação e aminólise. Em geral, as lipases desempenham a sua atividade catalítica em condições mais amenas e com uma variedade de substratos, incluindo triglicerídeos, óleos e gorduras com teores elevados de ácidos graxos. Além disso, a separação e a purificação do biodiesel são muito mais fáceis o que resulta num processo menos agressivo ao meio ambiente (GOG, et al. 2012).

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

Os experimentos foram conduzidos com óleo extraído das sementes de *Jatropha curcas L.* coletadas na Fazenda Experimental do Campus de Gurupi da Universidade Federal do Tocantins/Brasil. As sementes foram coletadas com plantas de 5 anos de idade. Foram colhidas totalmente maturadas e devidamente secas até o teor de umidade de 10%.

A preparação do suporte foi realizada pelo método sol-gel em matriz híbrida polissiloxano-álcool polivinílico (POS-PVA) de acordo com PAULA et al. (2008). Os reagentes utilizados para síntese do suporte foram tetraetil ortossilicato (TEOS) marca Sigma-Aldrich Chemical Co e álcool polivinílico marca Dinâmica. Para ativação do suporte (ligação covalente) utilizou-se glutaraldeído, marca Sigma-Aldrich Chemical Co e epicloridrina, marca Sigma-Aldrich Chemical. Em ambas metodologias o polietilenoglicol (PEG 1500 marca Synth) também foi utilizado.

Para determinação da atividade enzimática quanto a temperatura e pH ideais foram utilizados goma arábica em pó de árvore de acácia, triton x-100, 4-nitrofenol e palmitato de p-nitrofenila marca Sigma-Aldrich Chemical Co. Foi selecionada para este trabalho a lipase comercialmente disponível obtida de *Candida rugosa* tipo VII adquirida da Sigma-Aldrich® Chemical Co.

### 2.2 Extração do óleo de *Jatropha curcas L.*

As sementes inteiras e o albúmen foram triturados com auxílio de um graal e um pistilo. Aproximadamente 90-100g de sementes de *Jatropha curcas L.* (incluindo albúmen) foram depositadas diretamente no extrator (com algodão no fundo e no topo do extrator) de modo que o mesmo ficasse totalmente imerso no solvente ao longo da extração. Em um balão de 1000 mL colocou-se 300 mL de solvente (hexano) e conectou-se ao extrator. Ligou-se a circulação de água para condensar o solvente evitando que houvesse perda



significativa do solvente. Deixou-se o sistema sobre aquecimento em uma manta sob refluxo contínuo por um período de 2 horas, no qual o hexano evapora e condensa sobre o material sólido contido no cartucho e o soluto vai sendo concentrado no balão. Após este período interrompeu-se a extração precisamente após a câmara de extração esvaziar. Posteriormente, a mistura contida no balão foi conduzida ao evaporador rotativo para remoção do solvente volátil e obtenção do óleo de *Jatropha curcas L.*

### 2.2.1 Tratamento e purificação do óleo bruto de *Jatropha curcas L.*

Centrifugou-se o óleo bruto a uma rotação de 2136xg durante 10 minutos com a finalidade de separar os sólidos em suspensão. Aqueceu-se o óleo a 80°C e posteriormente adicionou-se ácido fosfórico concentrado na proporção de 1% (m/m) relativamente à massa de óleo obtida naquela temperatura. Manteve-se a mistura sob agitação mecânica intensa durante 1 hora e logo após, a mistura foi centrifugada a uma rotação de 2136xg durante 15 minutos com o objetivo de remover as gomas. Após a degomagem neutralizou-se o óleo com solução de NaOH 20% sob agitação mecânica intensa durante 20 minutos a uma temperatura de 65°C. Decorrido esse tempo cessou-se a agitação e a borra foi separada do óleo por meio de centrifugação a uma rotação de 2136xg durante 15 minutos. Após a degomagem e neutralização adicionou-se 15 mL de água destilada (90°C) para cada 100 mL de óleo bruto, sob agitação, com o intuito de remover a borra saponácea. Logo após, resfriou-se a mistura e submeteu-a à separação de fases (aquosa e oleosa) em um funil de separação. Realizou-se lavagens sucessivas até que o pH da fase aquosa atingisse a neutralidade. Em seguida, separou-se a fase oleosa por meio de centrifugação a uma rotação de 2136xg por 15 minutos para que os resíduos aquosos fossem retirados. Finalizando o processo de tratamento e purificação adicionou-se 15g de sulfato de sódio anidro para cada 100g de óleo. Deixou-se a mistura em repouso por 24 horas, após esse período realizou-se uma filtração para separar o óleo do sal. Por último, resfriou-se o óleo, o qual foi devidamente armazenado, lavou-se o óleo com hexano para que pudesse ser utilizado posteriormente (MORETTO et al., 1998).

## 2.3 Determinação da atividade enzimática de lipase com pNPP

Palmitato de *p*-nitrofenila (pNPP) foi dissolvido em isopropanol (0,3 mg/mL), misturou-se 1 mL desse substrato com 9 mL de solução tampão fosfato de sódio 0,05M (pH 7,0) que continha goma arábica (0,1%) e triton X-100 (0,6%). A reação foi conduzida a 30°C, adicionou-se 40 µL de solução enzimática diluída (ou cerca de 20 mg de lipase imobilizada) em 960 µL de solução de substrato, incubando ininterruptamente durante 5 minutos. Para cessar a reação adicionou-se 1mL de solução de bicarbonato de sódio 10% e a medida da densidade óptica foi realizada a 410nm. Uma unidade de atividade enzimática foi determinada como sendo a quantidade de enzima que liberou 1µmol/min de *p*-nitrofenol

conforme as condições de ensaio padrão.

## 2.4 Efeito do pH na atividade enzimática

Para determinar o pH ótimo, o ensaio para a atividade enzimática da lipase (livre e imobilizada) foi realizado a 40°C com soluções tampão variando os valores de pH (4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0 e 9,0) 0,05M. Os ensaios foram conduzidos em triplicata individualmente para cada solução tampão e a atividade enzimática foi determinada conforme o método descrito acima utilizando *p*NPP. Para os valores de pH (4,0; 5,0; 6,0) utilizou-se solução tampão citrato de sódio, para os valores de pH (7,0 e 8,0) utilizou-se solução tampão fosfato de sódio e pH 9,0 solução tampão borato de sódio decahidratado. Foram realizadas curvas de calibração para cada solução tampão utilizando *p*-nitrofenol como padrão.

## 2.5 Efeito da temperatura na atividade enzimática

Para determinar a temperatura ótima, o ensaio da atividade enzimática da lipase (livre e imobilizada) foi realizado com solução tampão 0,05M pH 7,0 variando apenas os valores de temperatura (20, 30, 40, 50, 60 e 70°C). Os ensaios foram conduzidos em triplicata para cada valor de temperatura e a atividade enzimática foi determinada conforme o método descrito acima utilizando *p*NPP.

## 2.6 Ensaio de cinética enzimática

$K_M$  e  $V_{MAX}$  foram determinados pela medida da atividade enzimática utilizando várias concentrações de palmitato de *p*-nitrofenila como substrato. As constantes cinéticas foram calculadas pela equação de Michaelis-Menten e de Lineweaver-Burk.

## 2.7 Estabilidade térmica de lipase imobilizada

Para comparar a estabilidade térmica da lipase (livre e imobilizada) a amostra foi incubada utilizando solução tampão fosfato de sódio 0,05M (pH 7,0) durante 8 horas, utilizando *p*NPP como substrato.

## 2.8 Determinação do tempo de meia-vida e da constante de desativação

A constante de desativação térmica da lipase foi obtida por meio da regressão linear dos dados experimentais calculando-se logaritmo natural das atividades relativas em um determinado espaço de tempo e dividiu-se pela atividade enzimática inicial. A constante de desativação térmica corresponde à inclinação da reta na temperatura em que foi realizado o ensaio e considerou-se o tempo de meia-vida como aquele necessário para reduzir a concentração da enzima à metade.

## 2.9 Preparação do suporte híbrido denPOS-PVA

Misturou-se 50 mL de tetraetilortossilicato, 60 mL de solução de álcool polivinílico 2% (m/v), 50 mL de etanol e 30 gotas de ácido clorídrico concentrado, aqueceu-se a 60°C

durante 40 minutos, sob agitação. Preparou-se o suporte sem a presença de lipase e transferiu-se para uma forma de silicone (23,0 x 9,0 cm) e secou-se à temperatura ambiente até que o material solidificasse completamente. Logo após a secagem, triturou-se o suporte até que o material passasse totalmente em uma peneira padrão série Tyler de 60 mesh e fosse retido em uma peneira padrão série Tyler de 80 mesh (BRUNO et al., 2005).

## 2.10 Ativação do suporte

A ativação do suporte para a imobilização por ligação covalente foi realizada com glutaraldeído (PAULA et al., 2008) e epicloridrina (BRUNO et al., 2005). Ativou-se o suporte com solução de glutaraldeído 2,5% (v/v) em tampão fosfato de sódio pH 8, empregando a proporção de 10 mL de solução para cada grama de suporte, por 1 hora à temperatura ambiente. O mesmo procedimento foi realizado com o agente ativante epicloridrina. Posteriormente à ativação, lavou-se o suporte várias vezes com água destilada, em seguida secou-se o suporte ativado em estufa durante 24 horas a 60°C.

## 2.11 Imobilização de lipase de *Candida rugosa*

Ao suporte ativado adicionou-se hexano em uma proporção sólido: líquido de 1:10 e manteve-se sob agitação mecânica suave por 2 horas. Logo após, decantou-se o suporte e retirou-se o excesso de hexano. Ao suporte adicionou-se polietilenoglicol (PEG 1500) numa relação de 1 g de suporte/100  $\mu$ L de PEG, em conjunto com solução enzimática na proporção de 350 mg de enzima por grama de suporte, durante 24 horas a 4°C. Recuperou-se os derivados imobilizados por centrifugação a 5000 rpm por 5 minutos e, logo em seguida o sistema imobilizado foi lavado com hexano e submetido à evaporação por 24 horas (PAULA et al., 2008).

## 2.12 Produção de biosiesel com lipase de *Candida rugosa*

As reações de transesterificação do óleo de *Jatropha curca* utilizando a lipase de *Candida rugosa* foram conduzidas em biorreator de vidro cilíndrico encamisado com capacidade para um volume de 1000mL, sob agitação mecânica a 400 rpm e por um período máximo de 8 horas. Todos os experimentos foram conduzidos com 520 mL de meio reacional a 50°C. Os meios reacionais eram constituídos de uma mistura de óleo de pinhão manso e etanol em uma proporção molar fixa de 1:9 e foram incubados com a preparação de lipase na forma imobilizada com suporte híbrido de POS-PVA ativado com epicloridrina contendo 500 unidades de atividade enzimática por cada grama de óleo. Um banho termostaticado foi antecipadamente estabilizado e manteve a temperatura reacional constante. As reações foram realizadas em um biorreator esférico de vidro 93 (1000 mL). O sistema imobilizado foi separado do meio reacional por um cesto, confeccionado em aço inox 304, malha 80 mesh.

## 2.13 Concentração dos ácidos graxos no óleo e no biodiesel

A análise de concentração foi realizada por cromatografia gasosa em um cromatógrafo Shimadzu CG 2010 (Agilent Technologies Inc., Palo Alto, CA, EUA), equipado com detector de ionização de chama, injeção bipartida à taxa de 1:50 e coluna capilar SPTM-2560 Supelco, 100m x 0,25mm x 0,20m (Supelco Inc., Bellefonte, PA, EUA). A temperatura inicial da coluna foi de 140°C, mantida por 5 minutos, mudando para 240°C com incremento de 4°C, mantida por 30 minutos por um total de 60 minutos. O injetor e o detector foram mantidos à temperatura de 260°C e utilizou-se o hélio como gás eluente. Os ácidos graxos identificados foram comparados aos tempos de retenção apresentados pelo padrão cromatográfico SupelcoTM37 padrão FAME (ésteres metílicos de ácidos graxos) Mix (Supelco Inc., Bellefonte, PA, EUA) e expressos em porcentagem (%) do total de ácidos graxos. Posteriormente foram agrupados em Ácidos Graxos Saturados (AGS), Ácidos Graxos Monoinsaturados (AGM) e Ácidos Graxos Polinsaturados (AGP).

## 3 | RESULTADOS

### 3.1 Rendimento da extração do óleo de *Jatropha curcas L.*

O resultado obtido pelo processo de extração com Soxhlet, empregado para obter o óleo do pinhão manso, foi avaliado em termos de rendimento no qual foi definido como sendo a relação entre a massa de óleo obtida e a massa de semente e albúmen alimentada. O solvente utilizado neste trabalho foi o hexano por ser o solvente orgânico preferencial para processo de extração com Soxhlet, ser o mais seletivo, possuir estreita faixa de ebulição e ser imiscível com a água, o que evita a formação de misturas azeotrópicas (MORETTO, FETT, 1998).

Constatou-se que a média do rendimento do processo empregado foi de 34,49%, sendo este resultado comparável aos citados por vários autores na literatura. O teor médio de óleo obtido foi de 32% para sementes coletadas em Roraima (ROCHA et al., 2012). O teor médio de 31% foi encontrado para sementes coletadas em diversas regiões do Brasil, mas para sementes coletadas no Estado de Minas Gerais houve grande discrepância no teor de óleo com variabilidade de 16 a 45% (FREITAS et al., 2011). Vinte e quatro amostras de *Jatropha curcas L.* da Índia foram analisadas e encontrou-se um teor médio de óleo em sementes de 33%, com uma variação entre 28 e 38,8% (KAUSHIK et al., 2007). Vinte e nove amostras provenientes da Índia também foram avaliadas e obteve-se uma variabilidade no teor de óleo entre 29,85 a 37,05%, com uma média de 33,7% (RAO et al., 2008).

### 3.2 Caracterização físico-química do óleo e biodiesel de *Jatropha curcas L.*

No que se refere à acidez, o óleo de *Jatropha curcas L.* apresentou alta acidez, em média, 9,51 mg KOH/g. Um alto índice de acidez pode ser resultado da presença de compostos com caráter ácido (ácidos graxos livres) que possam ter sido extraídos

juntamente com o óleo. Outra causa para o elevado índice de acidez pode ser a formação de substâncias provenientes da oxidação do óleo em consequência da temperatura elevada no decorrer da extração por Soxhlet (RAMOS et al., 2003). Assim, devido ao alto índice de acidez apresentado pelo óleo utilizado neste trabalho fez-se necessário um pré-tratamento que consistiu em um processo de degomagem seguido de neutralização. Após o pré tratamento, o óleo foi caracterizado antes de ser submetido à reação de transesterificação para a diminuição do teor de ácidos graxos livres. O processo de degomagem mostrou-se eficiente, pois o valor do índice de acidez diminuiu para 0,90 mg KOH/g óleo. Um alto índice de acidez não é considerado frequente nos óleos vegetais, podendo haver diferenciação dependendo do grau de maturação, condições de estocagem das sementes utilizadas na extração do óleo (tempo e temperatura) e condições de armazenamento do óleo (TAN et al., 2010).

O aparecimento de peróxidos no óleo extraído determina que, de algum modo, o óleo sofreu processo oxidativo, pois o valor médio obtido foi de 1,77 meq/Kg. O principal mecanismo que ocasiona a oxidação de óleos e gorduras é a autooxidação, que se fundamenta na degradabilidade dos ácidos graxos por meio de um processo autocatalítico intermediado pelos radicais livres. Os radicais livres são gerados a partir do substrato dando início ao processo oxidativo. Tais radicais são formas ativas de oxigênio e atacam a estrutura dos ácidos graxos insaturados dando início ao processo de deterioração oxidativa (WANASUNDARA, SHAHIDI, 2005). O processo auto-oxidativo acontece essencialmente quando as duplas ligações dos ácidos graxos insaturados reagem com o oxigênio do ar. É uma reação quase espontânea beneficiada pelas temperaturas abaixo de 100°C, incidência de luz e altas concentrações de ligações duplas (SHERWIN, 1978).

Na análise do índice de saponificação o valor obtido foi de 207,01 mg KOH/g óleo bruto e 186,43 mg KOH/g óleo degomado. O valor obtido para o óleo bruto não é propício para a síntese do óleo em biodiesel, dado que um excesso de ácidos graxos livres pode favorecer reações de saponificação concorrendo com a reação de transesterificação. O índice de saponificação obtido evidenciou que o mesmo possui expressivo teor em matéria saponificável. Após o processo de degomagem o índice de saponificação diminuiu (devido ao decréscimo de ácidos graxos livres) tornando este parâmetro dentro da faixa apropriada para a realização da biossíntese. Conforme a normatização britânica, o óleo considerado de primeira qualidade apresenta valores de índice de saponificação na faixa de 177-187 mg KOH/g (FREIRE, 2001). Nos resultados obtidos para o índice de saponificação deste trabalho, observou-se resultados similares aos obtidos por Aminul Islam et al. (2012), estes autores utilizaram sementes de *Jatropha curcas* L. de nove países (MIásia, Bornéu, Índia, Indonésia, África do Sul, Cabo Verde, Tailândia, Filipinas e Vietnã) e foram encontrados valores que variaram entre a faixa de 183,3 – 189,5 mg KOH/g, valendo ressaltar que as amostras de óleo foram obtidas por meio de extrator Soxhlet e solvente hexano assim como neste trabalho.

### 3.3 Temperatura ótima de lipase livre e imobilizada

Para a determinação da temperatura ótima na atividade enzimática da lipase livre foi realizada uma hidrólise do pNPP em temperaturas na faixa de 20 a 70°C (Figura 1). A atividade máxima foi na temperatura de 40°C e apresentou atividade específica de 147,72 U/mg. Observou-se que a enzima livre reduziu bruscamente sua atividade após a temperatura ótima. Na temperatura de 50°C, a atividade enzimática diminuiu 63% em relação à atividade apresentada em 40°C. A redução mais brusca foi de 83% na temperatura de 70°C em relação à máxima atividade encontrada. A enzima imobilizada com glutaraldeído, apresentou melhor capacidade de atuação entre 50 (288,92 U/mg) e 70°C (144,91 U/mg), com atividade máxima em 60°C (330,12 U/mg). A atividade máxima catalítica para enzima imobilizada com epicloridrina ficou em 50°C (298,35 U/mg). Ambas enzimas imobilizadas tiveram sua atividade drasticamente reduzida fora da temperatura ótima. Esses resultados indicam que o processo de imobilização colaborou no propósito de aumentar a temperatura ótima da lipase, o que é muito vantajoso, ao passo que irá permitir condições operacionais em uma faixa mais alta de temperatura. Geralmente, as enzimas após a imobilização em suportes sólidos apresentam um deslocamento da temperatura ótima para valores mais altos, visto que ocorrem interações entre o suporte e a enzima, resultando em uma molécula proteica com estrutura mais rígida, o que confere ao biocatalisador maior termoestabilidade (BALCÃO, PAIVA, MALCATA, 1996).

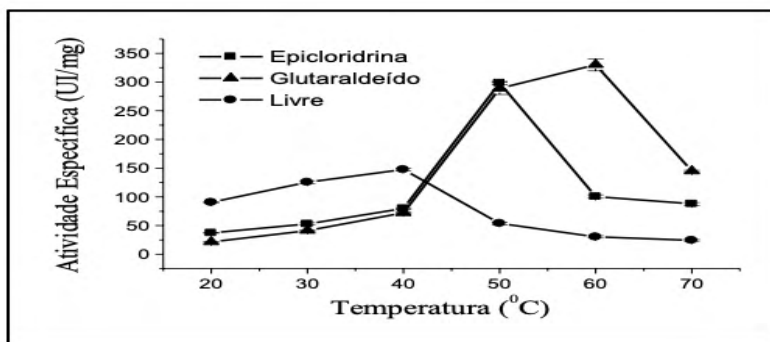


Figura 1- Efeito da temperatura na atividade lipolítica de *Candida rugosa* imobilizada com epicloridrina, glutaraldeído e na forma livre. Ensaios realizados em triplicata.

### 3.4 pH ótimo de lipase livre e imobilizada

A determinação do pH ótimo na atividade enzimática da lipase livre e imobilizada de *Candida rugosa* foi estudada na faixa de 4,0 a 9,0 (Figura 2). A enzima apresentou atividade em uma ampla faixa de pH, alcançando atividade máxima em pH 8,0 (103,29 u/mg) quando imobilizada covalentemente em epicloridrina. Entretanto, em pH 7,0 foi detectada atividade

de 98,53 U/mg sugerindo que a faixa de pH de 7 a 8,0 é a ideal. Entretanto, mesmo em valores extremos como em pH 9,0 foi detectada atividade (34,87 U/mg). A atividade foi extremamente reduzida em pH 4,0 para 10,53 U/mg. Observa-se que o pH ótimo de 8,0 para a enzima livre foi preservado para a lipase imobilizada ativada com epicloridrina. Entretanto, ao utilizar-se o glutaraldeído como agente ativante houve um deslocamento do valor encontrado para a lipase em sua forma livre (pH 8,0) para o valor de pH ótimo 7,0. Verificou-se também que a enzima imobilizada com epicloridrina ou glutaraldeído apresentou atividade enzimática superior à atividade da lipase na forma livre na faixa de pH de 7,0 a 9,0. Geralmente, posteriormente ao processo de imobilização, o pH ótimo para atividade catalítica da lipase mantém-se parcialmente em um pH mais alcalino, visto que o comportamento básico da histidina favorece o ataque nucleofílico da serina (BALCÃO, PAIVA, MALCATA, 1996). Estes grupos tornam-se protonados quando presentes em meio ácido, assim o ataque nucleofílico da serina ao grupo carboxílico do triglicérido (substrato) podendo dificultar a formação do complexo acil-enzima. Os hidrogênios ionizáveis (H<sup>+</sup>) presentes no meio reacional possuem afinidade pelos grupos hidroxilas (OH<sup>-</sup>) presentes na constituição do suporte, resultando em acumulação desses íons (GOLDSTEIN, LEVIN, KATCHALSKI, 1964) o que possivelmente pode afetar a lipase e, por conseguinte, sua faixa de pH ideal para atuação. Entretanto, segundo Pereira, Zanin, e Castro (2003) os próprios grupos carboxílicos presentes na lipase podem também favorecer o acúmulo de hidrogênios ionizáveis. Sabendo-se que a estabilização do microambiente da lipase acontece em pH alcalino, pode ocorrer uma maior redução na concentração de H<sup>+</sup>.

Mudanças no pH ótimo de lipases, posteriormente ao processo de imobilização, também foram observadas por outros pesquisadores. Uma alteração do pH ótimo de 8,0 para 9,0 foi observada ao empregar-se o método de ligação covalente na imobilização da lipase de *Candida rugosa* em suporte constituído por quitosana (CHIOU, WU, 2004). Houve uma diminuição do pH ótimo de 7,0 para 6,5 para lipase de *Candida rugosa* após ter sido imobilizada em Celite (FADILU, SOYLEMEZ, 1998). Uma elevação do pH ótimo de 7,0 para 8,5 foi observada quando lipase passou pelo processo de imobilização em celulignina e agente ativante metaperiodato de sódio (PEREZ et al., 2007).

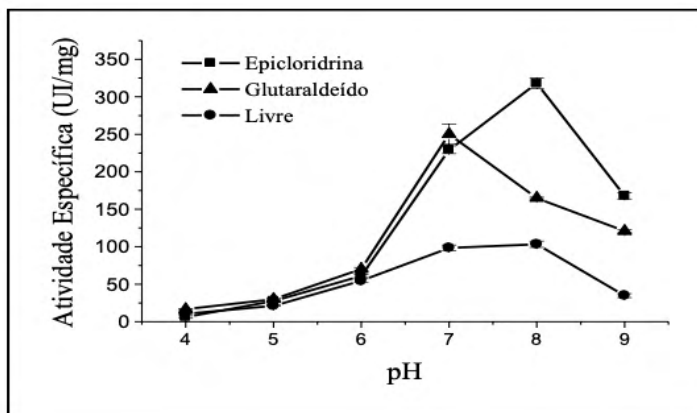


Figura 2 - Efeito do pH na atividade enzimática da lipase imobilizada de *Candida rugosa* e na forma livre. Ensaios realizados em triplicata.

### 3.5 Estabilidade térmica relacionada ao tempo de incubação

Com relação à termoestabilidade, a lipase livre foi submetida à incubação à 40°C durante 8 horas e avaliada de hora em hora quanto à sua atividade enzimática. A enzima manteve 97,41% de sua atividade inicial após 1 hora de incubação e 81,08% após 2 horas de incubação. Decorrido o período de 8 horas a lipase livre manteve apenas 18,12% de sua atividade inicial. Após 6 horas o sistema imobilizado manteve 49,58% e 52,29% de sua atividade inicial, com glutaraldeído e epicloridrina, respectivamente. Estes resultados indicam que a lipase imobilizada apresenta excelente estabilidade térmica quando comparada a sua forma livre, aumentando seu potencial para a utilização em biocatálises. O processo de imobilização confere efeito favorável à estabilidade térmica da enzima devido à interação física e química ocorrida entre o suporte e a enzima. A homogeneidade da enzima no meio reacional é facilitada pela imobilização, fator este fundamental para uma melhor condição operacional das reações enzimáticas (VILLENEUVE et al., 2000).

Lipase de *Rhizopus oryzae* em sua forma livre e após a imobilização em suporte de sílica demonstrou estabilidade térmica semelhante ao encontrado neste trabalho. O processo de imobilização proporcionou um aumento na termoestabilidade da enzima principalmente em temperaturas maiores que 45°C. Observou-se que na temperatura de 60°C, a lipase em sua forma livre, já não possuía nenhuma atividade enzimática. Entretanto, após a imobilização a atividade relativa foi de 80% na temperatura de 60°C após 2 horas de incubação (KHARRAT et al., 2011).

### 3.6 Tempo de meia-vida e da constante de desativação

O tempo de meia-vida encontrado para o sistema imobilizado com epicloridrina corresponde a um aumento na estabilidade térmica de aproximadamente 2 vezes maior



que o encontrado para a enzima em sua forma livre (Tabela 1). Dessa forma é possível inferir que quanto menor for o valor encontrado para a constante de desnaturação maior será o tempo de meia-vida da enzima. A lipase em estudo mostrou-se bem mais estável que a lipase de *Candida rugosa* imobilizada em matriz híbrida de SiO<sub>2</sub>-Quitosana ativada com epicloridrina dos estudos de Simões et al. (2011), que reteve a 50°C, apenas 40% de sua atividade máxima em um tempo de meia-vida de 1,63 horas. Estes mesmos autores encontraram, ao utilizarem o sistema de imobilização com SiO<sub>2</sub>-PVA ativado com glutaraldeído, um tempo de meia-vida de 3 horas, valor este inferior ao obtido para a enzima na forma livre do presente trabalho.

	Lipase livre	Lipase imobilizada com glutaraldeído	Lipase imobilizada com epicloridrina
Temperatura (°C)	40	60	50
K <sub>D</sub> (h <sup>-1</sup> )	0,2126	0,1293	0,1192
t <sub>1/2</sub> (horas)	3,26	5,36	5,81

Tabela 1- Constantes de desativação térmica (KD) e tempo de meia-vida (t<sub>1/2</sub>) para lipase livre e imobilizada.

### 3.7 Determinação dos parâmetros cinéticos K<sub>M</sub> E V<sub>MAX</sub>

A influência da concentração do substrato em relação à atividade enzimática foi realizada variando-se a concentração do substrato (pNPP) e mantendo-se a concentração da lipase em 0,03 mg/mL. Com a finalidade de descrever o comportamento cinético da lipase livre de *Candida rugosa*, analisou-se os dados de acordo com a equação de Michaelis-Mentem (HORTON et al., 2002). Foi estimado em 3,74 mM e 434,78 μmol / (mg min) os valores de K<sub>M</sub> e V<sub>MAX</sub> para a enzima livre utilizando como substrato pNPP.

### 3.8 Rendimento da imobilização

A partir da imobilização de lipase de *Candida rugosa* via ligação covalente em suporte POS-PVA ativado por diferentes reagentes (glutaraldeído e epicloridrina) durante 24 horas, estimou-se os parâmetros de imobilização como rendimento em termos de proteína imobilizada, rendimento da imobilização e atividade recuperada (Tabela 2).

Agente ativador	PI (%)	(μg/g)*	η (%)	AR (%)
Glutaraldeído	51,94	164	55,21	12,47
Epicloridrina	75,08	198	73,46	58,15

\* micrograma de proteína imobilizada por grama de suporte

Tabela 2 - Parâmetros de imobilização da lipase de *Candida rugosa* imobilizada em suporte POS-PVA ativada por diferentes agentes. \* micrograma de proteína imobilizada por grama de suporte.

De posse dos resultados obtidos, foi possível verificar que a ativação do suporte com epicloridrina convergiu em um maior percentual de proteína imobilizada. De acordo com os resultados observou-se que a porcentagem de proteína imobilizada foi maior com o aumento do comprimento da cadeia e do braço espaçador da epicloridrina utilizada para ativação. Esse comportamento pode ser explicado com base nos bloqueios estéricos que possivelmente se formam nas moléculas enzimáticas quando pequenos braços espaçadores são empregados. Consequentemente, as moléculas de lipase serão imobilizadas mais próximas à superfície do suporte, possibilitando assim a atuação de um bloqueio estérico em desfavor da imobilização de outras moléculas de enzima. Portanto, o maior comprimento do braço espaçador induzido pela ativação com epicloridrina admite uma maior quantidade de lipase imobilizada (MENDES et al., 2011).

O comprimento do braço espaçador do agente de ativação também apresentou influência sobre o rendimento de imobilização em termos de atividade. Por conseguinte, os melhores resultados foram obtidos com o agente ativante epicloridrina, indicando que as ligações covalentes multipontuais com a lipase foram estabelecidas em maior número devido aos maiores braços espaçadores, que por sua vez, foram mais eficazes em proporcionar uma estrutura mais rígida à lipase, visto que o sistema imobilizado com este agente ativante foi superior ao glutaraldeído. Outra hipótese está centrada em possíveis distorções sofridas em sua estrutura tridimensional levando a uma conformação menos ativa. Para os dois sistemas de imobilização, a atividade recuperada diminuiu conforme o aumento do conteúdo enzimático imobilizado, ressaltando que esse efeito foi mais intenso para o derivado imobilizado ativado com glutaraldeído. As preparações enzimáticas estão sujeitas a limitações quanto aos fenômenos de transferência de massa e difusão do substrato causadas pela maior quantidade de moléculas proteicas imobilizadas nos poros do suporte (RODRIGUES et al., 2008).

A utilização de aditivos estabilizantes macromoleculares como polietilenoglicol (PEG) e álcool polivinílico durante o processo de imobilização de lipases em meio aquoso propiciou incrementos em sua atividade enzimática. A adição de carboidratos e polissacarídeos não exibiu influência estabilidade significativa em relação a atividade. Estudos relatam que o aditivo estabilizante ao ocupar o sítio ativo da enzima evita que ocorram interações não desejáveis entre a enzima e o suporte prevenindo a sua inativação. Também existem relatos na literatura que aditivos estabilizantes contribuem para que uma camada de água não seja retida ao redor do biocatalisador, mantendo assim sua estrutura nativa em meio orgânico e favorecendo a dispersão das moléculas de enzimas nas preparações para imobilização. Isto previne que aglomerados enzimáticos sejam formados reduzindo a transferência de massa do substrato proporcionando uma melhor difusão por meio da matriz que contém o biocatalisador (HANEFELD, GARDOSSI, MAGNER, 2009; GUNCHEVA et al., 2011).

### 3.9 Produção de biodiesel em biorreator tipo cesto

A lipase de *Candida rugosa* foi utilizada como biocatalisador na reação de transesterificação etanólica do óleo de *Jatropha curcas* L. (durante 8 horas) com o objetivo de determinar o comportamento do aparato experimental proposto para a produção de biodiesel em modo batelada, no biorreator tanque agitado com cesta. No aparato proposto, a enzima ficou confinada em uma cesta com a finalidade de evitar que a vigorosa agitação magnética afetasse as partículas enzimáticas. Esta configuração de biorreator foi adotada neste trabalho por favorecer um maior contato entre os reagentes e o biocatalisador, aumentando assim, a velocidade reacional e a eficiência da transesterificação enzimática. Apresenta ainda a vantagem de o biocatalisador ficar separado do meio reacional, porém permitindo a drenagem do líquido circulante dentro do cesto através da movimentação das aletas.

No biorreator tipo cesta, 350 mL de óleo degomado, na proporção de 1:9 (óleo/álcool) foi submetido à transesterificação enzimática em biorreator tipo cesta resultando em ésteres etílicos. Ao final da transesterificação etanólica percebeu-se o odor característico do etanol presente na mistura, proveniente da adição excessiva de álcool na mistura reacional com o objetivo de aumentar o rendimento da reação. Para agilizar a separação de fases entre o biodiesel e a glicerina removeu-se o excesso de etanol pela técnica de rotaevaporação, que durou cerca de 20 minutos. A separação de fases biodiesel/glicerina pode ser observada em funil de decantação após 1 hora à temperatura ambiente, entretanto deixou-se a mistura em repouso por 24 horas para garantir que ocorresse a completa separação de fases.

O biodiesel obtido foi inodoro, com aspecto translúcido e coloração amarelo palha. Em seguida, o biodiesel, foi pesado, obtendo-se uma massa de 283 g, equivalente a um rendimento de 80,86% em massa. A glicerina, sub-produto da transesterificação, foi medida e obteve-se 42 mL de glicerina, correspondendo a 14,84% em massa de óleo utilizado na reação.

### 3.10 Caracterização da transesterificação enzimática

Óleo de *J. Curcas* L. foi esterificado com metanol e etanol por síntese química e enzimática, respectivamente (Tabela 3). Pode-se observar que os ácidos graxos saturados foram mais transesterificados por lipase de *C. Rugosa* quando comparado com a esterificação química com metanol para análise.

Ésteres de ácidos graxos (%)	Óleo EMAG <sup>a</sup>	Biodiesel EEAG <sup>b</sup>
Saturados	13.8	53.2
Monoinsaturados	84.1	45.6

Table 3 - Composição de EMAG e EEAG

Nota: EMAG – a - Ésteres metílicos de ácidos graxos e b – Ésteres etílicos de ácidos graxos

Os monoinsaturados e poliinsaturados foram menos transesterificados. Como já comentado anteriormente, o principal mecanismo de ação de autooxidação de óleos e gorduras ocorre por intermédio de radicais livres. Eles são gerados nas ligações duplas que existem nos ácidos graxos insaturados e assim prossegue uma degradabilidade do biodiesel (WANASUNDARA, SHAHIDI, 2005). A reação com o oxigênio causa oxidação espontânea pela incidência da luz em temperaturas abaixo de 100°C (SHERWIN, 1978).

Lipases de diferentes fontes de microrganismos apresentam químio-, enantio- e regioseletividade em sua atividade catalítica e essa característica é que conduz na escolha da enzima para um processo industrial, considerando a obtenção de um produto que possa estabelecer maior rendimento de transesterificação de ácidos graxos com etanol ou metanol dentro de um padrão de maior conservação com relação a oxidação espontânea com o tempo de armazenagem (SHERWIN, 1978). De fato, a biossíntese de transesterificação etanólica por lipase de *C. Rugosa* em preferir a maior parte dos ácidos graxos saturados do óleo de *J. Curcas* L. é um bom indício de que o armazenamento do biodiesel será mais efetivo.

### 3.11 Características do biodiesel com a ANP

Análise das características físico-químicas do biodiesel produzido por processo de transesterificação etanólica utilizando lipase imobilizada em POS-PVA usando epicloridrina como braço espaçador conduziu as características físico-química da ANP-Agência Nacional do Petróleo (Tabela 4).

Propriedades físico-químicas	Biodiesel <i>J. curcas</i>	ANP
Densidade a 20°C (g/cm <sup>3</sup> )	0,827	0,82-0,86
Viscosidade (mm <sup>2</sup> /s)	4,57	2,5-5,5
Índice de acidez (mg KOH/g)	0,34	0,80
Teor de saponificação (ppm Na/g)	5,0	4,5

Tabela 4 - Propriedades físico-químicas do biodiesel comparadas com as regulamentadas pela Agência Nacional do Petróleo (ANP) produzido nesta pesquisa

O teor de saponificação do biodiesel indicou um teor pouco mais alto que a ANP, indicando que o processo de degomagem do óleo de *J. Curcas* L. deve compreender maior atenção. O resultado acima do permitido indica que o óleo não foi degomado dentro do parâmetro exigido pela ANP e que esse procedimento deve ser trabalhado com mais

exigências para alcançar os padrões normativos da agência. Por outro lado, podemos compreender pelo valor de rendimento do biodiesel que alguns ácidos graxos insaturados ou poliinsaturados foram hidrolisados pela enzima e não transesterificados pelo etanol presente na reação.

## 4 | CONCLUSÕES

Em relação ao teor de óleo presente nas sementes verificou-se que a média geral encontrada foi de 34,49 %. Ao se comparar os resultados deste trabalho com dados da literatura observaram-se que alguns foram semelhantes, outros não. Tal diferença é resultado de vários fatores que podem influenciar na quantidade e qualidade do óleo, como: o clima em que as plantas foram cultivadas, do recebimento ou não de tratamentos culturais, do período de colheita e estágio de maturação dos frutos, do método utilizado na extração do óleo entre outros. Ao se analisar as características físico-químicas das alíquotas de óleo bruto verificou-se um alto índice de acidez ressaltando a necessidade, em termos dos parâmetros custo-benefício, para produção de biodiesel tratar a matéria-prima oleaginosa pela técnica de degomagem ácida com a finalidade de realizar a neutralização dos ácidos graxos livres e conseqüentemente eliminação dos fosfatídeos hidrofóbicos na borra.

Lipase de *Candida rugosa* marca Sigma-Aldrich® Chemical Co foi imobilizada em suporte híbrido POS-PVA empregando diferentes agentes ativadores como glutaraldeído e epicloridrina por ligação covalente. Após a imobilização foi observada alteração nos parâmetros de pH ótimo e de temperatura ótima para ambas lipases imobilizadas. A enzima imobilizada se mostrou mais estável do que a enzima livre frente a uma faixa maior de pH e temperatura. A imobilização da enzima em POS-PVA ativada tanto com glutaraldeído como com epicloridrina deu importante proteção térmica para a enzima. Preparações imobilizadas por ativação com epicloridrina apresentaram maior concentração de proteína imobilizada e, por conseguinte valores superiores de rendimento de imobilização possivelmente em função das ligações covalentes multipontuais com a lipase terem sido estabelecidas em maior número devido aos maiores braços espaçadores.

O derivado imobilizado de lipase de *Candida rugosa* ativado com epicloridrina foi selecionado para ser usado como biocatalisador na transesterificação etanólica de *Jatropha curcas* L. para obtenção de biodiesel por apresentar maior tempo de meia-vida, maior atividade relativa no teste de estabilidade quanto ao tempo de incubação e melhores condições operacionais quanto à temperatura, visto que se trata de uma transesterificação etanólica e temperaturas mais elevadas podem colaborar com a alta volatilidade do etanol desfavorecendo a formação do produto de reação.

É possível obter biodiesel em biorreatores tipo tanque agitado com cesta a partir de óleo de *Jatropha curcas* L. e etanol, biocatalisado por lipase de *Candida rugosa* imobilizada em suporte POS-PVA ativado com epicloridrina. O biodiesel produzido está dentro das

normas estabelecidas pela Agência Nacional de Petróleo no que se refere à densidade, viscosidade, índice de acidez e teor de sabão.

## REFERÊNCIAS

A.M. KLIBANOV., 2001. **Nature**, 409, p. 241.

ADLERCREUTZ, P., 2013. **Immobilization and application of lipases in organic media**. Chemical Society Reviews, 42(15), 6406–6436.

AKBAR E., YAAKOB Z., KAMARUDIN S.K., ISMAIL M., SALIMON J., 2009. **Characteristic and Composition of *Jatropha curcas* L. Oil Seed from Malaysia and its Potential as Biodiesel Feedstock**. European Journal of Scientific Research, v.29, p. 396-403.

AMINUL ISLAM A.K.M., YAAKOB Z., ANUAR N., PRIMANDARI S.R.P., OSMAN M., 2012. **Physicochemical Properties of *Jatropha curcas* L. Seed Oil from Different Origins and Candidate Plus Plants (CPPs)**. Journal American Chemistry Society, v.89, p.293-300.

ANGELOVA M.B., PASHOVA S.B., SLOKOSKA C., 2000. **Comparison of antioxidant enzyme biosynthesis by free and immobilized *Aspergillus niger* cells**. Enzyme Microb. Technol., 26, 544-549.

BALCÃO V.M., PAIVA A.L., MALCATA F.X., 1996. **Bioreactors with immobilized lipases: state of the art**. Enzyme Microbiology Technology, v.18, p.392–416.

BILGIN, A., GÜLÜM, M., KOYUNCUOĞLU, I., NAC, E., ÇAKMAK, A., 2015. **Determination of transesterification reaction parameters giving the lowest viscosity waste cooking oil biodiesel**. Procedia Soc. Behav. Sci. 195, 2492–2500.

BRUNO L.M.; COELHO J.S.; MELO E.H.M.; LIMA-FILHO J.L., 2005. **Characterization of *Mucor miehei* lipase immobilized on polysiloxane-polyvinyl alcohol magnetic particles**. World Journal of Microbiology and Biotechnology, v.21, p.189-192.

CAN, O., 2014. **Performance and exhaust emissions of a diesel engine fueled with a waste cooking oil biodiesel mixture**. Energy Convers. Manage. 87, 676–686.

CAȘCAVAL D., ONISCU C., GALACTION A.I., 2002. **Biochemical engineering and biotechnology 2. Bioreactors**, InterGlobal, Iași.

CHIOU S.H., WU W.T., 2004. **Immobilization of *Candida rugosa* lipase on chitosan with activation of the hydroxyl groups**. Biomaterials, v.25, p.197-204.

ENDALEW, A.K., KIROS, Y., ZANZI, R., 2011. **Heterogeneous catalysis for biodiesel production from *Jatropha curcas* oil (JCO)**. Energy 36, 2693–2700.

F. BAI, W. YAN, S. ZHANG, D. YU, L. BAI., 2014. **Immobilized lipase of reconstructed oil bodies and its potential application in biodiesel production**. Fuel, 128, pp. 340-346.

- F.I. KHAN, D. LAN, R. DURRANI, W. HUAN, Z. ZHAO, Y. WANG., 2017. **The lid domain in lipases: structural and functional determinant of enzymatic properties.** *Front Bioeng Biotechnol*, 5, 2017, pp. 1-13.
- FADILOGLU S., SOYLEMEZ Z., 1998. **Olive oil hydrolysis by celite-immobilized *Candida rugosa* lipase.** *Journal Agricola Food Chemistry*, v.46, p.3411-3414.
- FREITAS R.G., MISSIO R.F.; MATOS F.S., RESENDE M.D.V., DIAS L.A.S., 2011. **Genetic evaluation of *Jatropha curcas* L.: an important oilseed for biodiesel production.** *Genetics and Molecular Research*, v.10, p.1490-1498.
- FREITAS R.G., MISSIO R.F.; MATOS F.S., RESENDE M.D.V., DIAS L.A.S., 2011. **Genetic evaluation of *Jatropha curcas* L.: an important oilseed for biodiesel production.** *Genetics and Molecular Research*, v.10, p.1490-1498.
- GAMARRA A., CUEVAS C., LESCANO G., 1986. **Production of ethanol by a stirred catalytic basket reactor with immobilized yeast cells.** *J. Ferm. Tehnol.*, 64, 25-28.
- GOLDSTEIN L, LEVIN Y, KATCHALSKI E., 1964. **A water-insoluble polyanionic derivative of trypsin. ii. effect of the polyelectrolyte carrier on the kinetic behavior of the bound trypsin.** *Biochemistry*.
- GOTO S., SAITO T., 1984. **Liquid–solid mass transfer in basket type three phase reactor.** *J. Chem. Eng. Jpn.*, 14, 324-327.
- GUAN, Q., LI, Y., CHEN, Y., SHI, Y., GU, J., LI, B., MIAO, R., CHEN, Q., NING, P., 2017. **Sulfonated multi-walled carbon nanotubes for biodiesel production through trigly- cerides transesterification.** *RSC Adv.* 7, 7250–7258.
- GUNCHEVA M., TASHEV E., ZHIRYAKOVA D., TOSHEVA T., TZOKOVA N., 2011. **Immobilization of lipase from *Candida rugosa* on novel phosphorous-containing polyurethanes: Application in wax ester synthesis.** *Process Biochemistry*, v. 46, n. 4, p. 923-930.
- H. H. P. YIU AND M. A. KEANE. J., 2012. **Chem. Technol. Biotechnol.** 87, p. 583.
- H. WU, J. ZHANG, Y. LIU, J. ZHENG, Q. WEI. **Biodiesel production from *Jatropha* oil using mesoporous molecular sieves supporting K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> as catalysts for transesterification.** *Fuel Process Technol.*, 119 (2014), pp. 114-120.
- HANEF ELD U., GARDOSSI L., MAGNER E., 2009. **Understanding enzyme immobilisation.** *Chemical Society Reviews*, v.38, p.453-468.
- HORTON H.R., MORAN L.A., OCHS R.S., RAWN J.D., SCRIMGEOUR K G., 2002. **Principles of Biochemistry**, 3rd Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, EUA.
- I.A. KARTIKA, M. YANI, D. ARIONO, P. EVON, L. RIGAL. **Biodiesel production from *Jatropha* seeds: solvent extraction and in situ transesterification in a single step.** *Fuel*, 106 (2013), pp. 111-117.
- J.A.C. DA SILVA, V.F. SOARES, R. FERNANDEZ-LAFUENTE, R.C. HABERT, D.M.G. FREIRE., 2015. **Enzymatic production and characterization of potential biolubricants from castor bean biodiesel.**

J Mol Catal B Enzym, 122, pp. 323-329.

J.S. MIRANDA, N.C.A. SILVA, J.J. BASSI, M.C.C. CORRADINI, F.A.P. LAGE, D.B. HIRATA, A.A. Mendes., 2014. **Immobilization of Thermomyces lanuginosus lipase on mesoporous poly-hydroxybutyrate particles and application in alkyl esters synthesis: isotherm, thermodynamic and mass transfer studies.** Chem. Eng. J., 251, pp. 392-403.

KAUSHIK N., KUMAR K., KUMAR S., KAUSHIK N., ROY S., 2007. **Genetic variability and divergence studies in seed traits and oil content of Jatropha (*Jatropha curcas L.*) accessions.** Biomass and Bioenergy, v.31, p.497-502.

KHARRAT N., ALI Y.B., MARZOUK S., GARGOURI Y., KARRA-CHÂABOUNI M., 2011. **Immobilization of Rhizopus oryzae lipase on silica aerogels by adsorption: Comparison with the free enzyme.** Process Biochemistry, v.46, p.1083-1089.

KOLAGERAKIS N., BEHIE L. A., 1997. **Oxygenation capabilities of basket-type bioreactors for microcarrier cultures of anchorage-dependent cells.** Bioprocess Eng., 17, 151-156.

LUCZKIEWICZ M., KOKOTKIEWICZ A., 2005. **Co-cultures of shoots and hairy roots of Genista tinctoria L. for synthesis and biotransformation of large amounts of phytoestrogens.** Plant Sci., 169, 862-871.

M. KHOOBI, S.F. MOTEVALIZADEH, Z. ASADGOL, H. FOROOTANFAR, A. SHAFIEE, M.A. FARAMARZI., 2014. **Synthesis of functionalized polyethylenimine-grafted mesoporous silica spheres and the effect of side arms on lipase immobilization and application.** Biochem. Eng. J., 88, pp. 131-141.

M.-M. ZHENG, Q. HUANG, F.-H. HUANG, P.-M. GUO, X. XIANG, Q.-C. DENG, W.-L. LI, C.-Y. WAN, C. ZHENG., 2014. **Production of novel “functional oil” rich in diglycerides and phytosterol esters with “one-pot” enzymatic transesterification.** J. Agric. Food Chem., 62, pp. 5142-5148.

MAGNICO P., FONGARLAND P. CFD., 2006. **Simulation of two stirred tank reactors with stationary catalytic basket.** Chem. Eng. Sci., 61, 1217-1236.

MEANWELL R.J.L., SHAMA G., 2008. **Production of streptomycin from chitin using Streptomyces griseus in bioreactors of different configuration.** Bioresource Technol., 99, 5634-5639.

MENDES A.A., GIORDANO R.C., GIORDANO R.D. L.C., DE CASTRO H.F.; 2011. **Immobilization and stabilization of microbial lipases by multipoint covalent attachment on aldehyde-resin affinity: Application of the biocatalysts in biodiesel synthesis.** Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, v.68, p.109-115.

MORETTO E., FETT R., 1998. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais.** Rio de Janeiro, Varela.

MORETTO E., FETT R., 1998. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais.** Rio de Janeiro, Varela.

N. R. MOHAMAD, N. H. MARZUKI, N. A. BUANG, F. HUYOP AND R. A. WAHAB., 2015. **Biotechnology & Biotechnological Equipment** 29, 205.



PAULA A.V., MOREIRA A.B.R., BRAGA L.P., CASTRO H.F., BRUNO L.M., 2008. **Comparação do desempenho da lipase de *Candida rugosa* imobilizada em suporte híbrido de polissiloxano-polivinilálcool empregando diferentes metodologias.** Química Nova, v.31, p.35-40.

PAULA, A. V.; MOREIRA, A. B. R.; BRAGA, L. P.; BRUNO, L. M.; CASTRO, H. F., 2008. **Comparação do desempenho da lipase de *Candida rugosa* imobilizada em suporte híbrido de polissiloxano-polivinilálcool empregando diferentes metodologias.** Química Nova, v. 31, n. 1, p. 35-40.

PEREIRA E. B., ZANIN G. M., CASTRO H. F., 2003. **Immobilization and catalytic properties of lipase on chitosan for hydrolysis and esterification reactions.** Brazilian Journal of Chemical Engineering, v.20, p.343-355.

PEREZ V.H., SILVA G.S., GOMES F.M., de CASTRO H.F., 2007. **Influence of the functional activating agent on the biochemical and kinetic properties of *Candida rugosa* lipase immobilized on chemically modified cellulignin.** Biochemical Engineering Journal, v.34, p.13-19.

PITAUULT I., FONGARLAND P., KOEPKE D., MITROVIC M., RONZE D., FORISSIER M., 2007. **Gaz-liquid and liquid-solid mass transfer in two types of stationary catalytic basket laboratory reactor.** Chem. Eng. Sci., 60, 6240-6253.

RAMOS L.P., KUCEK K.T., DOMINGOS A.K., WILHELM H.M., 2003. **Biodiesel: Um projeto de sustentabilidade econômica e socioambiental para o Brasil.** Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento, v.31, p.28-37.

RAO G.R., KORWAR G.R., SHANKER A.K., RAMAKRISHNA Y.S., 2008. **Genetic associations, variability and diversity in seed characters, growth, reproductive phenology and yield in *Jatropha curcas* L. accessions.** Trees, v.22, p.697-709.

REDDY, A.N.R., SALEH, A.A., ISLAM, M.S., HAMDAN, S., 2017. **Active razor shell CaO catalyst synthesis for *Jatropha* methyl ester production via optimized two-step transesterification.** J. Chem. 2017, 1–20.

ROCHA R.B., RAMALHO A.R., TEIXEIRA A.L., LAVIOLA B.G., SILVA F.C.G., MILITÃO J.S.L., 2012. **Eficiência da seleção para incremento do teor de óleo do pinhão manso.** Pesquisa Agropecuária brasileira, v.47, p.44-50.

RODRIGUES D.S., MENDES A. A., ADRIANO W.S., GONÇALVES L. R.B., GIORDANO R.L.C., 2008. **Multipoint covalent immobilization of microbial lipase on chitosan and agarose activated by different methods.** Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, v. 51, p.100-109.

S. HAMA, A. KONDO., 2013. **Enzymatic biodiesel production: an overview of potential feedstocks and process development.** Bioresour. Technol., 135, pp. 386-395.

SHEELU G., KAVITHA G., FADNAVIS N.W., 2008. **Efficient immobilization of lecithase in gelatin hydrogel and degumming of rice bran oil using a spinning basket bioreactor.** J. Am. Oil Chem. Soc., 85, 739-748.

SHERWIN E.R., 1978. **Oxidation and antioxidants in fat and oil processing.** Journal American Oil Chemistry Society, v.55, p.809-814.

SIMÕES A.S., MORI R.Y., FARIA R., CASTRO H.F., MENDES A.A. , 2011. **Desempenho da matriz híbrida SiO<sub>2</sub>-quitosana na imobilização da lipase microbiana de *Candida rugosa***. Química Nova, v.34, p.33-38.

SINHA, D., MURUGAVELH, S., 2016. **Biodiesel production from waste cotton seed oil using low cost catalyst: engine performance and emission characteristics**. Perspect. Sci. 8, 237–240.

SUEHARAK.-I.,NAGAMORIE.,HONDAH.,UOZUMIN., 1998. **Development of rotating-mesh basked type bioreactor for carrot embryo production in immobilized callus system**. J. Chem. Eng. Jpn., 31, 613-617.

TESHIMA H., OHASHI Y., 1977. **Particle to liquid mass transfer in a rotating catalytic basket reactor**. J. Chem. Eng. Jpn., 10, 70-72.

VAFAKISH, B., BARARI, M., 2017. **Biodiesel production by transesterification of tallow fat using heterogeneous catalysis**. Kem. Ind. 66, 47–52.

VESCOVI, V., KOPP, W., GUISÁN, J. M., GIORDANO, R. L. C., MENDES, A. A., & TARDIOLI, P. W., 2016. **Improved catalytic properties of *Candida antarctica* lipase B multi-attached on tailor-made hydrophobic silica containing octyl and multifunctional amino-glutaraldehyde spacer arms**. Process Biochemistry, 51(12), 2055–2066.

VILLENEUVE P., MUDERHWA J.M., GRAILLE J., HAAS M.J., 2000. **Customizing lipases for biocatalysis: a survey of chemical, physical and molecular biological approaches**. Journal of molecular catalysis B: Enzymatic, v.9, p.113-148.

VIRGEN-ORTÍZ, J. J., & FERNANDEZ-LAFUENTE, R., 2016. **Stabilization of *Candida antarctica* lipase B (CALB) immobilized on octyl agarose by treatment with polyethyleneimine (PEI)**. Molecules, 21, 751–764.

VIRGEN-ORTÍZ, J. J., TACIAS-PASCACIO, V. G., HIRATA, D. B., TORRESTIANA-SANCHEZ, B., ROSALES-QUINTERO, A., & FERNANDEZ-LAFUENTE, R., 2017. **Relevance of substrates and products on the desorption of lipases physically adsorbed on hydrophobic supports**. Enzyme and Microbial Technology, 96, 30–35.

WANASUNDARA, P.K.P.D.; SHAHIDI, F., 2005. **Antioxidants: Science, Technology, and Applications**. In: SHAHIDI, F. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products: Chemistry, Properties and Health Effects*. 6.ed., v.1, cap.11, EUA, Wiley – interscience.

Y. WANG, J. LIU, H. GERKEN, C. ZHANG, Q. HU, Y. LI., 2014. **Highly-efficient enzymatic conversion of crude algal oils into biodiesel**. Bioresour. Technol., 172 pp. 143-149.

Y. YAN, X. LI, G. WANG, X. GUI, G. LI, F. SU, et al., 2014. **Biotechnological preparation of biodiesel and its high-valued derivatives: a review**. Appl Energy, 113, pp. 1614-1631.

ZAKARIA Z., HALL G.M., SHAMA G., 1988. **Lactic acid fermentation of scampi waste in a rotating horizontal bioreactor for chitin recovery**. Process Biochem., 33, 1-6.

## MÉTODO DE CONTROLE LEGISLATIVO DE PRAGAS DE IMPORTÂNCIA AGRÍCOLA

*Data de aceite:* 01/09/2021

*Data de submissão:* 10/08/2021

### **Francisco Roberto de Azevedo**

Universidade Federal do Cariri. Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade. Laboratório de Entomologia Agrícola. Ceará Crato – CE  
<http://lattes.cnpq.br/7232754070890745>

### **Lays Laianny Amaro Bezerra**

Universidade Federal do Cariri. Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade. Laboratório de Entomologia Agrícola. Ceará Crato – CE  
<http://lattes.cnpq.br/6244215422206754>

**RESUMO:** Com o avanço do intercâmbio internacional e turístico entre nações, a circulação de espécies de plantas entre diferentes áreas tornou-se cada vez mais intensa, aumentando o risco de introdução de pragas agrícolas em uma região não infestada, sendo esta considerada a segunda maior causa de perda de biodiversidade em todo o mundo. Dessa forma, o método de controle legislativo que trata de evitar a dispersão desses organismos através de leis, decretos e portarias, se constitui uma importante estratégia a fim de impedir a dispersão de uma praga exótica invasora. O método de controle baseado na fumigação consiste na aplicação de voláteis no estado de vapor ou gás em um sistema hermético. No tratamento térmico pode-se diminuir a temperatura em câmaras frias ou

aumentá-la por meio do uso de vapor d'água, ar quente ou da água quente, ambos com tempos determinados, dependendo do produto e da praga. Na irradiação os produtos são submetidos embalados ou a granel em uma câmara de irradiação, através de esteiras, sem contato humano, a uma quantidade minuciosamente controlada da radiação do Cobalto ( $^{60}\text{Co}$ ) ou Césio ( $^{137}\text{Cs}$ ), por um tempo prefixado e com objetivos bem determinados. Na atmosfera controlada modifica-se a composição química dos gases presentes na atmosfera reduzindo o oxigênio para 2% e aumentando-se o dióxido de carbono para 60% que atuam no metabolismo do inseto, aumentando a sua taxa respiratória, acidificando a hemolinfa, dificultando o processo de troca gasosa, causando a morte do inseto. O método legislativo também aplica algumas leis que obrigam o controle de determinadas pragas consideradas importantes para a agricultura em determinadas épocas do ano e uma legislação disciplinadora.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pragas quarentenárias. Barreira fitossanitária. Importação. Exportação.

### **METHOD OF LEGISLATIVE CONTROL OF PEST OF AGRICULTURAL IMPORTANCE**

**ABSTRACT:** With the advancement of international and tourist exchange between nations, the circulation of plant species between different areas has become increasingly intense, increasing the risk of introducing agricultural pests in an uninfested region, which is considered the second major cause of loss of biodiversity around the world. In this way, the method of legislative control that tries to avoid the dispersion of these

organisms through laws, decrees and ordinances, constitutes an important strategy in order to prevent the dispersion of an invasive exotic pest. The fumigation-based control method consists of applying volatiles in the vapor or gas state in an airtight system. In the heat treatment, the temperature in cold rooms can be reduced or increased through the use of water steam, hot air or hot water, both with specific times, depending on the product and the pest. During irradiation, the products are submitted packaged or in bulk in an irradiation chamber, through mats, without human contact, to a carefully controlled amount of Cobalt ( $^{60}\text{Co}$ ) or Cesium ( $^{137}\text{Cs}$ ) radiation, for a predetermined time and with well-defined objectives determined. In the controlled atmosphere, the chemical composition of the gases present in the atmosphere is modified by reducing oxygen to 2% and increasing carbon dioxide to 60%, which act in the insect's metabolism, increasing its respiratory rate, acidifying the hemolymph, making it difficult to process of gas exchange, causing the death of the insect. The legislative method also applies some laws that mandate the control of certain pests considered important for agriculture at certain times of the year and a disciplinary legislation.

**KEYWORDS:** Quarantine pests. Phytosanitary barrier. Import. Export.

## 11 INTRODUÇÃO

A circulação de espécies de plantas entre diferentes pontos geográficos sempre foi habitual ao longo do tempo, porém em períodos anteriores ao século XIX não havia entendimento dos perigos que representava a introdução de uma espécie exótica em outro país. Nos últimos dois séculos, devido ao crescimento do intercâmbio internacional e turístico entre nações, além do desenvolvimento intenso da agropecuária, o risco de se introduzir uma praga agrícola num país é consideravelmente maior.

As espécies de pragas exóticas invasoras são consideradas como a segunda maior causa de perda de biodiversidade em todo o mundo. Essa questão é particularmente crítica no caso do Brasil por se tratar de um país com grande extensão territorial, com a maior diversidade de espécies do mundo, possuir diferentes zonas climáticas que favorecem a adaptação de espécies diversificadas, além de ocupar posição de destaque no agronegócio mundial. Por esses motivos vários países impõem barreiras alfandegárias que proíbem a importação de determinada planta hospedeira de uma praga que não ocorra em seu território.

Sendo assim, o método de controle legislativo confere no estabelecimento de autoridade estatutária para que agências governamentais exerçam o controle da dispersão de insetos-praga ou no tratamento de infestações localizadas que possam acarretar ameaças ao bem-estar público. Baseiam-se em leis, decretos e portarias, de caráter federal, estadual ou municipal, de modalidades diversas, que obrigam o cumprimento de medidas de controle, tais como:

## 2 | SERVIÇO QUARENTENÁRIO

Dada a globalização do agronegócio, faz-se necessário uma grande cooperação entre os países para regular o comércio de produtos agrícolas onde nações participaram de uma Convenção Internacional de Proteção de Plantas, onde cada uma delas se compromete a manter uma organização destinada à emitir certificados de importação e exportação para produtos de origem vegetal e a proteção quarentenária. No Brasil, esta função é exercida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) em nível federal, havendo inclusive o Laboratório de Quarentena “Costa Lima” (LQC), em Jaguariúna, no Estado de São Paulo, responsável em eliminar material suspeito ou indesejável; providenciar a identificação específica e categórica do material exótico introduzido; estabelecer métodos de criação e estudos biológicos de organismos quarentenados e acompanhar o monitoramento posterior de suas liberações em campo e manter exemplares dos organismos introduzidos em coleção espécimes “voucher”. Alguns estados da Federação possuem ainda serviços de defesa sanitária vegetal que desempenham funções de inspeção semelhantes ao MAPA, sempre em consonância com este em nível estadual.

Assim sendo, este serviço tem por objetivo evitar a entrada de pragas exóticas e impedir sua disseminação e é executado pelo Serviço de Defesa Sanitária Vegetal do MAPA, cujos técnicos inspecionam os portos, aeroportos e fronteiras com o objetivo de desinfestar, destruir ou impedir a entrada de vegetais atacados, mantendo-os em estação quarentenária, que é o período de tempo em que os materiais vegetais permanecem em observação fitossanitária, variando de acordo com o ciclo da planta e/ou da praga. Atua também nas exportações e importações, impedindo a saída e entrada de produtos agrícolas atacados por insetos-praga.

Como exemplo, tem-se que o Brasil não exporta frutas *in natura* para os EUA e Japão devido ao risco de introduzir moscas-das-frutas naqueles países, que gastaram milhões de dólares para erradicar espécies de tefritídeos e, portanto, evitam uma reinfestação dessas pragas pela proibição da entrada de frutas *in natura*. Melões do Brasil só são exportados para os Estados Unidos da América, desde que tenham sido cultivados em áreas livres de *Anastrepha grandis* (Macquart, 1846).

Sendo assim, o conhecimento da distribuição geográfica de uma praga quarentenária é fator decisivo para a exportação/importação de determinado produto vegetal, podendo afetar diretamente a balança comercial de um país.

Do ponto de vista quarentenário, uma praga é qualquer espécie, raça ou biótipo de vegetais, animais ou agentes patogênicos nocivos que estando presente em outros países ou regiões, mesmo sob controle permanente, constitui ameaça à economia agrícola do país ou região exposta. A identificação de uma praga quarentenária é baseada em critérios estabelecidos pela FAO (Food and Agriculture Organization), tais como: presença ou ausência da praga em uma área de risco, sua distribuição, importância econômica e se

é ou não controlada oficialmente. Assim sendo, as pragas quarentenárias são classificadas em:

**Praga quarentenária A1.** São aquelas que não estão presentes no país, porém com características de serem potenciais causadores de importantes danos econômicos, se introduzidas.

**Praga quarentenária A2.** São aquelas de importância econômica potencial, já presentes no país, porém não se encontram amplamente distribuídas e possuem programa oficial de controle.

**Praga não quarentenária regulamentada.** São aquelas em que sua presença nas culturas afeta o uso pretendido, pois pode provocar um impacto econômico inaceitável e é então regulamentada dentro do território do país importador.

O Serviço Quarentenário tem as vantagens de evitar a entrada de novas pragas no país, sua propagação e dispersão, racionalizam a produção e o uso de defensivos agrícolas, mas tem as desvantagens da lentidão na tomada de decisão, aplicação deficiente das Leis, Portarias e Decretos, falta de espírito comunitário, falta de especialistas, falta de equipamentos adequados, falta de participação político-social e fiscalização deficiente.

Os países têm normas próprias para legislar sobre as ações relacionadas às pragas quarentenárias. Vários países podem unir-se para tomar medidas conjuntas sobre pragas quarentenárias. Por exemplo, o Comitê de Sanidade Vegetal do Cone Sul (COSAVE), formado por Argentina, Brasil, Chile, Paraguai, Uruguai, Bolívia e Perú, estabelecem critérios para o reconhecimento de pragas quarentenárias em seus territórios e divulga listas das pragas quarentenárias A1 e A2 de cada país. Estabelece também a regulamentação fitossanitária (normas oficiais para evitar, conter, controlar ou erradicar pragas, por meio da regulamentação da produção, movimentação, armazenamento de produtos ou outros objetos de normatização, da atividade regular das pessoas, assim como por meio de estabelecimento de esquemas para a certificação fitossanitária. A constatação de uma praga supostamente inexistente no território brasileiro precisa ser comunicada à Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA) antes de ser divulgada no meio científico. De acordo com o Código Penal Brasileiro, difundir doença ou praga que possa causar dano a floresta, plantações ou animais de utilidade econômica é passível de detenção e pagamento de multa.

Os países legislam sobre os tratamentos quarentenários que devem ser aplicados para determinado produto agrícola, a fim de eliminar a praga quarentenária e permitir a importação do produto, tais como:

### a) Fumigação

A fumigação, também conhecido como expurgo é um tipo de controle indicado para controlar pragas de grãos armazenados, madeiras e frutas via seca, através do tratamento com compostos químicos ou formulações com inseticidas fumigantes, voláteis no estado

de vapor ou gás em um sistema hermético, visando a desinfestação de materiais que não possam ser submetidas a outras formas de tratamento.

Essa medida pode ser realizada em diferentes locais, desde que seja respeitada a completa vedação do local e siga as normas de segurança para os produtos em uso. O procedimento pode ser conduzido em silos de concreto, tulhas, armazéns graneleiros, vagões de trens, porões de navios e quaisquer outros locais fechados.

O método de recirculação de fosfina é considerado um dos mais eficazes para impedir o avanço de pragas nos estoques da agroindústria. Esse químico age em todas as fases de desenvolvimento dos insetos, do ovo à idade adulta. E o melhor é que não causa contaminação, mantendo inalterados o sabor, a coloração e as propriedades organolépticas dos grãos.

Um exemplo é recomendar aplicar fosfina em grãos que libera o fosfeto de alumínio, um gás tóxico aos insetos, na dosagem de  $32\text{g/m}^3$  durante 2 horas. Esse tratamento também é exigido pelo México e Irã para importar algumas frutas do Chile, como kiwi, uva, laranja, maçã e ameixa.

## **b) Tratamento Térmico**

### *b.1) Tratamento a frio*

Este tratamento consiste no emprego de câmaras frias com temperaturas baixas, no qual o material permanecerá por tempo determinado, dependendo da praga a ser eliminada.

O tratamento a frio é uma exigência muito comum realizadas pelos importadores de frutas para eliminar ovos ou larvas recém eclodidas de moscas-das-frutas que porventura estejam nas frutas. Pode ser feito antes, durante ou após o transporte delas. Normalmente se inicia antes do embarque e é continuado durante o transporte marítimo.

A mosca-das-frutas *Bactrocera dorsalis* (Handel) em mamão, goiaba e manga é controlada com temperaturas abaixo de  $1,7^\circ\text{C}$  por 10 dias.

Uvas e ameixas que se destinam à exportação para Nova Zelândia devem passar por tratamento a frio para controlar outras espécies de moscas-das-frutas, no qual o tempo de tratamento varia de 10 a 12 dias, a variar da temperatura exposta, que pode ser inferior a  $0^\circ\text{C}$  a  $1,11^\circ\text{C}$ .

### *b.2) Tratamento a quente*

Consiste no emprego de vapor d'água, ar quente ou da água quente (hidrotermia). A imersão em água quente é um dos tratamentos mais utilizados para a desinfestação de insetos, pois é um meio mais eficiente de transferência de calor do que o ar quente ou o vapor, entretanto um dos seus grandes desafios é a manutenção da qualidade dos frutos.

No tratamento hidrotérmico, deve-se submergir a fruta no mínimo 9 cm abaixo da superfície da água. Esse tratamento deve ser iniciado quando a temperatura da polpa

atingir 21,1°C. A duração do tratamento varia de 65 a 90 minutos de acordo com o tipo e tamanho dos frutos. A temperatura da água circulante deve ser mantida constante durante todo o tratamento em 46,1°C, podendo tolerar um abaixamento, no máximo, até 45,3°C por 10 minutos no tratamento de 65 minutos e de 15 minutos se o tratamento durar 90 minutos. No caso do vapor d'água, a temperatura da polpa da fruta deve ir aumentando até que o centro dela atinja 43,3 °C em 8 horas. Essa temperatura deve ser mantida por 6 horas.

Em setembro de 2018, após 5 anos de negociações, foi possível exportar o primeiro lote de mangas brasileiras para a África do Sul, graças ao método de tratamento hidrotérmico das frutas, utilizado para evitar a disseminação das moscas-das-frutas, uma das maiores ameaças da fruticultura mundial.

### c) Irradiação

A irradiação de alimentos é o tratamento dos mesmos com radiação ionizante. O processo consiste em submetê-los, já embalado ou a granel em uma câmara de irradiação, através de esteiras, sem contato humano, a uma quantidade minuciosamente controlada dessa radiação, por um tempo prefixado e com objetivos bem determinados.

Além de controlar a infestação da praga, a irradiação pode impedir a multiplicação de microrganismos que causam a deterioração do alimento, tais como bactérias e fungos, pela alteração de sua estrutura molecular, como também inibir a maturação de algumas frutas e legumes, através de alterações no processo fisiológico dos tecidos da planta. É o mesmo princípio do micro-ondas, mas com a aplicação de raios gama do Cobalto ( $^{60}\text{Co}$ ) ou Césio ( $^{137}\text{Cs}$ ). Atualmente para serem admitidos nos Estados Unidos frutos oriundos de países como Índia e Tailândia é necessário o tratamento com irradiação, como forma de controlar a infestação de *Bactrocera dorsalis*.

### d) Atmosfera Controlada

Consiste em exercer uma modificação na composição química dos gases presentes na atmosfera através de condições físicas, como pressão, temperatura e umidade, tornando o ambiente letal para os insetos. Esse método pode ser alcançado com a utilização de gases como o hélio ou nitrogênio, baixos níveis de oxigênio (2% ou menos), altos níveis de dióxido de carbono (5 a 60%) ou combinações entre eles para o controle de pragas. As vantagens são que os gases utilizados,  $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2$ , não são inflamáveis, não corrosivos, não poluentes e não depreciam o valor comercial do produto.

Armazenagem em atmosfera controlada é um processo de duas etapas: a “etapa de purga”, que consiste de substituir a atmosfera normal por uma atmosfera apropriada e a “etapa de manutenção”, que consiste de manter esta atmosfera apropriada pelo tempo necessário. As estruturas utilizadas nos tratamentos de atmosfera controlada devem apresentar um elevado grau de hermeticidade para que o processo seja eficaz e econômico.

Vem sendo utilizado com sucesso no controle de pragas de grãos armazenados.



A mistura gasosa nitrogênio (N) e dióxido de carbono atuam no metabolismo do inseto, aumentando a sua taxa respiratória, acidificando a hemolinfa, dificultando o processo de troca gasosa, causando a morte do inseto. Além disso, esse método é eficiente no retardamento da maturação de frutos, permitindo que eles possuam uma vida de prateleira maior e sejam comercializados nas entressafras.

### 3 I MEDIDAS OBRIGATÓRIAS DE CONTROLE

São leis que obrigam o controle de determinadas pragas consideradas importantes para a agricultura tais como:

Em São Paulo existe o decreto Estadual nº 19.594A, de 27/07/1950 que obriga os produtores de algodão a destruir os restos de cultura até o dia 15 de julho de cada ano, para prevenção contra o ataque da broca *Eutinobothrus brasiliensis* (Hambleton), lagarta rosada *Pectinophora gossypiella* (Saunders) e bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* Boreman.

No Rio Grande do Sul, existe a lei nº 2.869 de 25/06/56, que obriga a coleta e queima de galhos de acácia negra para diminuir a infestação do serrador *Oncideres impluviata* (Germar).

Outro exemplo é a Instituição Normativa nº 24 de 15/04/03 que regulamenta o cultivo de tomate para processamento industrial em todo o Brasil, através de um calendário de plantio anual, estabelecendo um vazio sanitário por um período de 60 a 120 dias consecutivos, no qual se proíbe o cultivo de tomate, bem como exige a adoção de uma série de medidas fitossanitárias afim de controlar a mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B.

### 4 I LEGISLAÇÃO DISCIPLINADORA

#### 4.1 Lei dos agrotóxicos

A lei nº 7.802/89, regulamentada pelo decreto nº 4.074/02, tem por finalidade controlar a fabricação, formulação, comércio e uso adequado, em termos de toxicidade, segurança, eficiência e idoneidade dos inseticidas, recolhimento de embalagens, entre outros, além de obrigar o uso do Receituário Agrônomo (RA) para qualquer atividade envolvendo o uso destes produtos.

O RA é um parecer técnico sobre a situação fitossanitária da cultura e que tem a finalidade de orientar o uso adequado dos agrotóxicos, além de maximizar a eficiência no controle com a utilização mais racional de inseticidas. O RA é obrigatório para a aquisição e aplicação de produtos fitossanitários, deve ser feito no mínimo duas vias, uma para o usuário e outra para o estabelecimento comercial e é de competência exclusiva de Engenheiros Florestais e Agrônomos. O descumprimento das exigências descritas na lei prevê detenção

e pagamento de multa.

## 4.2 Registro de inseticidas

Todos estes produtos para serem utilizados no Brasil devem passar por um processo que envolve a apresentação de estudos agrônômicos ao MAPA, ambientais ao IBAMA e toxicológicos à ANVISA. Apenas os produtos que sejam eficientes e não apresentem problemas ao ambiente e a saúde das pessoas e organismos não alvos obtêm o registro, emitido pelo MAPA. O processo deve ser ágil e mantenha o rigor para que as novas tecnologias sejam disponibilizadas aos produtores rurais o mais breve possível, contribuindo com a sustentabilidade e competitividade da agricultura brasileira.

Para os inseticidas biológicos, feromônios/atrativos alimentares e os botânicos, o registro é diferenciado, com base em normativas específicas. Produtos com uso aprovado para agricultura orgânica também dispõem de procedimento específico e mais simplificado.

## 4.3 Lei da Biosegurança

Planta transgênica significa Organismo Geneticamente Modificado (OGM) e é um organismo que recebeu um gene de outro organismo doador. Essa alteração no seu DNA permite que mostre uma característica que não tinha antes. Na natureza, sempre ocorreram e ainda ocorrem alterações ou mutações naturais e a Lei 11.105/05 regula o desenvolvimento, produção e utilização destes organismos no Brasil com a instituição e assessoramento do Comitê Nacional de Biossegurança (CNTbio).

Entre 2006 e 2020, foram aprovadas 106 das 108 plantas geneticamente modificada autorizada para o cultivo no Brasil. As culturas para as quais existem tecnologias OGM aprovadas no país para controle de pragas são o algodoeiro, cana-de-açúcar, eucalipto, feijoeiro, milho e a soja.

## 4.4 Introdução de Inimigos Naturais

Agentes de controle biológico de insetos-praga também são alvos de legislação regulamentatória bastante restrigente devido aos riscos ambientais que podem causar. No caso específico de introdução de inimigos naturais para controle biológico de pragas, existem as Portarias Nº 106 de 14 de novembro de 1991, Nº 74 de 7 de março de 1994, Instrução Normativa Nº 1 de 15 de dezembro de 1998 e Decreto Nº 4074, de 04 de janeiro de 2002. A primeira estabelece o credenciamento do Laboratório de Quarentena de organismos úteis para controle biológico de pragas e outros, situado na Embrapa Meio Ambiente, em Jaguariúna, SP (Laboratório de Quarentena “Costa Lima”) e também as competências deste Laboratório quanto à função de subsidiar a Coordenadoria de Defesa Sanitária Vegetal, através de pareceres técnicos sobre as solicitações de introdução de inimigos naturais para o controle de pragas. A segunda portaria detalha a forma de encaminhamento das solicitações de introdução de organismos, de sua avaliação de risco

e das características gerais do material a ser importado. Para fins de comercialização o Decreto Presidencial No. 98.816, de Janeiro de 1990, requer que a primeira introdução de um agente microbiano comercial de controle de praga, produzido em outro país e ainda não registrado no Brasil, seja submetido a quarentena. Ele deverá ser avaliado de acordo com os requisitos estabelecidos pelos órgãos de regulamentação para fins de registro, com relação à identificação do produto, toxicologia a mamíferos e outros organismos não visados. Subseqüentes introduções de tais produtos não são exigidas a passar por quarentena, mas deverão possuir um certificado de controle de qualidade.

## REFERÊNCIAS

BASKIN, Y. **A plague of rats and rubbervines – the growing threat of species invasions**. Island Press, 2002. 330p.

BOTTON, M.; NONDILLO, A.; CARBONARI, J.; LUCCHI, A. *Lobesia botrana* Denis e Schiffermüller (Lepidoptera: Tortricidae). In: **Priorização de pragas quarentenárias ausentes no Brasil**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. 500p.

EMBRAPA. Tecnologia viabiliza exportação da manga brasileira para a África do Sul. 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/40944466/tecnologia-viabiliza-exportacao-da-manga-brasileira-para-a-africa-do-sul>>. Acesso em: 27 jul. 2021.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SIVEIRA NETO, S.; CARVA-LHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

GAZZONI, D. L. Introdução. In: FIDELIS, E. G.; LOHMANN, T. R.; SILVA, M. L.; PARIZZI, P.; LARANJEIRA, F. F. **Priorização de pragas quarentenárias ausentes no Brasil**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. 500p.

HORN, P. Control of *Brevipalpus chilensis* with phosphine on fresh fruits under cold storage fumigations. In: NAVARRO, S.; BANKS, H. J.; JAYAS, D. S.; BELL, C. H.; NOYES, R. T.; FERIZLI, A. G.; EMEKCI, M.; ISIKBER, A. A.; ALAGUSUNDARAM, K. **Proceedings of the 9th. International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products**. Antalya, Turkey, 2012. p. 231-235.

PICANÇO, M. C. **Manejo Integrado de Pragas**. Viçosa, MG: UFV, 2010. 146p.

SOUTO JÚNIOR, C.A.N.; PASTORI, P.L. **Entomologia Agrícola - Notas de Aulas**. Fortaleza: Univesidade Federal do Ceará, 2019, 45 p.

USDA. United States Department of Agriculture. **Treatment Manual**. 2016. Disponível em: <[https://www.aphis.usda.gov/import\\_export/plants/manuals/ports/downloads/treatment.pdf](https://www.aphis.usda.gov/import_export/plants/manuals/ports/downloads/treatment.pdf)>. Acesso em: 23 jul. 2021.

VÁZQUEZ, D. P.; ARAGON, R. Biological invasions in Southern South America: a first step towards a synthesis. **Biological Invasions**, v. 4, n. 1-2, p. 209, 2002.

# CAPÍTULO 12

## MÉTODOS DE INOCULAÇÃO DE *Colletotrichum okinawense* Damm et Toy. Sato: UM NOVO AGENTE CAUSAL DA ANTRACNOSE EM MAMÕES NO BRASIL

Data de aceite: 01/09/2021

### **Larisse Raquel Carvalho Dias**

Universidade Estadual do Maranhão  
São Luis/MA  
<https://orcid.org/0000-0003-4799-9723>

### **Erasmio Ribeiro Paz Filho**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Recife /PE  
<https://orcid.org/0000-0003-4760-5739>

### **Leonardo de Jesus Machado Gois de Oliveira**

Universidade Estadual do Maranhão  
São Luis/MA  
<https://orcid.org/0000-0002-6022-9283>

### **Ruan Ithalo Ferreira Santos**

Universidade Estadual do Maranhão  
São Luis/MA  
<https://orcid.org/0000-0002-2365-5005>

### **Lukas Allayn Diniz Correa**

Universidade Estadual do Maranhão  
São Luis/MA  
<https://orcid.org/0000-0002-7089-3903>

### **Jonalda Cristina dos Santos Pereira**

Universidade Estadual do Maranhão  
São Luis/MA  
<https://orcid.org/0000-0003-3102-5422>

### **Lorena Rejane Monteiro Farias**

Universidade Federal do Maranhão  
São Luis/MA  
<https://orcid.org/0000-0002-9530-1791>

### **Mônica Shirley Brasil dos Santos e Silva**

Universidade Estadual do Maranhão  
São Luis/MA  
<https://orcid.org/0000-0001-7060-2304>

### **Wildinson Carvalho do Rosário**

Universidade Estadual do Maranhão  
São Luis/MA  
<https://orcid.org/0000-0002-3840-0099>

### **Cleude Mayara França dos Santos**

Universidade Estadual do Maranhão  
São Luis/MA  
<https://orcid.org/0000-0002-9517-530X>

**RESUMO:** Na pós-colheita, a antracnose causada por espécies do gênero *Colletotrichum*, se destaca como uma das doenças mais importantes para o mamoeiro. Para que pesquisas de manejo sejam estabelecidas, é fundamental que metodologias de inoculação sejam capazes de reproduzirem os sintomas dessa doença em laboratório de forma eficiente. Com isso, o objetivo desse trabalho foi avaliar a incidência da doença causada por *Colletotrichum okinawense* Damm et Toy. Sato a partir de quatro métodos de inoculação. Os frutos foram obtidos na CEASA da Ilha de São Luís - MA, Brasil. Os métodos de inoculação testados foram: 0- apenas água destilada, 1- Discos (5mm) com as estruturas fúngicas em dois ferimentos equidistantes; 2- Imersão dos frutos na suspensão ajustada; 3- Delimitação da área de 1 cm e deposição de 20µl da suspensão ajustada em dois pontos equidistantes, sem fermento; 4- Microfuro com agulha estéril (25mmx0,7mm) e deposição

de 20 $\mu$ l da suspensão ajustada em dois pontos equidistantes. Logo, os frutos depois de inoculados, foram submetidos em câmara úmida por 48 h e, condicionados à 24 $\pm$ 2°C e fotoperíodo de 12 h, por 7 dias. Após esse período, foram avaliados a incidência e surgimento das lesões. Os resultados indicaram incidência da doença de 100%, 80%, 30% e 50% para os métodos 1, 2, 3 e 4, respectivamente. A manifestação mais rápida dos sintomas ocorreu através do método 1 e 2, apenas dois dias após a inoculação, seguido de 3 dias para os demais métodos. Os métodos de inoculação por de Discos (5mm) contendo as estruturas fúngicas + ferimentos (Método 1) e de Imersão dos frutos na suspensão ajustada (Método 2) são mais eficientes em reproduzir os sintomas da antracnose e virulência do patógeno *C. okinawense* em laboratório nos frutos 'Golden' com estágio de maturação tipo 2.

**PALAVRAS-CHAVE:** Metodologia; *Carica papaya*, Pós colheita, Antracnose.

## INOCULATION METHODS OF *Colletotrichum okinawense* Damm et Toy. Sato: A NEW CAUSAL AGENT OF ANTHRACNOSIS IN PAPAYA IN BRAZIL

**ABSTRACT:** In the post-harvest period, anthracnose caused by species of the *Colletotrichum* genus stands out as one of the most important diseases for the papaya tree. For management research to be established, inoculation methods must be capable of efficiently reproducing the symptoms of this disease in the laboratory. Thus, the objective of this work was to evaluate the incidence of the disease caused by *Colletotrichum okinawense* Damm et Toy. Sato using four inoculation methods. The fruits were obtained from CEASA in São Luís - MA, Brazil. The inoculation methods tested were: 0- distilled water only, 1- Discs (5mm) with fungal structures in two equidistant wounds; 2- Immersion of the fruits in the adjusted suspension; 3- Delimitation of the area of 1 cm and deposition of 20 $\mu$ L of the suspension adjusted in two equidistant points, without injury; 4- Microhole with a sterile needle (25mmx0.7mm) and deposition of 20 $\mu$ L of the suspension adjusted at two equidistant points. After inoculation, the fruits were submitted to a humid chamber for 48 h and conditioned at 24 $\pm$ 2°C and 12 h photoperiod for 7 days. After this period, the incidence and appearance of lesions were evaluated. The results indicated disease incidence of 100%, 80%, 30%, and 50% for methods 1, 2, 3, and 4, respectively. The fastest manifestation of symptoms occurred through methods 1 and 2, just two days after inoculation, followed by 3 days for the other methods. The methods of inoculation using Discs (5mm) containing the fungal structures + wounds (Method 1) and Immersion of fruits in the adjusted suspension (Method 2) are more efficient in reproducing the symptoms of anthracnose and virulence of the pathogen *C. okinawense* in the laboratory in 'Golden' fruits with type 2 maturation stage.

**KEYWORDS:** Methodology; *Carica papaya*, Postharvest, Anthracnose.

## 1 | INTRODUÇÃO

A cultura do mamão (*Carica papaya*) é representativa para o Brasil, porém como fator limitante à produção dessa fruta, podemos citar que a antracnose se destaca entre as doenças de causas fúngicas como a de maior importância na pós-colheita (MEISSNER FILHO et al., 2013; VENTURA; REZENDE, 2016).

A antracnose é uma doença que acomete várias espécies vegetais incluindo

inúmeras culturas de importância econômica (PHOULIVONG et al., 2010). Esta doença é responsável pela podridão na pré e pós-colheita resultando em grandes perdas na produtividade e comercialização de frutas das regiões tropicais e subtropicais (MOTA, 2013), inviabilizando a comercialização e o consumo de frutas na fase de pós-colheita, para a cultura do mamão (CORRALES; UMAÑA, 2015; ANDRADE; VIEIRA, 2016).

Comumente a antracnose é causada por mais de uma espécie em um mesmo hospedeiro, esse complexo de espécies causando a doença dificulta ainda mais o manejo, devido as reações distintas desses patógenos às formas de controle existentes (TOZZE JÚNIOR et al., 2015).

No Brasil, pelo menos seis espécies do gênero *Colletotrichum* foram descritas como agente causal da antracnose no mamoeiro, *Colletotrichum gloeosporioides* (ALVAREZ; NISHIJIMA, 1987; FONSECA et al., 2004; ANDRADE; VIEIRA, 2016; DANTAS et al., 2018), *Colletotrichum plurivorum* (SUN et al., 2019), *Colletotrichum acutatum* (PERES et al., 2002), *Colletotrichum karstii* (DAMM et al., 2009) Sordariomycetes, *Colletotrichum brevisporum* (VIEIRA et al., 2013), *Colletotrichum okinawense* (DIAS et al., 2019) e *Colletotrichum truncatum* (VIERIA et al., 2020). Novos relatos e associações podem aumentar com o avanço das pesquisas.

A capacidade de *Colletotrichum* spp. em causar a doença está relacionada com a sua capacidade de penetração que ocorre tanto através de tecidos sem lesão como através de danos mecânicos ou ainda por insetos vetores (BARBOZA et al., 2013). Desse modo, é fundamental conhecer as espécies envolvidas em causar a doença em cada cultura por meio da identificação molecular do patógeno e do seu comportamento através da incidência e severidade (TOZZE JÚNIOR et al., 2015).

Além disso, para o desenvolvimento de formas de controle contra a antracnose, testes de severidade de agentes causais envolvidos e de resistência de cultivares é necessário fazer escolha correta do método de inoculação, de modo que este seja capaz reproduzir os sintomas da doença de modo eficiente. Diante do exposto, essa pesquisa objetiva avaliar a incidência da doença causada por *C. okinawense* a partir dos **métodos** de inoculações utilizados.

## 2 | METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no laboratório de Pós colheita da Universidade Estadual do Maranhão, São Luís – MA. O isolado obtido para os testes encontra-se incorporado aos acervos da Coleção de Culturas – Micoteca URM do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco e da Micoteca Prof.º Gilson Soares da Silva - MGSS da Universidade Estadual do Maranhão sob os códigos URM 8147 e MGSS 311, respectivamente.

O patógeno foi cultivado em placas de petri contendo meio BDA (batata-dextrose-

ágar) incubadas em câmara tipo BOD, a 25°C, fotoperíodo de 12 h, após 7 dias de cultivo, a suspensão foi obtida por placa individualmente, em 10 ml de água destilada e autoclavada, onde as estruturas do patógeno foram raspadas com o auxílio de uma alça de Drigalski, filtrada em gaze estéril e ajustada para a proporção de conídios  $\text{mL}^{-1} \times 10^6$ . A contagem do número de conídios foi realizada com auxílio de um hemacitômetro tipo Neubauer.

Os mamões da variedade 'Golden' foram obtidos na CEASA (Central de Abastecimento de São Luís - MA) e selecionados quanto a mesma origem, tamanho e estágio de maturação (tipo 2). O estágio de maturação tipo 2 se caracteriza por conter 25% da superfície da casca amarela, rodeada de verde-claro, segundo Oliveira (2002).

Em seguida, no Laboratório de Fitopatologia da UEMA os frutos foram, inicialmente, higienizados com água corrente, sabão neutro, logo após ficaram de molho por 30 min em hipoclorito+água destilada (300 ppm) na tentativa de suprimir a incidência de microrganismos saprófitos e em seguida, postos para secar naturalmente separados em bandejas com dupla camada de papel toalha autoclavado.

Os métodos de inoculação testados foram: 0- apenas água destilada (Tratamento controle), 1- Discos (5mm) contendo as estruturas fúngicas em dois ferimentos equidistantes; 2- Imersão dos frutos na suspensão ajustada; 3- Delimitação da área de 1 cm e deposição de 20 $\mu\text{l}$  da suspensão ajustada em dois pontos equidistantes, sem ferimento; 4- Microfuro com agulha estéril (25mmx0,7mm) e deposição de 20 $\mu\text{l}$  da suspensão ajustada em dois pontos equidistantes.

Logo, os frutos depois de inoculados, foram submetidos em câmara úmida por 48 h e, condicionados à 24 $\pm$ 2°C e fotoperíodo de 12 h, por 7 dias. Após esse período, foram avaliados a incidência e surgimento das lesões. A partir das lesões avaliadas foi realizado um novo isolamento e avaliação do crescimento fúngico, para garantir que os sintomas foram causados pelo patógeno inoculado, assim concluindo os Postulados de Koch. O fungo obtido desse reisolamento encontra-se armazenado em tubo com BDA (com e sem óleo mineral) e no método de Castellani (CASTELLANI, 1939).

Os testes foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado totalizando 5 tratamentos (métodos de inoculação), em 5 repetições. A unidade experimental foi representada por uma bandeja contendo 2 frutos.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos controles não apresentaram lesões típicas da doença nas áreas inoculadas. Os frutos quando inoculados pelo método de Discos (5mm) contendo as estruturas fúngicas + ferimentos (Método 1), apresentaram sintomas de antracnose logo após a retirada da câmara úmida (48 h) e chegou ao final dos testes com 100% de incidência da doença. O método de imersão ou método 2, apresentou a segunda maior incidência (80%) de lesões da antracnose ao final da avaliação. O método de delimitação da área

de 1 cm + deposição de 20 $\mu$ l da suspensão ajustada (3) e o de Microfuro + deposição de 20 $\mu$ l da suspensão ou método 4 (Figura 1) demonstraram uma menor eficiência quanto ao sucesso da inoculação, com apenas 30% e 50% de incidência das lesões, respectivamente (Figura 2).

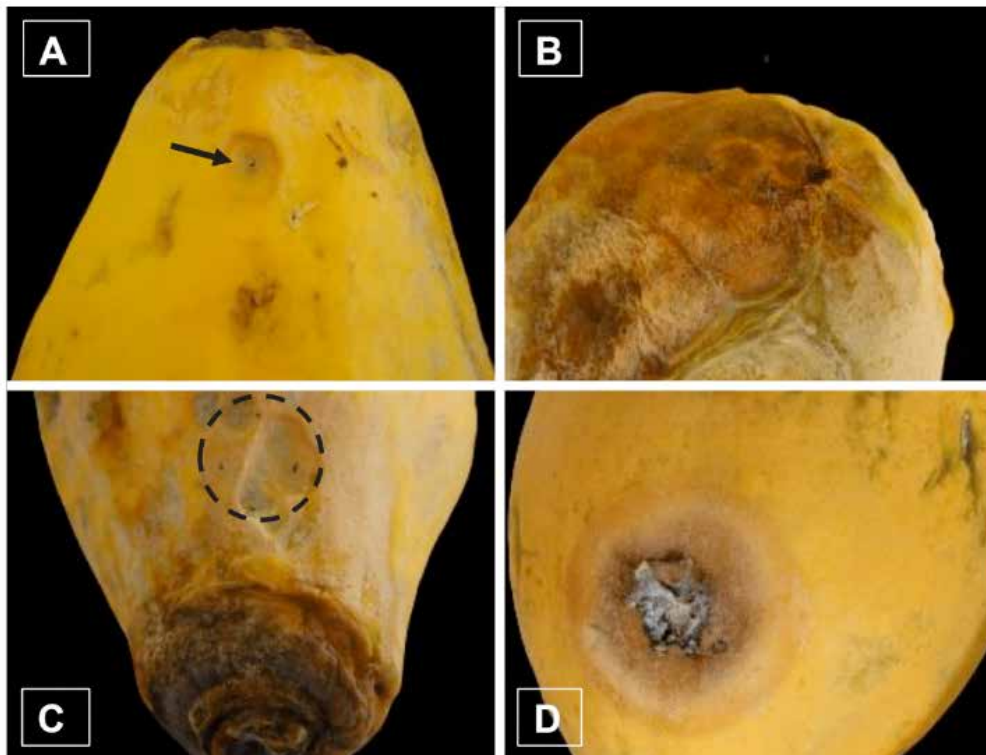


Figura 1. Lesões causadas pelo fungo *Colletotrichum okinawense*. em frutos de mamão, cultivar 'Golden', após 7 dias, com diferentes métodos de inoculação: Microfuro (A), Imersão (B), Delimitação de área (C) e Ferimento (5mm) + disco com micélio (D). Município de São Luís. Maranhão. Brasil.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.



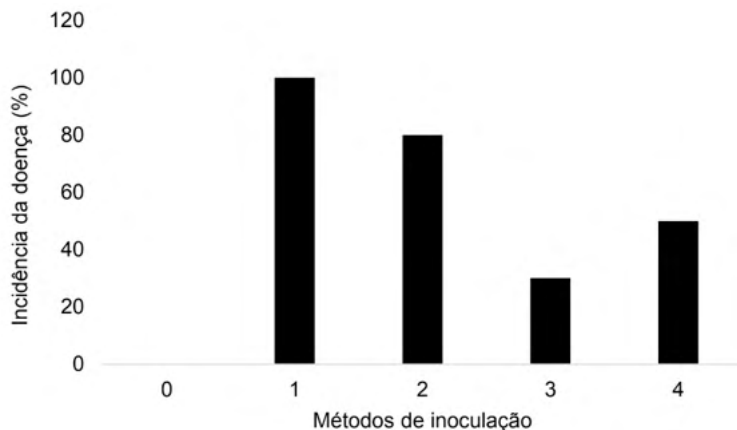


Figura 2. Incidência da doença causada pelo fungo *Colletotrichum okinawense*, em frutos de mamão, cultivar 'Golden', após 7 dias, com diferentes métodos de inoculação: Tratamento controle (0), Ferimento (5mm) + disco com micéial (1), Imersão (2), Delimitação de área (3) e Microfuro (4). Município de São Luís, Maranhão, Brasil.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

A alta incidência da doença nos mamões pelo método de imersão ocorre devido a capacidade de produção de quitinase pelos esporos de *C. okinawense*, permitindo que esse fungo degrade a cutícula presente na parede dos frutos, favorecendo seu processo de penetração (NERY-SILVA, et al. 2007).

Gomes et al. (2012), testaram dois métodos de inoculação de *C. gloesporioides*: cinco furos (agulha nº 6) e 22 microfuros (agulhas entomológicas) em mamões 'Golden' em diferentes estágios de maturação, a diferença entre os métodos consiste no tamanho da lesão de cada microfuro. Os autores acreditam que o sucesso desse método de inoculação se deve ao tamanho do ferimento, que proporcionou melhores condições para a penetração do patógeno. Tais resultados corroboram com os nossos dados de 100% de incidência no método com ferimento de 5mm e introdução do disco com estruturas fúngicas, uma vez que esse método se apresenta como o mais invasivo para o fruto quando comparado aos outros métodos dos nossos testes. Gomes (2008), ainda indica que o estágio 3 de maturação, como o mais apropriado para o sucesso da inoculação de *C. gloesporioides*. Em nossos testes, a inoculação de *C. okinawense* foi eficiente utilizando os frutos em estágio de maturação tipo 2, indicando uma capacidade ainda maior dessa espécie em reproduzir os sintomas da antracnose de forma mais precoce quando comparado com *C. gloesporioides*.

O aparecimento dos sintomas da doença ocorre de maneira progressiva ao amadurecimento do fruto, ou seja, a medida em que o fruto amadurece as lesões nos frutos aumentam (Figura 3), dessa forma é comum observamos os maiores picos de manifestações no final do experimento (7 dias). Isso ocorre por que o fungo no fruto imaturo, permanece latente. Quando o fruto começa o processo de maturação, o fungo reconhece as mudanças

fisiológicas da parede celular e da cutícula, por meio de sinais moleculares, liberação de açúcares, diminuição das respostas induzíveis de defesa e da quantidade de fitoalexinas, alteração do pH, dentre outros. E então, o fungo passa a colonizar as áreas de tecidos adjacentes, conseqüentemente, manifestando os sintomas (PRUSKY, 1996; PRUSKY et al., 2013; ALKAN; FORTES, 2015).

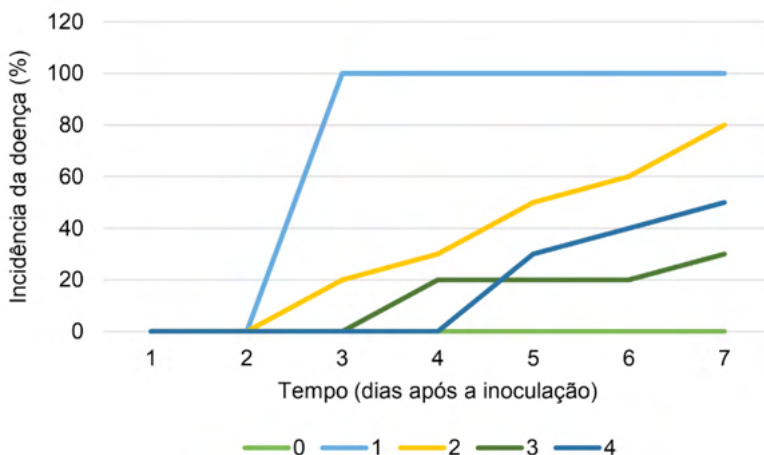


Figura 3. Incidência da doença causada pelo fungo *Colletotrichum okinawense*, em frutos de mamão, cultivar 'Golden', após 7 dias, com diferentes métodos de inoculação: Tratamento controle (0), Ferimento (5mm) + disco com micélio (1), Imersão (2), Delimitação de área (3) e Microfuro (4). Município de São Luís, Maranhão, Brasil.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Usando ferimento de 3mm Tapia-Tussell et al. (2016), observaram aparecimento dos sintomas 3 dias após a inoculação de *C. magnum*. Para a espécie utilizada nesse estudo (*C. okinawense*) com o mesmo método, porém com 5mm de ferimento, o início das lesões se deu no segundo dia, indicando que o método pode detectar suscetibilidade precocemente de acordo com o tamanho da lesão. No método de imersão, os sintomas também se manifestaram 2 dias após a inoculação. Com isso, para detecção eficiente do hospedeiro suscetível, o método de inoculação que garanta a expressão da severidade do patógeno é fundamental.

Nossos resultados corroboram com os resultados de Marquez et al. (2018) que pelo método de Microfuro com agulha estéril, observaram o aparecimento dos sintomas 3 dias após a inoculação de *C. fructicola*. No mesmo período também se observa o início dos sintomas para o método de delimitação da área, este quando comparado ao teste de imersão manifesta-se mais tarde, porém se utiliza de uma baixa quantidade da suspensão ajustada (20µl) otimizando a metodologia para a pouca disponibilidade de material fúngico.

## 4 | CONCLUSÃO

Os métodos de inoculação por de Discos (5mm) contendo as estruturas fúngicas + ferimentos (Método 1) e de Imersão dos frutos na suspensão ajustada (Método 2) são mais eficientes em reproduzir os sintomas da antracnose e virulência do patógeno *C. okinawense* em laboratório nos frutos com estágio de maturação tipo 2. Com isso, essas técnicas podem ser utilizadas para testes de tolerância e suscetibilidade entre cultivares, de controle da incidência e severidade dessa espécie associada a antracnose em mamões 'Golden' na pós-colheita.

## REFERÊNCIAS

ALKAN, N.; FORTES, A. M. Insights into molecular and metabolic events associated with fruit response to post-harvest fungal pathogens. **Frontiers in Plant Science**, 6 (889): 2015.

ALVAREZ, A. M.; NISHIJIMA, W. T. **Postharvest diseases of papaya**. Plant Disease, Saint Paul, v.71, n. 8, p.681-686, 1987.

ANDRADE, W. P.; VIEIRA, G. H. C. **Efeito dos óleos essenciais sobre a antracnose *in vitro* e em frutos de mamoeiro**. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v.18, n.1. p.367-372, 2016.

BARBOZA, H. T. G.; COSTA, J. B. N.; SOARES, A. G.; SARQUIS, M. I. M. SILVA, O. F. LIRA, A. F. ALCÂNTARA, I. **Controle de patógenos pós-colheita de mamão (*Carica papaya* L.) pela utilização das fosforilidrazonas: um estudo de caso**. Revisão anual de patologia de plantas, v. 21, 2013.

CASTELLANI, A. **Viability of some pathogenic fungi in distilled water**. Journal of Tropical Medicine and Hygiene, v. 42, p. 225-226, 1939.

CORRALES, V. G.; UMAÑA, G. **Efecto de ceras como complemento a la inmersión hidrotérmica sobre la calidad en la fruta de papaya (*Carica papaya* L. HÍBRIDO POCOCÍ)**. Agronomía Costarricense, v. 39. p. 91-105. 2015.

DAMM, U.; WOUDEBERG, J.H.C.; CANNON, P.F.; CROUS, P.W. **Colletotrichum species with curved conidia from herbaceous hosts**. Fungal Divers. 39, 45–87. 2009.

DANTAS, A. M. M.; NASCIMENTO, S. R. C.; CRUZ, B. L. S.; SILVA, F. H. A.; AMBRÓSIO, M. M. Q.; SENHOR, R. F. **Alternative control of post-harvest diseases in Tainung 1 papaya**. Pesquisa Agropecuária, v. 48, n. 1, p. 29-35. 2018.

DIAS, L. R. C.; BRITO, R. A. S.; MELLO, T. A.; SERRA, I. M. R. S. **First report of papaya fruit anthracnose caused by *Colletotrichum okinawense* in Brazil**. Plant Dis. <https://doi.org/10.1094/pdis-06-19-1151-pdn>. 2019.

FONSECA, M. J. O.; LEAL, N. R.; CENCI, S. A. **Padrão de ocorrência de doenças em mamão armazenado sob atmosfera controlada**. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 26, n. 3, p. 547-549, 2004.

GOMES, L. I. S.; ALVES, E.; SANTANA, E.; NASCIMENTO DE, C.; HILÁRIO A. **METODOLOGIA DE INOCULAÇÃO DE *Colletotrichum gloeosporioides* EM FRUTOS DE MAMÃO.** *Agrotropica*, 24 (3): 183 - 188. 2012.

MARQUEZ-ZEQUERA, I. CRUZ-LACHICA, N. LEY-LOPEZ, J. A. CARRILLO-FACIO, L. A. OSUNA-GARCIA; GARCIA-ESTRADA R. S. **First Report of *Carica papaya* Fruit Anthracnose Caused by *Colletotrichum fructicola* in Mexico.** *Plant disease*. 2018. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-18-0736-PDN>

MEISSNER FILHO P. E.; OLIVEIRA, A. A. R.; PRATA, C. H. S.; SANTOS FILHO, R. H. P.; JUNGHANS, D. T.; BARBOSA, C. J.; COSTA, D. C. (2013). *Doenças*. In: DANTAS J. L. L.; JUNGHANS, D. T., LIMA, J. F. **Mamão: o produtor pergunta, a Embrapa responde.** 2 ed. – Brasília, DF: Embrapa, 170 p. 2013.

MOTA, S. F. **Variabilidade de *Colletotrichum* spp. no feijoeiro comum.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, UFLA, 2013.

NERY-SILVA, F. A.; Machado, J. C.; Resende, M. L. V.; Lima, L. C. de O. **Metodologia de inoculação de fungos causadores da podridão peduncular em mamão.** *Ciência e Agrotecnologia (Brasil)* 31 (5): 1374-1379. 2007.

OLIVEIRA M. A. B.; VIANNI R.; SOUZA G.; ARAÚJO, R. T. M. **Caracterização do estágio de maturação do papaia 'GOLDEN' em função da cor.** *Revista Brasileira de Fruticultura*. 24: 559-561. 2002.

PERES, N. A. R.; KURAMAE, E. E.; DIAS, M. S. C.; SOUZA, NILTON. L. **Identification and characterization of *Colletotrichum* spp. affecting fruit after harvest in Brazil.** *Journal of Phytopathology*, v. 150, n. 3, p. 128–134, 2002.

PHOULIVONG, S., CAI, L., CHEN, H., MCKENZIE, E. H.C., ABDELSALAM, K., CHUKEATIROT, E., & HYDE, K. D. ***Colletotrichum gloeosporioides* is not a common pathogen on tropical fruits.** *Fungal Diversity*, 44, 33–43. 2010.

PRUSKY, D. Pathogen quiescence in postharvest diseases. **Annual Review of Phytopathology**, v. 34, p. 413–434. 1996.

PRUSKY, D.; ALKAN, N.; MENGISTE, T.; FLUHR, R. Quiescent and necrotrophic lifestyle choice during postharvest disease development. **Annual Review of Phytopathology**, v. 51. p. 155–76. 2013.

SUN, Y.C.; DAMM, U.; HUANG, C.J. ***Colletotrichum plurivorum*, the causal agent of anthracnose fruit rot of papaya in Taiwan.** *Plant Disease*, 2019. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-08-18-1423-PDN>.

TAPIA-TUSSELL, R.; CORTÉS-VELÁZQUEZ, A.; VALENCIA-YAH, T.; NAVARRO, C.; ESPINOSA, E.; MORENO, B.; PEREZ-BRITO. D. **First Report of *Colletotrichum magnum* Causing Anthracnose in Papaya in Mexico.** *Plant disease*. 2016. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-16-0324-PDN>

TOZZE JÚNIOR, H. J.; FIRMINO, A. C.; FISCHER, I. H.; FURTADO, E. L.; MASSOLA JÚNIOR, N. S. **Caracterização de isolados de *Colletotrichum* spp. associados às frutíferas no Estado de São Paulo.** *Summa Phytopathologica*, v. 41, n. 4, p. 270-280, 2015.

VENTURA, J. A.; REZENDE, J. A. M. Doenças do mamoeiro. In: Amorim, L.; Rezende, J. A. M.; Bergamin Filho, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas**. Minas Gerais: Agronômica Ceres. p. 497-509. 2016.

VIEIRA, W. A. S.; NASCIMENTO, R. J.; MICHEREFF, S. J.; HYDE, K. D.; CÂMARA, M. P. S. **First report of papaya fruit anthracnose caused by *Colletotrichum brevisporum* in Brazil**. Plant Dis. 97, 1659. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-13-0520-PDN>. 2013.

VIERIA, DOS S. W.A.; SANTOS N. A.; VELOSO, J. S.; MACHADO, A. R.; BALBINO, V. Q.; DA SILVA, A. C.; GOMES, A. Â. M.; DOYLE, V. P.; CÂMARA, M. P. S. ***Colletotrichum truncatum* causing anthracnose on papaya fruit (*Carica papaya*) in Brazil**. Australas. Plant Dis. Notes 15. <https://doi.org/10.1007/s13314-019-0371-4>. 2020.

## MYCOBIOTA AND MYCOTOXINS IN CONVENTIONAL AND ORGANIC CROP CORN

Data de aceite: 01/09/2021

Data da submissão: 28/05/2021

### Edlayne Gonçalez

Instituto Biológico, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Sanidade Animal  
São Paulo – SP  
<http://lattes.cnpq.br/6038537589754161>

### Christiane Ceriani Aparecido

Instituto Biológico, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Sanidade Vegetal  
São Paulo - SP  
<http://lattes.cnpq.br/2813714864052920>

### Andrea Dantas de Souza

Faculdade das Américas  
São Paulo – SP  
<http://lattes.cnpq.br/8709060766452871>

### Joana D'arc Felicio

Instituto Biológico, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Sanidade Animal  
São Paulo – SP  
<http://lattes.cnpq.br/7226910605592143>

### Roberto Carlos Felicio

Universidade Estadual de Santa Cruz,  
Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas  
Ilhéus - Ba  
<http://lattes.cnpq.br/2347603923082959>

**ABSTRACT:** The conventional agriculture is the model user the world, but consumer concern over the quality and safety of conventional food

has intensified in recent years, and primarily the increasing demand for organically grown food, which is perceived as healthier and safer. This study aimed to evaluate the presence of fungi and mycotoxins (aflatoxins, ochratoxin, zearalenone and fumonisins) in samples of organic and conventional corn collected from markets in São Paulo city, Brazil. The fungi isolated from organic corn samples were: *Mucor* spp., *Fusarium* spp., *Aspergillus niger*, *Aspergillus* spp and yeast. In the conventional corn were isolated: *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp., *Trichoderma* spp., *Cladosporium* spp., *Rhizopus* spp., *Paecilomyces* spp., *Curvularia* spp., *Penicillium* spp. and yeast. *F. moniliforme* was isolated in all samples of organic and conventional corn. Aflatoxins B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> and G<sub>2</sub>, ochratoxin A and zearalenone were not detected in the samples studied, but the fumonisins were detected in 96% of organic corn in 100% of conventional corn. The *F. moniliforme* presence in all samples and the detection of fumonisins indicate the importance of quality control the organic and conventional corns before their utilization.

**KEYWORDS:** Toxigenic fungi; aflatoxins, fumonisins, ochratoxin, zearalenone.

### MICROBIOTA E MICOTOXINAS EM MILHO CULTIVADO DE FORMA CONVENCIONAL E ORGÂNICA

**RESUMO:** A agricultura convencional é o modelo mais utilizado no mundo, porém a preocupação do consumidor com a qualidade e segurança dos alimentos se intensificou nos últimos anos, principalmente com o aumento da demanda por alimentos cultivados organicamente, que são

percebidos como mais saudáveis e seguros. Este estudo teve como objetivo avaliar a presença de fungos e micotoxinas (aflatoxinas, ocratoxina, zearalenona e fumonisinas) em amostras de milho orgânico e convencional coletadas no comércio da cidade de São Paulo, Brasil. Os fungos isolados de amostras de milho orgânico foram: *Mucor* spp., *Fusarium* spp., *Aspergillus niger*, *Aspergillus* spp e leveduras. No milho convencional foram isolados: *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp., *Trichoderma* spp., *Cladosporium* spp., *Rhizopus* spp., *Paecilomyces* spp., *Curvularia* spp., *Penicillium* spp. e leveduras. *F. moniliforme* foi isolado em todas as amostras de milho orgânico e convencional. Aflatoxinas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> e G<sub>2</sub>, ocratoxina A e zearalenona não foram detectadas nas amostras estudadas. As fumonisinas foram detectadas em 96% do milho orgânico em 100% do milho convencional. A presença de *F. moniliforme* em todas as amostras e a detecção de fumonisinas indicam a importância do controle de qualidade dos milhos orgânicos e convencionais antes de sua utilização.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fungos toxigênicos, aflatoxinas, fumonisinas, ocratoxina, zearalenona.

## 1 | INTRODUCTION

The benefits of agriculture have been immense, and the conventional food production is the model used in the world. By the 1940s one of the key innovations in the arable sector was the potential use of chemicals in combating both weeds and pests (MORGAN; MURDOCH, 2000). Organic farming has been suggested as an alternative to conventional farming systems in order to enhance environmental quality (TILMAN *et al.*, 2002). When comparing both production systems with regards to food safety, it appears that, for the well-known toxicants (pesticides, nitrates), organic products present some clear advantages, but it is also recognized that natural toxicants need to be better identified within this mode of production. Environmental and food processing contaminants are present in both organic and conventional products (PUSSEMIER *et al.*, 2006). Considering the difficulty in preventing contamination by toxigenic fungi or in maintaining low contamination levels in conventional crops, it is reasonable to expect that the problem occurs even more clearly in organic crops where antifungal and chemical agents may not be used (ARMORINI *et al.*, 2016). However, the study of the specialized literature by the FAO (2000) has led to the conclusion that there is no evidence to indicate that organic food is more prone to mycotoxin contamination than conventional food (KOUBA, 2003). The presence of molds and mycotoxins in food commodities is a potential health threat to humans and animals.

Many agricultural products are invaded by fungi before, during and after harvest, in drying, transport and / or storage. In general, peanuts, corn, cotton seeds are among the grains with the highest risk of contamination (ISMAIL, 2001).

*Fusarium*, *Aspergillus* and *Penicillium* are often isolated toxigenic genera in maize samples. Aflatoxin and fumonisin were the primary mycotoxin contaminants in maize (TORRES *et al.*, 2015).

The aim of this study was to obtain data on the occurrence of aflatoxins B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>),

$B_2$  (AFB<sub>2</sub>),  $G_1$  (AFG<sub>1</sub>) and  $G_2$  (AFG<sub>2</sub>), zearalenone (ZEA), ochratoxin A (OTA) and fumonisin, and identify the mycobiota from organic and conventional maize grain purchased on markets of São Paulo city, Brazil.

## 2 | MATERIALS AND METHODS

### 2.1 Samples

A total of 100 samples of corn cobs (800g each), 50 from organic and 50 from conventional agriculture, were collected from markets in São Paulo city, Brazil, in 2015.

### 2.2 Water activity determination

The water activity ( $a_w$ ) of goat feed and forage samples was determined by automatic analysis using Aqualab 4TE (Decagon Devices Inc., Pullman, WA).

### 2.3 Recovery, identification and enumeration of the mycobiota from corns samples

#### 2.3.1 Disinfection of corns

Approximately 30 g subsamples of each sample were disinfected by immersion in 2.0 % sodium hypochloride solution for 3 min, followed by three rinses with sterile distilled water.

#### 2.3.2 Isolation of mycobiota from corns

Some 33 disinfected grains (11 kernels per dish) were sampled for mycobiota isolation. The same procedure was done for seed, flowers and peg. Based on Pitt *et al.* (1993), the first isolation was done on potato dextrose agar (PDA) with chloramphenicol 500 mg/L. The fungal colonies recovered were identified according to recommended methods for each genus (RAPER; FENNEL, 1965; BARNETT; HUNTER, 1998).

### 2.4 Aflatoxins, ochratoxin and zearalenone analysis

The sample of corn (50 g each) was used for extraction of aflatoxins  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $G_1$  and  $G_2$ , ochratoxin A and zearalenone through the method of Soares and Rodriguez-Amaya (1989). The mycotoxins were extracted with chloroform and the solvent evaporated until 1.0 mL in a volumetric flask. An aliquot (40  $\mu$ L) of each sample was spotted on silica gel-G thin layer plate (Merck, Germany) and then developed with chloroform:acetone 9:1 (v:v) as a solvent system. The concentration of aflatoxin  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $G_1$  and  $G_2$ , ochratoxin A and zearalenone were determined by photodensitometry (Shimadzu, CS9000) comparing the area of the spot samples with mycotoxin standards (SigmaAldrich, USA). The quantification



and detection limits for aflatoxins were 2,0 and 4,0  $\mu\text{g}/\text{Kg}$ ; 5,0  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  and 10  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  for ochratoxin A and 55  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  and 165  $\mu\text{g}/\text{Kg}$  for zearalenone, respectively.

## 2.5 Fumonisin analysis

### 2.5.1 Fumonisin extraction

The samples of corn were analyzed for fumonisins B1 and B2 according to the method of Visconti, Solfrizzo and Girolamo (2001). Briefly, 50 mL of acetonitrile/methanol/water (25:25:50 v/v/v) solution was added to each 20 g samples of corn and the mixture was shaken for 20 min in an orbital shaker. The mixture was then centrifuged for 10 min at 2500  $\times g$ , and the supernatant filtered through filter paper (Whatman No. 4). The process was repeated again with the remaining solid material. The two filtrates were combined and 10 mL aliquots were mixed with 40 mL of phosphate buffered saline (PBS). This diluted extract was microfiber filtered (Whatman No. 4) and 10 mL aliquots were submitted to cleanup by immunoaffinity column (Fumonitest, Vicam, Somerville, MA, USA) at a flow rate of 1–2 drops/s. The fumonisins were eluted with 1.5 mL of methanol HPLC grade, at a flow rate of 1 drop/s. The quantification limit was agreed Visconti Solfrizzo and Girolamo (2001), at total levels from 0.5  $\mu\text{g}/\text{g}$  to 2.0  $\mu\text{g}/\text{g}$ .

### 2.5.2 HPLC conditions

Two hundred microliters of the final extract were derivatized with 50  $\mu\text{L}$  of o-phthalaldehyde (OPA) solution (40 mg of OPA dissolved in 1.0 mL of methanol and diluted in 5.0 mL of 0.1 M sodium tetraborate containing 50  $\mu\text{L}$  of mercaptoethanol). The product of this reaction was analyzed by a reverse phase isocratic HPLC system using a 150 $\times$ 4.6 mm C18 column (5ODS-20, Phenomenex) at a wavelength of 355 nm excitation and 440 nm emission. The mobile phase consisted of acetonitrile/water/acetic acid (520:480:5 v/v/v) solution at the 1.2 mL/min flow rate. The calibration curve was done by external standard method using four concentrations for each fumonisin: fumonisin B1: 0.25  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ; 0.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ; 1.0  $\mu\text{g}/\text{mL}$  and 2.0  $\mu\text{g}/\text{mL}$  ( $r_2 = 0.996$ ); fumonisin B2: 0.125  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ; 0.25  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ; 0.5  $\mu\text{g}/\text{mL}$  and 1.0  $\mu\text{g}/\text{mL}$  ( $r_2 = 0.997$ ). The HPLC quantification and detection limits were: 0.25  $\mu\text{g}/\text{mL}$  and 0.025  $\mu\text{g}/\text{mL}$  for fumonisin B1 and 0.125  $\mu\text{g}/\text{mL}$  and 0.0125  $\mu\text{g}/\text{mL}$  for fumonisin B2.

## 2.6 Statistical Analysis

The experiments were analyzed by ANOVA and Tukey's multiple range tests with a significance level  $P < 0.05$ .

## 3 | RESULTS

### 3.1 Water activity

Samples of conventional corn showed water activity ( $A_w$ ) between 0.99 and 1.0, while organic corn samples showed values ranging from 0.94 to 1.0.

### 3.2 Fungal Identification

The study of the fungal microbiota of the 50 samples of conventional corn grains presented the following results in descending order of percentage of contamination: yeast (68%), *Mucor* spp. (58%), *Fusarium* spp. (38%), *Aspergillus* spp. (24%), F.N.E. (Non-spore fungus) (20%), *Trichoderma* spp. (18%), *Aspergillus niger* (4%), *Cladosporium* spp. (2%), *Rhizopus* spp. (2%), *Paecilomyces* spp. (2%), *Curvularia* spp. (2%) and *Penicillium* spp. (2%) (figure 1).

In the study of the fungal microbiota of the 50 samples of organic corn grains, the following results were presented in order of decreasing percentage of contamination: yeast (100%), *Mucor* spp. (46%), F.N.E. (20%), *Fusarium* spp. (16%), *A. niger* (10%) *Aspergillus* spp. (4%) and it was not possible identified 16% of the fungi (figure 1).

*F. moniliforme* was isolated in all samples of organic and conventional corn grains (figure 1).

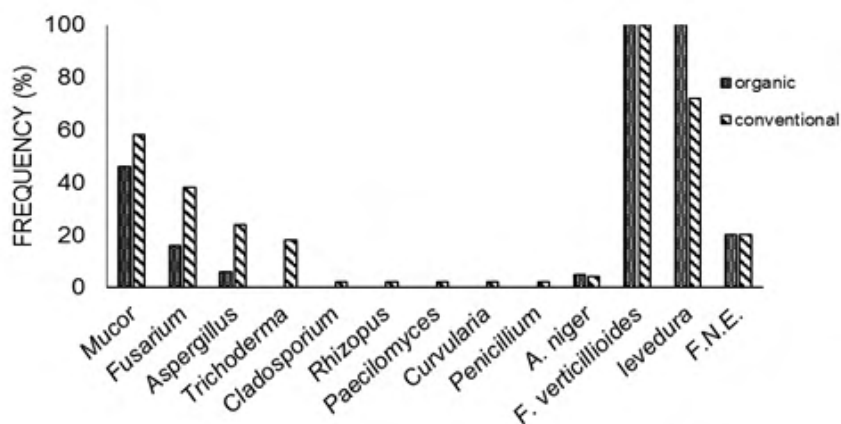


Figure 1: Fungal frequency in organic and conventional corn samples collected in São Paulo city, Brazil.

### 3.3 Mycotoxins analysis

Fumonisin B1 and B2 were detected in all samples of conventional corn at concentrations ranging from 0.54 to 62.20  $\mu\text{g/g}$  and from 0.2 to 18.31  $\mu\text{g/g}$ , respectively (figure 2 and 3). In organic corn, fumonisins were detected in 48 samples at concentrations ranging from 0.16 to 23.73  $\mu\text{g/g}$  for fumonisin B1 and from 0.12 to 7.30  $\mu\text{g/g}$  for fumonisin

B2 (figure 2 and 3). When compared to fumonisin concentrations between organic and conventional maize, there was a statistically significant difference ( $P < 0.05$ ) between them. Aflatoxins B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> and G<sub>2</sub>, ochratoxin A and zearalenone were not detected in the samples of conventional and organic corn.

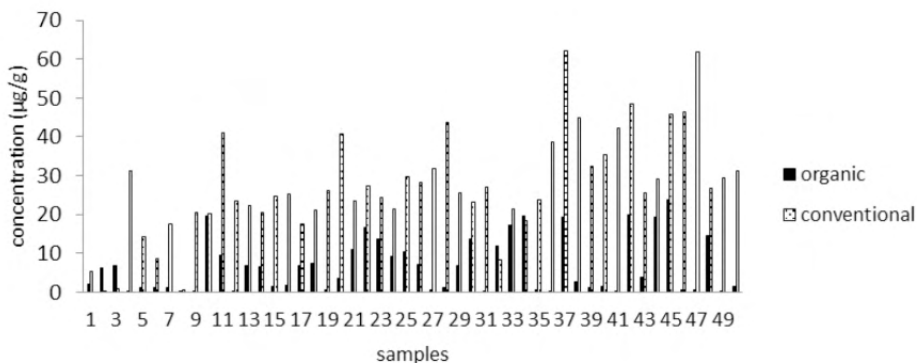


Figure 2. Concentration ( $\mu\text{g/g}$ ) of fumonisin B1 in organic and conventional corn samples collected in São Paulo city, Brazil.

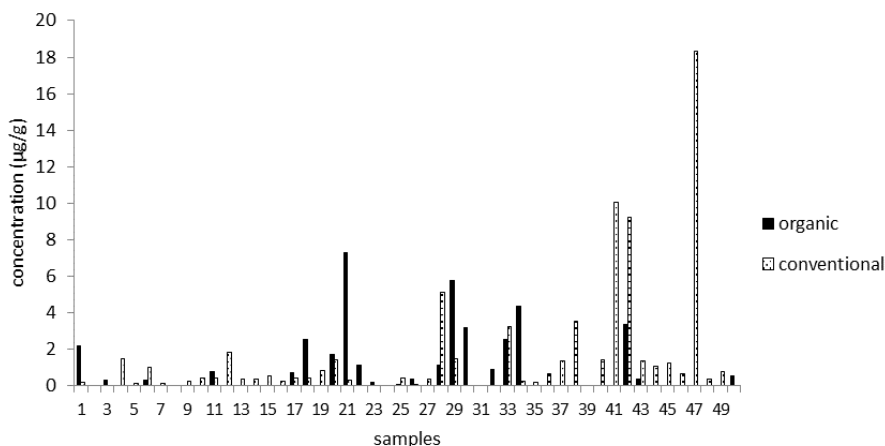


Figure 3. Concentration ( $\mu\text{g/g}$ ) of fumonisin B2 in organic and conventional corn samples collected in São Paulo city, Brazil.

## 4 | DISCUSSION

Maize/corn is an extensively studied crop for the presence of toxigenic fungi and mycotoxins. Infection of corn kernels by toxigenic fungi like *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus*, *Fusarium verticillioides* and *F. proliferatum* is well established (BHAT; REDDY, 2017).

In the samples of corn, both conventional and organic, we verified the genera of toxigenic fungi with higher incidence were *Fusarium* spp. and *Aspergillus* spp. (figure 1).

The conventional corn showed higher incidence of *Fusarium* spp. and *Aspergillus* spp. than organic corn (figure 1). Ariño *et al.* (2007) also found lower *Fusarium* contamination on organic maize than conventional. On the other hand, Lazzaro *et al.* (2015) found more contaminated by *Fusarium* spp. on organic maize than conventional.

*F. moniliforme* was found in all samples of organic and conventional corn (figure 1). In Brazil was reported a higher incidence of *F. verticillioides*, *Penicillium* spp. and *A. flavus* in maize samples at different stages of maturity (Almeida *et al.*, 2002). These results were also reported by Covarelli, Beccari and Salvi (2011), in corn grains from different locations in Umbria (central Italy). Azevedo *et al.* (1994), when evaluating the incidence of fungi in stored corn, found more frequently the genus *Aspergillus* followed by *Penicillium* and *Fusarium*.

In this study, a greater diversity of filamentous fungi species was verified in the form of conventional culture when compared to organic (Figure 1). According to Cruz *et al.* (2011) organic agriculture relies on the biodiversity of key components, such as pollinators, natural enemies, earthworms, microorganisms, among others. Through their ecological roles, these groups mediated important processes, such as natural control of insect populations, nutrient cycling, biological nitrogen fixation, synchronization between nutrient release and plant demand, carbon sequestration, the integration between plant and animal production, etc. The use of non-selective chemicals that cause the death of many natural enemies, causing the imbalance in the environment, causing the growth of different microorganisms.

The yeasts were present in 100% of the samples of organic maize and 68% of the samples of conventional maize (figure 1), and in 4 samples of conventional maize and in 15 of organic samples only showed growth of these organisms. In addition, the action of yeasts on the growth of filamentous fungi could explain the lower diversity of fungal genera found in organic maize. The influence of the yeast species on the development of filamentous fungi has been explored by some authors, especially for use in stored grains (MASOUD; KALTOF, 2006; PETERSSON; SCHNURER, 1998). Ramos *et al.* (2010) observed that the yeasts UFLACF 710 and UFLACF 951 belonging to the species *Pichia anomala* and the isolates UFLACF 889 and UFLACF 847 of the species *Debaryomyces hansenii* inhibit the sporulation of *A. ochraceus*, *A. parasiticus* and *P. roqueforti*, but do not interfere in the mycelial growth.

The water activity was high for all samples, above 0.94. According to Orris (1997) data related to environmental factors, especially temperature and relative humidity, storage time and mainly food water activity, are important factors that influence the fungal growth and mycotoxin production in the substrate, making important for the establishment of a program for the prevention and control of this agent.

Advocates of the conventional farming system point out those products from organic farming may present a much higher risk of the presence of mycotoxins. Fumonisin are often found in maize and maize-based foods. All samples of conventionally grown maize were contaminated with fumonisins and only two samples of organic maize did not present

this toxin (Figures 2 and 3). The concentrations found in conventional corn were higher than those of organic maize (Figures 2 and 3), and this difference was statistically significant ( $P < 0.05$ ). Despite the difference in concentration between the two forms of cultivation, the levels found are in accordance with the Brazilian legislation that stipulates as maximum limit for FB1 + FB2 in maize grain of 5000  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (BRAZIL, 2011). Ariño *et al.* (2007), which studied the presence of mycotoxins in 60 maize samples from conventional and organic systems, and evaluated that 13.3% of the corn samples from the conventional system presented fumonisins B1 and B2 at a concentration of 43 and 22  $\text{ng}/\text{g}$  respectively. While 10% of the organic corn samples contained fumonisins in concentrations lower than 35  $\text{ng}/\text{g}$  (FB1) and 19  $\text{ng}/\text{g}$  (FB2). Cirillo *et al.* (2003), carried out a study of the Italian market and obtained higher mean concentrations of fumonisin B1 (345  $\text{ng}/\text{g}$ ) in maize from conventional planting system while fumonisin B2 (210  $\text{ng}/\text{g}$ ) appeared in maize obtained from organic production system. Other study reported difference was not significantly for fumonisin contamination in maize under organic or conventional conditions (GALARRETA *et al.*, 2015).

No aflatoxins B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> and G<sub>2</sub>, ochratoxin A and zearalenone were detected in the samples of conventional and organic maize grains analyzed. Almeida *et al.* (2002) also did not detect the presence of aflatoxins in maize samples grown in different regions of the State of São Paulo. Already, Roigé *et al.* (2009) analyzed maize grains and detected zearalenone in 36% of samples and aflatoxin B<sub>1</sub> in each 4% of maize samples. Alborch *et al.* (2012) evaluated 30 samples of corn meal and 30 samples of corn popcorn and identified 14 samples with AFs and 4 samples with OTA. In the samples of popcorn 2 samples were contaminated by AFs and 10 with OTA, and ZEA was not detected in any of the samples. Karami-Osboo *et al.* (2012) reported the presence of AFB<sub>1</sub> in 43.6% of 373 maize samples analyzed. Ochratoxin was detected in only four of the 40 samples of corn stored collected in the Central region of Minas Gerais (CONCEIÇÃO *et al.*, 2010). Samples of maize-based foods (121), which were collected in the city of Maringá, PR, Brazil, showed AFB<sub>1</sub> contamination in 3 samples, 2 samples with AFB<sub>2</sub>, 1 sample with OTA and 1 sample with ZEA. Krout-Greenberg *et al.* (2013) evaluated 50 random samples of whole maize and aflatoxins were detected in 14 samples, where only one sample contained a high concentration.

## 5 | CONCLUSION

The absence of aflatoxins B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> and G<sub>2</sub>, ochratoxin A and zearalenone and fumonisin concentrations found according to Brazilian legislation in the samples of green maize grains analyzed demonstrate the good quality of organic and conventional corn produced in relation of these toxins. However, fungal grow in organic and conventional food and can produce mycotoxins in both of them. There are fundamental differences in organic and conventional production practices, but it is necessary more studies about mycotoxin contamination in organic food to conclude if this practice is safer than conventional form.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for financial support.

## REFERENCES

- ALBORCH, L.; BRAGULAT, M.R.; CASTELLÁ, G.; ABARCA, M.L.; CABAÑES, F.J. Mycobiota and mycotoxin contamination of maize flours and popcorn kernels for human consumption commercialized in Spain. **Food Microbiology**, Avignon, v. 32, n. 1, p. 97-103, out. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2012.04.014>. Available in: [https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0740-0020\(12\)00096-2](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0740-0020(12)00096-2). Access in: 27 may 2021.
- ALMEIDA, A. P.; FONSECA, H.; FANCELLI, A. L.; DIREITO, G. M.; ORTEGA, M.; CORRÊA, B. Mycoflora and Fumonisin Contamination in Brazilian Corn from Sowing to Harvest. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, Washington, v. 50, n. 13, p. 3877-3882, jun. 2002. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/jf011531p>. Available in: <https://doi.org/10.1021/jf011531p>. Access in: 26 may 2021.
- ARIÑO, A.; ESTOPAÑAN, G.; JUAN, T.; HERRERA, A. Estimation of dietary intakes of fumonisins B1 and B2 from conventional and organic corn. **Food Control**, Vurrey, v. 18, n. 9, p. 1058-1062, set. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.07.002>. Available in: [https://www.researchgate.net/publication/222645524\\_Estimation\\_of\\_dietary\\_intakes\\_of\\_fumonisin\\_B1\\_and\\_B2\\_in\\_conventional\\_and\\_organic\\_corn](https://www.researchgate.net/publication/222645524_Estimation_of_dietary_intakes_of_fumonisin_B1_and_B2_in_conventional_and_organic_corn). Access in: 25 may 2021.
- ARMORINI, S.; ALTAFINI, A.; ZAGHINI, A.; RONCADA, P. Occurrence of aflatoxin M1 in conventional and organic milk offered for sale in Italy. **Mycotoxin Research**, Giessen, v. 32, n. 4, p. 237-246, 8 set. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12550-016-0256-8>. Available in: <https://dx.doi.org/10.1007/s12550-016-0256-8>. Access in: 26 may 2021.
- AZEVEDO, I. G.; GAMBALE, W.; CORREA, B.; PAULA, C. R.; ALMEIDA, R. M. A.; SOUZA, V. M. Mycoflora and aflatoxigeni species of *Aspergillus* spp isolated from stored maize. **Revista de Microbiologia**, v.25, n.1, p. 46-50, jan.-mar. 1994.
- BARNETT, H.L.; HUNTER, Barry B. **Illustrated genera of imperfect fungi**, 4<sup>th</sup> ed. Minnesota: The American Phytopathological Society, 218 p., 1998.
- BHAT, R.; REDDY, K. R. N. Challenges and issues concerning mycotoxins contamination in oil seeds and their edible oils: updates from last decade. **Food Chemistry**, Norwich, v. 215, p. 425-437, jan. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.161>. Available in: [https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308-8146\(16\)31194-3](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308-8146(16)31194-3). Access in: 26 may 2021
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2011). Resolução de Diretoria Colegiada nº 7, de 18 de fevereiro de 2011. Dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos. **Resolução**. 37. ed. Brasília, DF: Dou, 22 fev. 2011. Seção 1, p. 1-8. Available in: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/resolucao-rdc-no-7-de-18-de-fevereiro-de-2011.pdf>. Access in: 26 may 2021

CIRILLO, T.; RITIENI, A.; VISIONE, M.; COCCHIERI, R. A. Evaluation of Conventional and Organic Italian Foodstuffs for Deoxynivalenol and Fumonisin B1 and B2. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, n. 27, p. 8128-8131, dez. 2003. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/jf030203h>. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14690407/>. Access in: 27 may 2021

CONCEIÇÃO, R. R. P.; QUEIROZ, V. A. V.; SARAIVA, J. S. C.; ALVES, G. L. O.; FERREIRA, P.; MENDES, S. M.; COSTA, R. V. Teores de ocratoxinas em milho armazenado com palha na região Central de Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28, 2010, Goiânia. **Anais** [...]. Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. p. 847-851. Available in: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/25236/1/0599.pdf>. Access in: 27 may 2021

COVARELLI, L.; BECCARI, G.; SALVI, S. Infection by mycotoxigenic fungal species and mycotoxin contamination of maize grain in Umbria, central Italy. **Food And Chemical Toxicology**, Reus, v. 49, n. 9, p. 2365-2369, set. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2011.06.047>. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21723360/>. Access in: 27 may 2021

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; MATRANGOLO, W. J. R.; MARRIEL, Ivanildo Evódio; MOREIRA, José Aloísio Alves. **Milho orgânico**. 2011. Available in: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fz5e6zsp02wx5ok0cpoo6agwc2gy1.html>. Access in: 26 may 2021.

FAO (Italy). **Worldwide regulations for mycotoxins in food and feed in 2003**. 81. ed. Rome: Food And Agriculture Organization Of The United Nations, 2004.

GALARRETA, J. I. R.; BUTRÓN, A.; ORTIZ-BARREDO, A.; MALVAR, R. A.; ORDÁS, Amando; LANDA, Arsenio; REVILLA, Pedro. Mycotoxins in maize grains grown in organic and conventional agriculture. **Food Control**, Vurrey, v. 52, p. 98-102, jun. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.12.016>. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713514007063?via%3Dihub>. Access in: 26 may 2021.

ISMAIL, M. A. Deterioration and spoilage of peanuts and desiccated coconuts from two sub-Saharan tropical East African countries due to the associated mycobiota and their degradative enzymes. **Mycopathologia**, California, v. 150, n. 2, p. 67-84, 2001. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1023/a:1010863507652>. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11407493/>. Access in: 25 may 2021.

KARAMI-OSBOO, R.; MIRABOLFATHY, M.; KAMRAN, R.; SHETAB-BOUSHEHRI, M.; SARKARI, S. Aflatoxin B1 in maize harvested over 3 years in Iran. **Food Control**, Vurrey, v. 23, n. 1, p. 271-274, jan. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.06.007>. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713511002362>. Access in: 27 may 2021.

KROUT-GREENBERG, N. D.; PUSCHNER, B.; DAVIDSON, M. G.; DEPETERS, E. J. Preliminary study to assess mycotoxin concentrations in whole corn in the California feed supply. **Journal of Dairy Science**, Cambridge v.96, n.4, p.2705-2712, 2013. Available in <http://download.journals.elsevierhealth.com/pdfs/journals/0022-0302/PIIS0022030213001318.pdf>. Access in: 26 may 2021.

LAZZARO, I.; MORETTI, A.; GIORNI, P.; BRERA, C.; BATTILANI, P. Organic vs conventional farming: differences in infection by mycotoxin-producing fungi on maize and wheat in northern and central Italy. **Crop Protection**, Lincoln, v. 72, p. 22-30, jun. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2015.03.001>. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219415000757>. Access in: 27 may 2021.

KOUBA, M. Quality of organic animal products. **Livestock Production Science**, Victoria, v. 80, n. 1-2, p. 33-40, mar. 2003. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0301-6226\(02\)00318-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0301-6226(02)00318-4). Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301622602003184>. Access in: 27 may 2021.

MASOUD, W; KALTOFT, C. H. The effects of yeasts involved in the fermentation of *Coffea arabica* in East Africa on growth and ochratoxin A (OTA) production by *Aspergillus ochraceus*. **International Journal Of Food Microbiology**, Torino, v. 106, n. 2, p. 229-234, fev. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2005.06.015>. Available in: [https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168-1605\(05\)00426-5](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168-1605(05)00426-5) Access in: 26 may 2021.

MORGAN, K.; MURDOCH, J. Organic vs. conventional agriculture: knowledge, power and innovation in the food chain. **Geoforum**, Wageningen, v. 31, n. 2, p. 159-173, maio 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0016-7185\(99\)00029-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0016-7185(99)00029-9). Available in: [https://www.researchgate.net/publication/223662828\\_Organic\\_vs\\_conventional\\_agriculture\\_Knowledge\\_power\\_and\\_innovation\\_in\\_the\\_food\\_chain](https://www.researchgate.net/publication/223662828_Organic_vs_conventional_agriculture_Knowledge_power_and_innovation_in_the_food_chain). Access in: 27 may 2021.

TORRES, O.; MATUTE, J.; WAES, J. G.; MADDOX, J.R.; GREGORY, S.G.; ASHLEY-KOCH, A.E.; SHOWKER, J.L.; VOSS, K.A.; RILEY, R.T. Human health implications from co-exposure to aflatoxins and fumonisins in maize-based foods in Latin America: guatemala as a case study. **World Mycotoxin Journal**, Vienna, v. 8, n. 2, p. 143-159, 1 jan. 2015. Wageningen Academic Publishers. <http://dx.doi.org/10.3920/wmj2014.1736>. Available in: <https://www.wageningenacademic.com/doi/10.3920/WMJ2014.1736>. Access in: 27 may 2021.

ORRISS, G. Animal Diseases of Public Health Importance. **Emerging Infectious Diseases**, v. 3, n. 4, p. 497-502, dez. 1997. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). <http://dx.doi.org/10.3201/eid0304.970413>. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmid/9366603> Access in: 26 may 2021.

PETERSSON, S.; SCHNÜRER, J. *Pichia anomala* as a biocontrol agent of *Penicillium roqueforti* in high-moisture wheat, rye, barley, and oats stored under airtight conditions. **Canadian Journal of Microbiology**, [S.L.], v. 44, n. 5, p. 471-476, 1998. Canadian Science Publishing. <http://dx.doi.org/10.1139/cjm-44-5-471>.

PITT, J. I.; HOCKING, A. D. *Aspergillus* and related teleomorphs. In: PITT, J. I.; HOCKING, A. D. **Fungi and food spoilage**. London: Chapman & Hall, 1997. p. 339-416.

PUSSEMIER, L.; LARONDELLE, Y.; VAN PETEGHEM, C.; HUYGHEBAERT, A. Chemical safety of conventionally and organically produced foodstuffs: a tentative comparison under belgian conditions. **Food Control**, Vurrey, v. 17, n. 1, p. 14-21, jan. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.08.003>. Available in: [https://www.favv-afsca.be/scientificcommittee/publications/articles/\\_documents/organic\\_final.pdf](https://www.favv-afsca.be/scientificcommittee/publications/articles/_documents/organic_final.pdf). Access in: 25 may 2021.

RAMOS, D. M. B., SILVA, C. F., BATISTA, L. R.; SCHWAN, R. F. Inibição em in vitro em de fungos toxigênicos por *Pichia* sp. e *Debaryomyces* sp. isoladas de frutos de café em (*Coffea arabica*). **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, 32(3), 397-402. 2010. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v32i3.3361>. Access in: 27 may 2021.

RAPER., K. B.; FENNELL, D. I. **The genus *Aspergillus***. Baltimore: Willians Wilkins, 1965. 686 p.



ROIGÉ, M. B.; ARANGUREN, S. M.; RICCIO, M. B.; PEREYRA, S.; SORACI, A. L.; TAPIA, M.O. Mycobiota and mycotoxins in fermented feed, wheat grains and corn grains in Southeastern Buenos Aires Province, Argentina. **Revista Iberoamericana de Micología**, Barcelona, v. 26, n. 4, p. 233-237, out. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.riam.2009.03.003>. Available in: <http://www.reviberoammicol.com/2009-26/233237.pdf>. Access in: 26 may 2021.

TILMAN, D.; CASSMAN, K. G.; MATSON, P. A.; NAYLOR, R.; POLASKY, S. Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, [S.L.], v. 418, n. 6898, p. 671-677, ago. 2002. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/nature01014>.

SOARES, Lucia M Valente; RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B. Survey of aflatoxins, ochratoxin A, zearalenone, and sterigmatocystin in some brazilian foods by using multi-toxin thin-layer chromatographic method. **Journal Of Aoac International**, [S.L.], v. 72, n. 1, p. 22-26, 1 jan. 1989. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/jaoac/72.1.22>.

VISCONTI, A.; SOLFRIZZO, M.; GIROLAMO, A.; BRESCH, H; BURDASPAL, P; CASTEGNARO, M; FELGUEIRAS, I; GARDIKIS, J; JØRGENSEN, K; KAKOURI, E. Determination of Fumonisin B1 and B2 in corn and corn flakes by liquid chromatography with immunoaffinity column cleanup: collaborative study. **Journal of Aoac International**, [S.L.], v. 84, n. 6, p. 1828-1838, 1 nov. 2001. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/jaoac/84.6.1828>.

## O BIOMA CERRADO E A CADEIA PRODUTIVA DE ÓLEOS PARA A PRODUÇÃO DE COSMÉTICOS

*Data de aceite: 01/09/2021*

*Data de submissão: 02/07/2021*

### **Diego Marques Freitas**

Universidade Estadual de Montes Claros,  
Programa de Pós-graduação em Biotecnologia  
Montes Claros/MG  
<http://lattes.cnpq.br/7556639730932362>

### **Vanessa de Andrade Royo**

Universidade Estadual de Montes Claros,  
Programa de Pós-graduação em Biotecnologia  
Montes Claros/MG  
<http://lattes.cnpq.br/3436505281743087>

### **Dario Alves de Oliveira**

Universidade Estadual de Montes Claros,  
Programa de Pós-graduação em Biotecnologia  
Montes Claros/MG  
<http://lattes.cnpq.br/4782483369059714>

### **Claudio Diniz Pinto Leite**

KMMD Desenvolvimento e Pesquisa de  
Cosméticos, MINARVM  
Belo Horizonte/MG  
<http://lattes.cnpq.br/1883442847943126>

**RESUMO:** O trabalho é demanda específica da empresa MINARVN, parceira UNIMONTES, por intermédio do PPGB. A MINARVN é uma empresa que tem como objetivo o desenvolvimento e a produção de cosméticos de plantas dos biomas brasileiros. Além dos interesses científicos e econômicos, a empresa demonstra claro interesse no que se refere à responsabilidade

socioambiental, e quer não somente entender os impactos socioambientais da utilização das matérias primas na indústria, mas também como atuar para garantir a exploração sustentável. A parceria tem como finalidade a cooperação na pesquisa de produtos do cerrado com aplicação na indústria cosmética e os processos correlacionados. O objetivo principal foi avaliar se a matéria prima produzida atende aos parâmetros exigidos pela indústria. As espécies pesquisadas foram o Pequi, Buriti e Urucum. Foi descrita a cadeia produtiva existente e as lacunas observadas. De maneira secundária, foi verificada a inserção socioambiental e econômica das espécies. Outras informações possibilitam a elevação do nível de entendimento da cadeia produtiva dessas espécies e podem servir de subsídio para trabalhos futuros.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biomas, Cosméticos, Cadeia produtiva, Impacto socioambiental.

### THE CERRADO BIOME AND THE OIL PRODUCTION CHAIN FOR THE PRODUCTION OF COSMETICS

**ABSTRACT:** The work is a specific demand of the company MINARVN, a UNIMONTES partner, through the PPGB. MINARVN is a company whose objective is the development and production of plant cosmetics from Brazilian biomes. In addition to scientific and economic interests, the company demonstrates a clear interest in social and environmental responsibility, and wants not only to understand the social and environmental impacts of the use of raw materials in the industry, but also how to act to ensure sustainable exploitation. The partnership aims

to cooperate in the research of products from the cerrado with application in the cosmetic industry and related processes. The main objective was to assess whether the raw material produced meets the parameters required by the industry. The species surveyed were Pequi, Buriti and Urucum. The existing production chain and the gaps observed were described. Secondly, the socio-environmental and economic insertion of the species was verified. Other information makes it possible to increase the level of understanding of the production chain of these species and may serve as a subsidy for future work.

**KEYWORDS:** Biomes, Cosmetics, Production chain, Social and environmental impact.

## 1 | INTRODUÇÃO

### 1.1 O mercado mundial de cosméticos

Hoje conhecido como “capital da vaidade”, o mercado cosmético vem tomando posição cada vez mais notória no ranque da economia mundial. O gasto mundial estimado da categoria atingiu o patamar recorde de 4,5 trilhões de dólares, que é suficiente para encaixá-lo como a 4ª economia mundial, superando o PIB (Produto Interno Bruto) da Alemanha (Bank of America, 2015).

Sabe-se ainda que de maneira geral, os papéis deste mercado vem crescendo numa média de 20% ao ano, registrando recordes sucessivos em várias regiões do globo. Ainda, segundo a Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABIHPEC) no mercado brasileiro há um crescimento consolidado sempre na casa dos 2 dígitos. Desde que o levantamento começou a acontecer a 23 anos, o ano de 2015 foi o único em que houve queda no segmento, já recuperada no ano 2016 (ABIHPEC, 2018).

Neste contexto, o Brasil está localizado na linha de frente, já tendo ocupado a 2ª colocação dentre os mercados consumidores quando detinha aproximadamente 9,4% do mercado mundial (IBGE, 2015). Após a crise financeira de 2015 desceu para a 4ª posição, onde permanece até o momento ficando atrás apenas dos EUA, China e Japão (ABIHPEC, 2019).

Ao mesmo tempo, o país se posiciona no topo das riquezas relativas à biodiversidade, representando quase 20% do total de espécies do planeta (MMA, 2016).

Ainda, constatam-se dois fatos importantes sobre a produção nacional, o primeiro em relação ao crescimento da produção de óleos essenciais que vem crescendo acima dos 20% a cada ano, chegando a picos acima de 40%. O segundo, em relação à proporção dessa produção representada pelo óleo essencial de laranja que é próxima dos 90% e tem sido o principal óleo responsável pelo crescimento apresentado.

Estes fatos, aliados à vasta biodiversidade brasileira, mostra indícios claros do potencial não explorado deste mercado.

### 1.2 Aplicação de óleos essenciais da flora na cosmetologia

A aplicação cosmética de óleos essenciais da flora tem sido motivo de atenção por

diversos segmentos, desde o uso alimentício até o uso medicinal e/ou cosmético. Muitos estudos vêm encontrando as mais diversas propriedades cosméticas dessas espécies, como: atividade antioxidante, proteção UV, regeneração celular, entre outros.

No caso do Brasil, estamos falando de um universo de mais de 40.000 espécies (Forzza *et al.*, 2010) que, na maioria, ainda precisa ter as atividades de interesse na área de cosméticos estudadas.

Outra situação que chama a atenção, é que mesmo as espécies com aplicações cosméticas já relacionadas, uma parcela muito pequena já tem produtos efetivamente desenvolvidos, como é o caso da Amazônia que já conta com mais de 200 espécies com atividade cosmética comprovada e menos de um quarto dessas já tem produtos prontos (ABIHPEC, 2015).

Empresas com interesse neste mercado trilionário, começam a fazer investimentos de grande magnitude como é o caso da “Symrise”, empresa alemã desse segmento começou a construção de um parque industrial na Amazônia, especialmente preparado para a coleta e extração de óleos, manteigas e fragrâncias de produtos colhidos do bioma (Gleason-Allured, 2015).

Nesta lógica, temos uma nova tendência de potencial ainda praticamente inexplorado que é a aplicação de matérias primas dos biomas brasileiros na indústria cosmética.

### **1.3 O Cerrado Brasileiro**

Nesta tendência do uso de óleos naturais de plantas na aplicação cosmética, e com o foco especificamente nos biomas brasileiros, o Cerrado (Figura 1) se encontra no topo das prioridades a serem exploradas pelo setor. Destacando-se claramente três situações sobre o bioma.



Figura 1. Localização geográfica do Bioma Cerrado no Brasil.

Fonte: IBGE, 2017.

A primeira, sem dúvidas, é o contexto econômico, uma vez que o bioma é reconhecidamente a savana mais rica do mundo, contando com uma flora com mais de 11.000 espécies, das quais, mais de 4.400 são endêmicas (Myers *et al.*, 2000).

A segunda, diz respeito ao contexto ambiental do Cerrado, uma vez que o bioma ocupa aproximadamente 25% do território nacional e conta com aproximadamente 55% da sua área desmatada (Machado *et al.*, 2004) e diversas espécies extintas na fauna e flora (Myers *et al.*, 2000). Prática de atividades que visem à valorização e simultaneamente a conservação deste ambiente, sem dúvidas deve ser uma prioridade.

A terceira situação se refere ao papel sociocultural do bioma, que tem ocorrência numa vasta área geográfica e é, conseqüentemente, fundamental no sustento de diversas famílias e/ou comunidades inteiras que dependem parcialmente ou totalmente de atividades ligadas a exploração extrativista do bioma. A ocupação do cerrado data de pelo menos 12.000 anos, e os povos ali inseridos desenvolveram modos de vida completamente baseados nas riquezas do bioma (Ribeiro, 2005).

Apesar da tendência clara dos mercados cosméticos em escolher produtos de compostos naturais em vez dos derivados do petróleo, ainda é muito discreta a preocupação quanto aos métodos utilizados para obtenção daquelas matérias primas, que podem trazer conseqüências para todo o contexto onde o bioma está inserido. Normalmente, o interesse econômico tem prevalecido em detrimento da sustentabilidade, onde áreas nativas passam ceder lugar a áreas até então economicamente mais atrativas, como agropecuária e

mineração (MMA, 2015).

## 1.4 A demanda da indústria cosmética parceira

A MINARVN é uma empresa preocupada com a sustentabilidade, tanto no ponto de vista econômico, uma vez que a exploração sustentável garante fonte inestimável de recursos para o setor, como no que se refere à inserção socioambiental do bioma. Trata-se de empresa, que tem como objetivo o desenvolvimento, a produção e a comercialização de produtos cosméticos baseados em plantas dos biomas brasileiros, e o Cerrado é o primeiro deles.

A empresa vem a algum tempo atuando em parceria com outras instituições de pesquisa além da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), como a Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) na pesquisa das plantas com propriedades de interesse cosmético, bem como no desenvolvimento de formulações e produtos. Diversos produtos já foram desenvolvidos e estão prontos para entrarem no mercado.

A empresa detectou fornecedores já estabelecidos no mercado das matérias primas, que tem capacidade produtiva já existente em escala suficiente para atender a indústria cosmética, mas que não são capazes de garantir ou menos demonstrar a procedência dos meios de exploração utilizados. Surgiu então a necessidade de estudo que tivesse a descrição da cadeia produtiva dessas matérias primas tradicionalmente existente e assim avaliar a forma que a indústria poderia adquirir os insumos diretamente da agricultura familiar localizada no bioma.

Para tal, o estudo visa não apenas desenhar a cadeia produtiva existente, mas sim fazer uma análise completa da situação, desde a verificação da qualidade do produto culturalmente extraído, até a avaliação das intervenções necessárias para que seja atingida a qualidade necessária. E, para isto, foi necessário analisar também os métodos de manejo, processamento, produção e armazenamento da matéria prima.

As espécies pesquisadas foram: o Pequi (*Caryocar brasiliense*), Buriti (*Mauritia flexuosa*) e Urucum (*Bixa orellana*).

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Levantamento das comunidades produtoras

Foi feito levantamento junto a órgãos que atuam no setor de assistência técnica e extensão rural sobre as principais comunidades que exploram ou beneficiam as espécies em questão.

No levantamento, como universo amostral, selecionaram-se pelo menos três focos de cada espécie, e no caso que a amostra representava mais de três locais, os mesmos foram sorteados aleatoriamente. Cada local listado atendeu aos seguintes requisitos para integrar a lista:

- Estar localizados na região norte de Minas Gerais (Figura 2).
- Ser áreas de grande ocorrência da espécie.
- Contar com atividade econômica relevante e com exploração minimamente organizada (formal ou informal).



Figura 2. Mapa do Norte de Minas Gerais.

Fonte: IFNMG, 2016.

## 2.2 Diagnóstico situacional

Avaliou-se a situação atual dos frutos no contexto ao qual são inseridos. Iniciou-se por um descritivo da situação socioambiental da espécie, entendendo desde a importância social e cultural da espécie, até a percepção da degradação do bioma, e mais especificamente da espécie estudada. Ainda, nesta mesma análise, buscou-se entender qual a importância econômica da espécie, descrevendo desde a representatividade da espécie na renda dos povos tradicionais até os valores praticados e a existência ou não de incentivos. Buscou-se também mapear a cadeia produtiva vigente, como se dá a coleta, processamento, venda e a existência ou não de atravessadores, gargalos produtivos, armazenamento e escoamento da produção.

Já no tocante especificamente dos cosméticos, verificou-se também o nível de conhecimento dos povos tradicionais sobre o uso das espécies além da aplicação alimentícia, e quais aplicações são conhecidas tradicionalmente. E ainda, se existe potencial produtivo para atender indústrias de larga escala.

A pesquisa qualitativa é aquela que oferece informação contextual valiosa e serve

de subsídio para achados igualmente valiosos (Bauer e Gaskell, 2000). É o caso aqui descrito, onde será necessário conhecer o contexto de inserção das plantas em várias esferas ainda desconhecidas, ou que ainda não foram sistematicamente organizadas.

Para tal, foram utilizadas duas técnicas, a observação e a entrevista, esta última, considerada a melhor de todas as técnicas das ciências sociais (Gill, 1999). A utilização de duas técnicas possibilitará confrontar as informações obtidas por meio das entrevistas com as informações obtidas nas observações e assim, obter melhores resultados. A entrevista seguiu o roteiro descrito no APÊNDICE I. A elaboração do roteiro da entrevista contempla cada etapa da metodologia proposta ao Comitê de Ética da UNIMONTES e que foi aprovado na íntegra (n° 62565416.9.000.5146).

As entrevistas foram feitas de forma coletiva (com membros da comunidade), organizadas nas associações, cooperativas ou residências. A entrevista aconteceu de forma livre e informal, com subtemas guiados pelo entrevistador.

Em seguida, foi verificado se os óleos obtidos são analisados de alguma forma e se tem emissão de laudo. Em nenhum dos lugares estudados é realizado análises e nem enviado o óleo para análises e emissão de laudo, o que seria um dificultador para venda, já que empresas cosméticas precisam de óleos com parâmetros bem definidos, com laudos de avaliação de odor, aparência, cor, densidade, índice de acidez, índice de peróxidos, índice de iodo, índice de saponificação, dentre outras análises.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante as coletas de informações preliminares junto aos órgãos de extensão rural, algumas informações relevantes foram encontradas.

No caso do pequi, foi verificado um número muito grande de locais onde havia ocorrência e atividade econômica da espécie, desta forma, por se falar em escalas industriais, buscou-se os locais onde havia maior ocorrência populacional das árvores. Para esta espécie os municípios selecionados foram: Japonvar, Montes Claros e Taiobeiras (Figura 3).





Figura 3. Recorte parcial do mapa territorial oficial do Estado de Minas Gerais.

Fonte: Site da Fundação João Pinheiro, 2020.

Já em relação ao Buriti, apesar de encontrarmos locais de ocorrência da espécie em número viável, apenas no município de Januária havia alguma forma de organização, e esta, totalmente inserida no mercado cosmético. Já conta com cadeia desenvolvida em todos os níveis, no que diz respeito à extração do óleo, situação que foi alvo de reportagem exibida no Inter TV Rural (INTER TV, 2016). Contudo, foram detectadas partes do fruto não utilizadas no processo, o que viabiliza a continuidade da pesquisa. Para esta espécie foram selecionados os municípios: Brasília de Minas, Januária e Mirabela (Figura 4).



Figura 4. Recorte parcial do mapa territorial oficial do Estado de Minas Gerais.

Fonte: Site da Fundação João Pinheiro, 2020.

A situação do urucum é um pouco diferente, pois não foram encontradas comunidades

com ocorrência natural relevante ou atividade econômica significante em relação ao uso dessa planta, que não a destinação de natureza alimentícia como tempero, obtida de forma isolada. Procurou-se também encontrar atividade industrial asseada na espécie que tenha a semente como parte descartada do processo, e assim verificar o aproveitamento na produção de óleo. Não foi encontrado uso cultural do óleo da espécie.

### 3.1 Inserção socioambiental e econômica

#### 3.1.1 *Pequi*

De todas as espécies estudadas, bem como nas observações que foram feitas, o pequi é, sem dúvidas, a de principal importância no contexto para as regiões pesquisadas. Esta espécie apresenta algumas características que lhe conferem importância: primeiramente a área de ocorrência, como o município de Japonvar, onde a produção é tamanha que em alguns momentos representa problema para os produtores que não sabem como fazer o descarte de resíduos do processamento ou mesmo de frutos não coletados que se acumulam. Ainda, se trata de espécie com alta produção de frutos por árvore. Totalmente nativa, sem qualquer relato de plantações sistematizadas. Altamente adaptada ao clima do cerrado e com raríssimas alterações no padrão de produção anual.

Outra característica é a inserção cultural do fruto nas comunidades locais e tradicionais. O pequi faz parte dos costumes, das comidas, das bebidas, doces, etc. Uma vez compreendida a profundidade dessa inserção, entende-se também a importância econômica da mesma (Araújo, 1995).

Neste aspecto, 100% dos entrevistados apontaram o pequi como sendo o principal produto nativo do cerrado com representatividade econômica na comunidade. Indicaram ainda que este tenha representação média de até 40% na renda total dessas comunidades inseridas. Mas em casos específicos, como no município de Japonvar, alguns entrevistados chegaram a indicar uma representatividade de até 70% na renda anual daquelas famílias. Ainda foi relatada na mesma proporção que o pequi é a única fruta cuja produção é suficiente inclusive por fazer reserva de capital para a entressafra da produção. Aproximadamente 16,6% relataram viver quase que exclusivamente de pequi.

A totalidade dos entrevistados aponta o pequizeiro como um importante indicador de produção do bioma, uma vez que o nível de produção dele, que varia conforma as chuvas, é diretamente proporcional à produção de outras espécies nativas. Foi relatada ainda a ocorrência de mortalidade muito acima da média de árvores da espécie no último ano (verão 2016-2017), problema este segundo moradores, coincide com a ocorrência de uma broca e também a estiagem prolongada (que não foi objeto deste estudo).

Quando questionados sobre os possíveis impactos da extinção da espécie, a pergunta causou clara preocupação, pois já descrita à importância cultural e econômica da

espécie se tornam notórios os impactos causados. A grande maioria dos entrevistados disse desconhecer políticas públicas e incentivos voltados à exploração da espécie. Os poucos que relataram algo se referiram apenas a uma, Lei Estadual 10.883 de 1992 que proíbe a arrancada de árvores e coleta de frutos que ainda não se desprenderam do pé, contudo, a efetividade dessa legislação não ocorre de fato vista diversas áreas onde verificamos *in loco* com ajuda de moradores áreas nativas recentemente derrubadas por arraste de correntes como na cidade de Japonvar, onde foi relatada por todos os entrevistados a ocorrência dessa prática, abrindo espaço para o início de outros tipos de atividades agrícolas, sem que um padrão da cultura substituta fosse observado. Já no município de Mirabela, foi observado que muitas áreas nativas têm cedido lugar para a plantação sistemática de eucalipto. Todas essas situações têm impacto direto na economia e valoração do bioma (Angelo, 2012).

### 3.1.2 *Buriti*

O buriti, também tem importância semelhante ao pequi, mas não na abrangência e inserção cultural que o anterior. Mas sim no contexto ambiental. O buriti, exatamente por sua ocorrência nas veredas, tem clara importância ambiental, pois representa um importante indicador do bioma.

Quando questionados sobre a possível extinção da espécie, estes demonstraram muito mais preocupação no sentido ambiental desse impacto do que propriamente no sentido econômico e cultural, é notória a preocupação dos locais para com a conservação das veredas.

No caso específico do município de Brasília de Minas, foi verificada existência de nascentes e áreas inundadas onde antes havia segundo moradores muitos pés de buriti, hoje áreas totalmente secas e desmatadas. Segundo relatado, o fato ocorre simultaneamente ao plantio de eucalipto numa área muito próxima. No caso desta região, segundo os entrevistados, a espécie já é considerada por eles como “em vias de extinção”, pois é muito rara a ocorrência de indivíduos da espécie.

### 3.1.3 *Urucum*

O urucum foi sem dúvida a espécie de menor valor socioeconômico atual. Por se tratar de planta de fácil cultivo, poucos cuidados, alta produtividade e valor econômico reduzido (uma vez que seu único produto comercializado culturalmente é o corante, também chamado de coloral, este acaba por ter papel secundário para as comunidades. Acaba sendo uma das várias culturas que se cultiva para complementar a renda de forma pouco representativa.

Em 100% dos entrevistados, nenhum relatou importância econômica para a espécie em questão, ainda que demonstrassem interesse em passar a cultivá-la caso haja valoração

econômica da espécie. Ainda, informaram que a representatividade econômica da espécie na renda anual é ínfima, não souberam precisar, mas indicaram que certamente é um valor inferior a 5%, nos poucos casos onde é cultivada. Os valores praticados são extremamente baixos, e não tem grande variação de sazonalidade.

## 3.2 Mercado da indústria cosmética

### 3.2.1 *Pequi*

Os entrevistados desconhecem totalmente o uso industrial do pequi em qualquer área. Todos relataram usos tradicionais medicinais e nutricionais, mas foram bem enfáticos ao informar que aquela seria a primeira vez que ouviam falar do uso cosmético da planta.

Contudo, o interesse nesse segmento foi claro, 100% dos entrevistados disseram ter interesse na produção de matéria prima para essa aplicação, mas foram igualmente objetivos ao explicitar que não detêm conhecimento, nem recursos para fazer as modificações necessárias para se atingir a qualidade, inclusive acreditam que o produto não atenda as normas exigidas pela indústria.

### 3.2.2 *Buriti*

Este sem dúvida é a espécie com maior conhecimento e difusão no tocante ao uso cosmético. Não apenas existe um marketing bem considerável em cima de produtos com esta matéria prima, como existe exploração sistematizada da indústria. Todos os entrevistados, inclusive de locais onde o objeto de estudo era outra espécie, citaram o buriti como exemplo de planta do cerrado que conheciam com aplicação na indústria cosmética.

Os dados levantados nos locais onde não há uso cosmético estabelecido apontam que os produtores na totalidade têm interesse em produzir a matéria prima, mas assim como o anterior apontam deficiências técnicas e materiais que teriam para produzir, e levantam a necessidade de apoio.

### 3.2.3 *Urucum*

O urucum, acompanhando a situação do pequi, o uso além do culinário é totalmente desconhecido pelas comunidades tradicionais, todos, sem exceção, desconhecem a aplicação cosmética da planta.

Quando questionados sobre a possibilidade de extinção da espécie, não se mostraram tão preocupados quanto os demais. Menos de 10% dos entrevistados relataram alguma preocupação em razão da extinção da espécie. Fato totalmente relacionável com a valoração econômica da espécie.

Contudo, todos os entrevistados, independente da região e espécie escolhida como algo para aquela localidade, apontaram interesse no cultivo do urucum para esta finalidade.

É de conhecimento amplo nos locais a facilidade e baixo custo de cultivo dessa espécie, e que, portanto, caso houvesse apoio técnico e material para desenvolver a produção, estariam dispostos a cultivar.

### **3.3 Cadeia produtiva vigente e capacidade produtiva**

#### *3.3.1 Pequi*

A cadeia produtiva do pequi hoje é representada da seguinte forma nos municípios onde a pesquisa foi efetuada. Desenhando a seguinte configuração:

##### *3.3.1.1 Coletores/Produtores*

Estes são representados por dois tipos: produtores, aqueles proprietários de pequenas terras cujo pequizeiro é fruto nativo não arrancado na derrubada da mata nativa, no geral são produtores encontrados nos mercados das cidades, vendendo não apenas pequi, mas pequenas quantidades de outras culturas. Estes comercializam o fruto diretamente ao consumidor nos mercados e outros pontos, o que possibilita valores mais altos, que representam até 20% do montante total, e o restante da produção é comercializada para as cooperativas a preços mais baixos;

O outro é o catador, muitas vezes representado por trabalhadores rurais que não são proprietários de terras, e que durante a safra, fazem coleta de frutos em grandes propriedades de cerrado sem produção ou abandonadas onde frutos se perdem as toneladas por ausência de atividade na propriedade. Também são representados por produtores, dono de pequenas propriedades, que veem nesse tipo de coleta uma forma de aumentar a renda quando a produção própria não é tão elevada. Esta categoria normalmente não faz venda direta ao consumidor, apenas em cooperativas e associações localizadas geograficamente próximas.

Observou-se ainda, que pelo menos 55% dos entrevistados (cooperados) fazem algum tipo de beneficiamento igualmente feito pela cooperativa ou associação como óleo e conservas. Depois comercializam os produtos por venda direta como fazem com o fruto. A parte vendida para associação é aquela que excede a capacidade de processamento ou venda isoladamente.

##### *3.3.1.2 Cooperativas e associações*

Os produtores locais são organizados em associações ou cooperativas com a finalidade de beneficiar o fruto excedente. As cooperativas compram produtos por duas fontes principais: os associados, que tem participação sobre os resultados obtidos da comercialização dos produtos beneficiados; e os não associados, que apenas vedem à associação, mas não participam dos resultados.

Foram encontrados níveis diferentes de beneficiamento e produtos obtidos de região para região. Encontraram produtos tanto para uso alimentício humano, como para uso animal, assim como foram encontrados vários resíduos no processo que podem ter valor agregado e resultar em novos produtos.

Há o beneficiamento de forma artesanal para a produção de óleo da polpa, polpa em conserva, castanha desidratada para uso alimentício humano. E ainda, farinha da polpa desidratada para uso animal. Os produtos são feitos com auxílios de ferramentas rústicas, que são adaptadas, como no caso do facão preso a um tronco (forma de guilhotina), utilizado para retirada da castanha.

Mais especificamente sobre a obtenção do óleo, é realizada por processo tradicional e rudimentar. Há uma exaustiva maceração da polpa em água, em seguida se separa as partes da mistura, que ocorre com a queda da temperatura e solidificação do óleo, onde se obtém duas fases distintas e de fácil separação. O processo é artesanal, feito com auxílio de balde plástico, e uma ferramenta de madeira, uma “mão de pilão” utilizada na maceração. Segundo relatado, o processo é totalmente depende de questões climáticas, sendo impossível a extração do óleo dependendo da temperatura ambiente que deve estar abaixo dos 20°C para ocorrer da forma como é feita.

Depois de separado o óleo ainda contém água, assim é levado a aquecimento em fogão a gás ou a lenha sem controle de temperatura, o óleo frita até que o máximo de água evapore. Em determinados casos, há a execução deste processo mais uma vez após o resfriamento.

Não foi identificada de nenhuma forma a extração do óleo da castanha do pequi.

Foram ainda observados resíduos dos processos de beneficiamento do pequi que tem grande potencial para geração de renda, mas até então desconhecidos. São: a casca do pequi, o endocarpo do pequi, e a torta restante da polpa, sejam na extração do processo tradicional do óleo, seja num possível processo de prensagem.

### *3.3.1.3 Atravessadores*

Em todos os casos, mas especialmente no município de Japonvar, houve o relato da presença de atravessadores desconhecidos que fazem a compra em grandes quantidades diretamente do produtor (normalmente caminhões inteiros) e escoam a produção sem qualquer registro oficial de números financeiros ou quantitativos. Entrevistados apontam uma quantidade diária que varia entre dois e quatro caminhões carregados.

O destino desses frutos é amplamente descrito como sendo para a aplicação alimentícia, para venda em outras cidades. Normalmente a venda ocorre em cidades vizinhas, mas houve relatos da venda em cidades no entorno de Curvelo e Sete Lagoas, ou até mesmo cidades do estado de Goiás.

### 3.3.2 *Buriti*

No caso do buriti, existem duas situações distintas. A primeira se refere aos locais onde não existe a extração para aplicação cosmética: toda produção é voltada ao setor alimentício, na produção de doces, geléias e outras comidas tradicionais. A produção é realizada de maneira artesanal, com ferramentas rústicas, são produções pequenas, de origem totalmente extrativista.

A segunda se refere aos locais onde já existe a extração para fins cosméticos: nesta há a figura da cooperativa/associação fomentada pelas indústrias cosméticas interessadas, que forneceu todo subsídio técnico e material para adequar a qualidade da produção. Inicialmente pelos frutos que são coletados, selecionados, e desidratados pelos coletores, e posteriormente enviados à cooperativa para beneficiamento e comercialização do óleo.

Os procedimentos de coleta, equipamentos, ferramentas, foram adequados com apoio da cooperativa e das indústrias interessadas, especificamente para garantir que os processos resultem na obtenção do óleo com qualidade adequada.

Na cooperativa, as polpas desidratadas fornecidas pelos produtores, são então prensadas em equipamento de porte industrial desenvolvido para esta finalidade, onde ocorre a prensagem a frio e a obtenção de óleo. Este por sua vez, é comercializado diretamente com as indústrias cosméticas, que não foram reveladas.

Os frutos não selecionados para óleo, ou por deficiências no fruto, ou por deficiência de armazenamento, são utilizados e beneficiados pelo próprio produtor com finalidades alimentícias, em similaridade aos locais onde existe apenas este uso.

Não foram relatadas atividades de atravessadores em nenhum dos locais pesquisados.

### 3.3.3 *Urucum*

No caso do urucum, como já descrito, representa a situação menos valorada das três espécies. Existem duas situações distintas: o pequeno produtor, que tem algumas plantas na sua propriedade, coleta, beneficia em pequena quantidade, e vende diretamente aos consumidores em feiras e mercados locais. O único produto produzido é o corante alimentício de cor vermelha, conhecido como “coloral”, cujo preço pode girar até na casa dos centavos nos mercados e feiras.

Não se verificou uso para a semente, nem para a casca, sendo que alguns produtores relataram o uso das sementes trituradas em rações animais.

Ainda, quando informados da utilização do óleo da semente para fins cosméticos, todos os entrevistados disseram que caso isto seja economicamente atrativo, há total interesse em cultivar de maneira mais sistematizada a espécie uma vez que esta é de fácil cultivo, desenvolvimento e convivência com outras espécies e criações. Um entrevistado em específico diz ter experimentado uma criação simultânea de macaúba, urucum e gado

de maneira muito simbiótica, e que o uso de algo mais valioso economicamente para esta espécie como os cosméticos seria extremamente interessante para eles.

A segunda situação se refere: a grandes produções, mas de caráter industrial, como grandes fábricas de tempero, contudo, se trata de produções em larga escala, sem caráter tradicional ou de convivência com o cerrado de maneira sustentável. Que, em caso de interesse, pode haver estudo específico para avaliar o uso da semente restante no processo industrial para extração do óleo.

### 3.4 Frutos do pequi

#### 3.4.1 Seleção de frutos na coleta

Não foi verificado processo de seleção de frutos com a finalidade de se controlar a qualidade do óleo obtido. Não há separação de frutos com início de processo fermentativo dos demais conforme se verificou no caso do buriti.

Deve ser realizado estudo específico sobre a espécie para determinar os pontos ideais e limites para utilização de determinado fruto no processo da obtenção do óleo.

#### 3.4.2 Método e procedimentos de extração

Foi observado que o método e procedimento de extração são rudimentares e não tem foco nos índices físico-químicos dos óleos produzidos. Os métodos de extração e pré-tratamento da polpa podem ter impactos diretos não apenas na qualidade do óleo, mas na quantidade do óleo extraído (Ribeiro *et al.*, 2012; Aquino *et al.*, 2009).

#### 3.4.3 Armazenagem e acondicionamento

Não foram verificados métodos adequados de armazenagem e acondicionamento, bem como no tempo de estocagem, situação essa já que interfere negativamente nos índices de acidez e peróxidos (Ribeiro *et al.*, 2012).

Diversas situações foram encontradas neste contexto como tempo excessivo de estocagem, acondicionamentos em embalagens inadequadas tanto em material como em coloração, estocagem com ambiente inadequado. Todas estas merecem atenção no desenvolvimento de processos e utensílios que possibilitem o cumprimento das normas de boas práticas de fabricação desse tipo de produto.

### 3.5 Gargalos encontrados

#### 3.5.1 Ferramentas e equipamentos

Com exceção do buriti, que tem apoio principalmente da iniciativa privada interessada, todos os demais executam suas atividades com as ferramentas e equipamentos rústicos.



Há a imediata necessidade de intervenção no que diz respeito ao desenvolvimento e produção de equipamentos adequados a esta finalidade.

### *3.5.2 Conhecimento técnico e apoio governamental*

Com exceção do buriti, já descrito anteriormente, em todos os demais casos pesquisados há uma total ausência de conhecimento técnico e apoio governamental. Ausência dos órgãos de apoio. Desconhecimento sobre a existência ou não de subsídios ou incentivos.

É necessário apoio técnico com treinamento dos envolvidos para que se consiga produzir com qualidade, mesmo para fins alimentícios. O mesmo se mostra necessário para todos os demais processos, desde o manejo até a produção de óleo.

### *3.5.3 Atravessadores*

No caso específico do pequi, foi percebida a presença de atravessadores de maneira sistemática e em grande quantidade. A presença desse tipo de comprador pode afetar de maneira desconhecida o mercado e a exploração local. Não tem nenhum tipo de controle ou preocupação sobre as condições de coleta daquele fruto, uma vez que o interesse é puramente comercial.

### *3.5.4 Má gestão ou interferência política nas cooperativas ou associações*

Foram relatados por quase a totalidade dos entrevistados, certa desestruturação das associações ou cooperativas, nos casos onde existem (exceto em Januária onde já exploração cosmética do buriti). Segundo produtores, estas sofrem interferências diretas da política municipal, e sofrem com sucessivos desmantelamentos e tentativas de reestruturação.

Houve um caso, onde os produtores tiveram que se juntar para produzir por conta própria, depois que a associação foi tomada por dívidas.

## **3.6 Potenciais produtivos não explorados**

### *3.6.1 Óleo virgem da polpa e da castanha do pequi*

O óleo da castanha atualmente não explorada pode apresentar características desejáveis, primeiramente na alimentação, pois tem sabor característico do pequi, contudo com aroma muito mais suave e aceitável por pessoas que não aceitam bem o óleo tradicional da polpa (com aroma muito forte). E similarmente a outras castanhas, pode ter também grande potencial cosmético. Tornam-se necessário que sejam realizadas mais pesquisas nesse sentido para verificar as qualidades químicas do óleo após a obtenção.

Ainda, se mostra bastante interessante, o desenvolvimento de técnica para extração por prensagem a frio e a produção do azeite virgem de pequi, pensando nas características nutricionais que podem ser mais atrativas que o óleo tradicionalmente extraído por meio de altas temperaturas.

### 3.6.2 Tortas

Estas sobras da prensagem ou do processamento do fruto têm grande potencial na alimentação animal e/ou humana na composição de farinhas nutritivas assim como acontece com outras espécies. É necessário pesquisas especificamente sobre as espécies apontadas.

### 3.6.3 Matéria orgânica restante

Outro resíduo muito abundante são as cascas, e o endocarpo, estes podem ser desidratados e utilizados na fabricação de briquetes assim como é feito com outras matérias primas similares (Tavares, 2013). Os briquetes são altamente utilizados como substitutos ao carvão nas indústrias, e caso haja estudo comprovando que o mesmo não é tóxico nem deixa odores residuais, pode ser utilizado como substituto de cartão também em padarias, pizzarias e demais da mesma natureza. Aplicável aos resíduos orgânicos de diversas naturezas.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O primeiro passo para iniciar o uso sustentável é explicitar os problemas e entender as lacunas, para poder agir efetivamente onde o gargalo se encontra. Não se trata apenas de conhecimento de “*supplychain*” para aproveitamento da indústria, este trabalho serve de subsídio também governamental já que muitas das lacunas encontradas são lacunas não relacionadas apenas ao mercado. E num ambiente necessitado de atenção como o cerrado e sem presença estatal, corremos o sério risco de que o desenvolvimento das pesquisas para uso cosmético se torne um retrocesso ambiental como acontece com uma planta popular da região, a Fava D’anta (*Dimorphandra mollis*) que tem a extração conhecidamente descontrolada e predatória com finalidade de se extrair a rutina para uso cosmético. Que evoluções na qualidade dos processos e também no uso sustentável desse bioma possa ser objetivo de trabalhos futuros a partir desta pesquisa.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós Graduação em Biotecnologia da Universidade Estadual de Montes Claros (PPGB/UNIMONTES) e a MINARVM.

## REFERÊNCIAS

ANGELO, H. *et al.* Valoração econômica da depredação do Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) no Cerrado brasileiro. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 3, n. 53, p. 35-45. 2012.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 4ª Edição. Viçosa: Editora UFV, 2009.

AQUINO, L. P. *et al.* Influência do pré-tratamento da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) no rendimento do extrato lipídico. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 2, p. 289-294. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS (ABIHPEC). **Anuário 2018**. São Paulo: BB Editora, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS (ABIHPEC). **Caderno de tendências 2014-2015**. São Paulo: BB Editora, 2015.

BANK OF AMERICA CORPORATION. **Cosmetics, Household & Personal Care – 2015/2016**. Charlotte: Merrill Lynch, 2015.

BAUER, M. W.; GASKELL, G. (org.). **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático**. Petrópolis: Vozes, 2002.

FORZZA, R. C. *et al.* **Catálogo de plantas e fundos do Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5ª Ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GLEASON-ALLURED, J. Sustainable amazonian cosmetic and fragrance materials: leveraging biodiversity, sustainable sourcing and modern processing technology to create new entrance and cosmetic actives. **Global Cosmetic Industry**, Carol Stream, p. +18. July-Aug. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de biomas e de vegetação**. 2016. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>. Acesso em: 30 ago. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS (IBGE). **Dados da indústria brasileira de HPPC**. Brasil: IBGE, 2015.

INSTITUTO FEDERAL DO NORTE DE MINAS GERAIS (IFNMG). **A cidade de Salinas**. 2016. Disponível em: <https://www.ifnmg.edu.br/menu-salinas/conheca-salinas>. Acesso em: 13 de abr. 2020.

INTER TV RURAL. **Produtores do Norte de Minas investem na extração de polpa de buriti**. INTER TV. Exibido em: 04 de dez. 2016.

MACHADO, R. B. *et al.* Estimativas de perda do Cerrado brasileiro. **Relatório técnico não publicado**. Conservação internacional, Brasília, DF. 2004.

MINAS GERAIS. **Mapa oficial territorial de municípios**. Belo Horizonte, Arquivos. Fundação João Pinheiro. 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA) (org.). **Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e queimadas no cerrado**. Brasil: Plano interministerial. 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Biodiversidade brasileira**. Brasil. 2016.

MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservativo priorities. **Nature**, London, n. 403, p. 853-858. 2000.

RIBEIRO, M. C. *et al.* Influência do método de extração e tempo de armazenagem nas características físico-químicas e nos níveis de carotenoides do óleo de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 2, pag. 386-392.2012.

RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S.; RATTER, J. A.; SOUSA-SILVA, J.C. Ocupação do bioma Cerrado e conservação da sua diversidade vegetal. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**, MMA, Brasília. 2005.

TAVARES, S. R. L.; SANTOS, T. S. Uso de diferentes fontes de biomassa vegetal para produção de biocombustíveis sólidos. **HOLOS**, Natal, v. 5, p. 19-27. 2013.

## APÊNDICE

### I. Roteiro da entrevista

<b>1. CONTEXTO SOCIOAMBIENTAL</b>
1.1. Qual a importância da espécie para o meio? E para a comunidade? Vocês têm conhecimento de animais que se alimentam destes frutos?
1.2. Qual a sua percepção sobre a degradação do cerrado? E dessas espécies especificamente?
1.3. Qual a sua percepção sobre os impactos que a extinção dessas espécies poderia gerar?
1.4. Estas espécies, atualmente, geram mais recursos conservadas de pé, ou cedendo espaço para outras atividades econômicas mais rentáveis?
<b>2. CONTEXTO SOCIOECONÔMICO</b>
2.1. Quanto as atividades oriundas dessas espécies representam na sua renda?
2.2. Considera justo os valores praticados no mercado? Por quê?
2.3. Tem conhecimento de algum tipo de incentivo para a manutenção das atividades relativas a estas espécies? (Incentivos fiscais, financeiros, etc.)
<b>3. CADEIA PRODUTIVA</b>
3.1. Como funciona a coleta dos frutos? Existe algum manejo? Os frutos são coletados ou comprados? Em que época se dá a produção?
3.2. Quais os produtos gerados para cada um dos frutos?
3.3. Qual o processo de produção de cada um desses produtos? Utiliza algum equipamento? Como funciona a armazenagem?
3.4. Qual a destinação destes produtos (comercialização)? Para quem? Onde? Existe algum parceiro?
3.5. Qual a representação de cada produto na renda (comunidade/família)?
3.6. Que equipamentos facilitariam sua produção? O que inviabiliza sua aquisição? Em que este equipamento melhoraria o processo?

3.7. Existe algum tipo de assistência técnica? Por quê?
<b>4. MERCADO COSMÉTICO</b>
4.1. Vocês utilizam estes produtos para alguma outra aplicação que não seja alimentícia? Medicinal?
4.2. Tem conhecimento que estes produtos têm potencial para a indústria cosmética? Se tem conhecimento, o que sabe a respeito? Teria interesse em entrar para este mercado?
<b>5. CAPACIDADE PRODUTIVA</b>
5.1. Qual a quantidade coletada a cada temporada? Existe alguma limitação para o incremento dessa quantidade?
5.2. Quanto da quantidade coletada é destinada a cada produto?
5.3. Durante o processamento do fruto, quais partes são ou não aproveitadas/descartadas?

# CAPÍTULO 15

## POR DENTRO DAS GALHAS: JOGOS DIDÁTICOS COMO FERRAMENTA DE ENSINO E APRENDIZAGEM

*Data de aceite: 01/09/2021*

*Data de submissão: 04/06/2021*

### **Reisila Simone Migliorini Mendes**

Universidade do Estado de Minas Gerais  
(UEMG)  
Ibirité- MG  
<http://lattes.cnpq.br/1450662075236852>

### **Gracielle Pereira Pimenta Bragança**

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)  
Belo Horizonte – MG  
<http://lattes.cnpq.br/9119838494942267>

### **Elaine Cotrim Costa**

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)  
Belo Horizonte – MG  
<http://lattes.cnpq.br/7412814484517660>

### **Nina de Castro Jorge**

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)  
Belo Horizonte – MG  
<http://lattes.cnpq.br/9265328152202638>

### **Rosy Mary dos Santos Isaias**

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)  
Belo Horizonte - IMG  
<http://lattes.cnpq.br/9821188073024074>

**RESUMO:** O conhecimento sobre as plantas e o ensino de botânica têm grande relevância para a sociedade, considerando-se tanto a importância das plantas para os ambientes naturais quanto para os processos culturais e sistemas econômicos. No entanto, o ensino de botânica em espaços formais é, por vezes, tratado como

matéria árida, entediante e fora do contexto moderno. Tendo como premissa que ferramentas didáticas interativas são eficientes em aproximar os conteúdos didáticos do interesse dos alunos, apresentamos o jogo “Por dentro das Galhas”. O objetivo do jogo é simular o ciclo de vida das galhas, e detalhar o processo de indução e desenvolvimento das mesmas, levando em consideração também fatores bióticos e abióticos vivenciados pelos indutores das galhas durante seu desenvolvimento. Propomos, ainda, que este jogo seja aplicado na perspectiva da abordagem prática antes da teórica, como um estímulo para aproximar os alunos de um conteúdo científico distante do seu dia a dia, mas que pode ser facilmente alinhado aos conteúdos didáticos dos níveis de ensino fundamental, médio e superior, numa perspectiva multidisciplinar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aprendizagem, ensino de botânica, ensino de ciências, metodologia ativa, Parâmetros Curriculares Nacionais.

### GALLS FROM INSIDE OUT: EDUCATIONAL GAMES AS TEACHING AND LEARNING TOOLS

**ABSTRACT:** The knowledge on plant biology and the teaching of botany has great relevance to society, taking into account the importance of plants both for natural environments and for cultural processes and economic systems. However, when it comes to the teaching of botany in formal spaces, this content has been assumed as arid, tedious, and outside the modern context. We assume that interactive teaching tools may be efficient in solving the distancing of the didactic contents and the interest of the students. As an

interactive tool, the game “Galls from Inside Out” aims to simulate the life cycle of the galls, and to detail the process of induction and development thereof, also considering the biotic and abiotic stresses that the gall inducers face along their development. We also propose the game as an approach of the practice previous to the theory, as a mean to stimulate and put the students closer to a scientific content that is far from their daily lives. Accordingly, the concepts on the game may be easily aligned with the programmed didactic content of elementary, high school and undergraduate levels in multidisciplinary approaches.

**KEYWORDS:** Active Methodology, Botany Teaching, Learning, Science Teaching, National Curriculum Parameters.

## JOGOS COMO METODOLOGIAS ATIVAS E O ENSINO DE BOTÂNICA

O ensino de Botânica tem valor imensurável nos processos educacionais (Neves et al. 2019), pois as plantas fornecem benefícios ambientais e culturais tangíveis, bem como relevância nos sistemas econômicos (BACHI et al., 2020). No entanto, o ensino de Botânica é frequentemente negligenciado ou ignorado inteiramente nas salas de aula desde à educação básica (WANDERSEE; SCHUSSLER, 1999; SENICIATO; CAVASSAN, 2004; TOWATA et al., 2010) até o ensino superior. Na atualidade, grande parte das pessoas que passam pelos ensinos fundamental e médio, e até pelo ensino superior, veem a botânica como matéria escolar árida, entediante e fora do contexto moderno (SALATINO; BUCKERIDGE, 2016; NEVES et al., 2019).

Um dos desafios da carreira docente é construir continuamente modos de despertar a atenção dos alunos para a contextualização de conteúdos e, por meio do lúdico, tornar estes conteúdos mais atraentes, fugindo da abordagem meramente instrucionista e memorística (GUTIERREZ, 2014). Neste sentido, jogos, livros paradidáticos e vídeos demonstrativos surgem como ferramentas metodológicas capazes de gerar a aproximação do alunado com os conteúdos de botânica. Todas essas ferramentas visam simular situações que exponham o indivíduo a vários tipos de linguagens, em diferentes contextos disciplinares, culminando em diferentes práticas colaborativas (ANDRADE, 2002). Os jogos didáticos são ferramentas metodológicas eminentemente colaborativas, pois implicam na existência de jogadores que cumprem etapas de modo a alcançar os objetivos simulados. Os jogos sobre temas biológicos podem ainda, agregar estratégias multidisciplinares, caso incluam no ambiente simulado seres vivos como personagens, processos celulares e teciduais representando etapas a serem vencidas, bem como interações ecológicas que representem a interdependência dos meios bióticos e abióticos para a manutenção da vida.

Os jogos sempre estiveram presentes na história da humanidade e são uma constante em todas as civilizações, sendo mediadores de vínculos entre os povos e facilitadores da comunicação e interações interpessoais (SANT’ANNA; NASCIMENTO, 2011). O jogo didático, por sua vez, quando utilizado como aliado na prática docente, é uma forma lúdica de mediar o processo de ensino e aprendizagem podendo agir como catalisador de

motivação e autonomia na aprendizagem (FRANKLIN et al., 2003; GUTIERREZ, 2014). Neste contexto, extrapolam uma simples atividade, pois podem estimular a criação de estratégias, de senso crítico, serem desenvolvedores de confiança e de competências formativas em vários quesitos como, liderança e trabalho em equipe, além de atuarem no desenvolvimento motor e cognitivo (GONZAGA et al., 2017).

A utilização de elementos próprios do jogo como objetivos, regras, competição com a finalidade de motivar, despertar o interesse e promover a aprendizagem (gameificação) proporciona aos alunos uma experiência única que influencia na construção do conhecimento (SHI; CRISTEA, 2016; GONÇALVES et al., 2016). Partindo dessa premissa e, com o objetivo de contribuir para um ensino de Botânica mais atrativo e eficiente, criamos o jogo “Por dentro das galhas”. Este jogo tem como tema central uma interação parasita-planta, no caso ora simulado, uma interação inseto-planta, que resulta na formação de galhas. Galhas são curiosas neoformações induzidas em todos os órgãos vegetais não somente por insetos, mas também por ácaros, nematódeos, vírus, bactérias e até mesmo plantas (MANI, 1964; HARRIS e PITZSCHKE, 2020). Durante uma breve caminhada em um parque urbano, um fragmento de mata ou até mesmo no quintal de casa, é possível encontrar galhas e investigá-las (PORTUGAL-SANTANA; ISAIAS, 2014).

O jogo “Por dentro das galhas” simula o ciclo de vida e as intempéries, bióticas e abióticas, enfrentadas por um inseto galhador em sua planta hospedeira, trazendo para o espaço formal uma realidade que demanda, normalmente, de 3 meses a 1 ano (YUKAWA, 2000) para ser acompanhada na natureza. Além disso, o uso deste jogo como ferramenta metodológica permite uma abordagem multidisciplinar, sendo as galhas o tema motivador para a introdução de conteúdos relativos à biologia de insetos, ciclos de vida dos seres vivos, interações ecológicas, metabolismo vegetal, fatores abióticos e bióticos, bem como pragas agrícolas em plantas. Pretendemos que a utilização do jogo aqui apresentado como ferramenta didática possa (1) enriquecer a interação pedagógica através do engajamento dos alunos, (2) estimular o protagonismo do aluno no processo ensino-aprendizagem, (3) auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de conceitos básicos sobre as relações entre os seres vivos, focado na história de vida das galhas e, finalmente, possa (4) fomentar a percepção dos alunos sobre a interdependência de fatores abióticos e bióticos que interagem durante o ciclo de vida dos seres vivos.

## O JOGO E SUA METODOLOGIA DE APLICAÇÃO

O jogo é composto por tabuleiros (Figura 1) e cartas (Figura 2) e pode ser jogado por dois jogadores, que devem dispor de 2 tabuleiros e 48 cartas ou por quatro jogadores, que devem dispor de 4 tabuleiros e 96 cartas. O jogo “Por dentro das galhas” está disponível em português, e também nas versões em língua inglesa (The galls from inside out) e em língua espanhola (Por dentro de las agallas) e pode ser acessado livremente para impressão no



site do Neotropical Gall Group (<https://www.neotropicalgallgroup.com/cool-science>).

*Regras do jogo:*

1. Cada jogador tem seu tabuleiro representando o ciclo de vida de um indutor e de sua planta hospedeira e começa o jogo comprando 5 cartas do baralho, previamente embaralhado, que fica depositado entre os tabuleiros.
2. Para iniciar o jogo, um dos jogadores deve ter a carta 'OVIPOSIÇÃO' ou 'INDUÇÃO DE GALHA' e deve colocá-la na casa correspondente (= OVIPOSIÇÃO ou INDUÇÃO DE GALHA) em seu tabuleiro. Caso, nas 5 cartas iniciais o jogador não conseguir comprar a carta 'OVIPOSIÇÃO' ou 'INDUÇÃO DE GALHA', ele deve trocar de 1 a 5 cartas no baralho.
3. Depois de iniciar o jogo com a carta 'OVIPOSIÇÃO' ou a carta 'INDUÇÃO DE GALHA', o jogador escolhe entre as cinco cartas que tem em mãos se deseja trocar 1-2 no baralho ou se quer usar uma das cartas em mãos. A jogada é completada quando cada jogador coloca uma carta no tabuleiro e compra outra carta do baralho (ao final da jogada, o jogador deve estar sempre com 5 cartas em mãos).
4. O jogador, na hora de sua jogada e antes da troca de cartas no baralho, pode interferir no ciclo de vida dos jogadores adversários por meio das cartas que representam os fatores bióticos e abióticos. Ao ser atacado com um dos fatores bióticos, por exemplo: 'PREDADOR / PARASITÓIDE' ou abióticos 'SECA / FOGO', o jogador adversário tem seu ciclo de vida interrompido. Na sua vez de jogar, deve usar a carta de defesa correspondente: 'LIGNINAS ou CHUVA' e caso não tenha tais cartas, deve trocar de 1-5 cartas das que tem em mãos na tentativa de obter a carta de defesa correspondente. Caso não consiga efetuar a defesa, deve aguardar a próxima rodada para uma nova tentativa.
5. A jogada de ataque e de defesa se completa com a compra de 1 carta do tabuleiro, recompondo as 5 cartas em mãos.
6. O objetivo final é completar as etapas do ciclo de vida, ou seja, completar todas as casas do tabuleiro. O jogador / indutor que primeiro completar seu ciclo de vida é o vencedor.
7. Os cartões colocados no tabuleiro podem seguir a ordem do ciclo de vida ou não (caso o (a) professor (a) opte por tornar a atividade mais rápida).



Figura 1: Tabuleiro do jogo Por dentro das galhas.



Figura 2: Cartas utilizadas no jogo Por dentro das galhas.

## OPORTUNIDADES DE APLICAÇÃO

O jogo foi aplicado em 2019 durante o 39º Encontro Regional de Botânicos (ERBOT) organizado pela Regional Minas Gerais, Bahia e Espírito Santo da Sociedade Botânica do Brasil e no Espaço do Conhecimento da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), durante a exposição “Docência Negra: Trajetórias e Vivências Plurais na UFMG” (Figura 3).

Nestas oportunidades, o público espontâneo foi formado por crianças, jovens e adultos, que independentemente da faixa etária, demonstrou entusiasmo e curiosidade sobre os temas galhas, insetos e suas plantas hospedeiras. Dessa forma, acreditamos que o jogo pode ser utilizado em espaços formais nos níveis de ensino fundamental, médio e ensino superior. O professor ou mediador pode variar os temas a serem abordados e a contextualização com o conteúdo didático que se pretende trabalhar, utilizando o jogo como elemento motivador.



Figura 3: Aplicação do jogo Por dentro das galhas na exposição Docência Negra: Trajetórias e Vivências Plurais na UFMG.

Para os espaços formais de aprendizagem, sugerimos que durante a aplicação do jogo, o (a) professor (a) circule entre os grupos e anote os elementos do jogo que mais chamaram a atenção dos alunos e os questionamentos referentes ao vocabulário. Após a aplicação, o (a) professor (a) utilizará estes elementos para relacioná-los aos conteúdos didáticos, usando o princípio de abordar a prática antes da teoria, de modo a aproximar os alunos de um conteúdo científico distante da sua rotina diária ou mesmo acadêmica. O estudo multidisciplinar de temas ambientais é crucial para a formação de cidadãos cuja percepção das condições ambientais permita o entendimento das relações de causa/efeito que condicionam a vida no espaço (geográfico) e no tempo (histórico), utilizando essa percepção para posicionar-se criticamente (MEC, 2021). As atividades que se seguem ao jogo têm por princípio levar à construção e consolidação do conhecimento a partir dos elementos levantados pelos alunos (Quadro 1).

<b>Etapas</b>	<b>Atividades</b>		<b>Temas conceituais</b>	<b>Multidisciplinaridade</b>	<b>Objetivos dos PCN</b>
1	Perguntas estimuladoras	(a). Quais estratégias de ataque e defesa você utilizou durante o jogo? Por que você as escolheu? (b). Qual estágio do ciclo de vida você considera mais interessante? Por que esta fase te chamou a atenção? Quais estágios do ciclo de vida você considera mais vulnerais aos fatores bióticos e abióticos?	- Ciclos de vida - Ciclos biogeoquímicos - Fatores abióticos - Fatores bióticos - Morfologia de insetos - Morfologia de plantas	Ciências Biologia Geografia Química	- Observar, registrar e comunicar algumas semelhanças e diferenças entre diversos ambientes, identificando a presença comum de água, seres vivos, ar, luz, calor, solo e características específicas dos ambientes diferentes; - Estabelecer relações entre características e comportamentos dos seres vivos e condições do ambiente em que vivem, valorizando a diversidade da vida.
2	Produção de textos	Relatar as etapas do ciclo de vida do galhador individualmente ou em grupos.	- Ciclos de vida - Interações ecológicas	Português Redação	- Comunicar de modo oral, escrito e por meio de desenhos, perguntas, suposições, dados e conclusões, respeitando as diferentes opiniões e utilizando as informações obtidas para justificar suas ideias.
3	Expedição de caça às galhas	Fotografar ou desenhar as plantas hospedeiras e suas galhas em passeios por áreas verdes	- Interações ecológicas - Morfologia de insetos - Morfologia de plantas	Artes Ciências e Biologia Geografia	- Organizar e registrar informações por meio de desenhos, quadros, esquemas, listas e pequenos textos, sob orientação do professor.
4	Mural fotográfico (físico ou virtual)	Montar de forma coletiva em sala de aula ou em plataforma digital (Facebook, Instagram, Canva® ( <a href="https://www.canva.com">https://www.canva.com</a> ) ou Padlet® ( <a href="http://www.padlet.com">www.padlet.com</a> )) um mural com as imagens obtidas na etapa de “Caça às Galhas”.	- Ciclos de vida - Interações ecológicas - Morfologia de insetos - Morfologia de plantas	Ciências e Biologia Artes Comunicação	- Comunicar de modo oral, escrito e por meio de desenhos, perguntas, suposições, dados e conclusões, respeitando as diferentes opiniões e utilizando as informações obtidas para justificar suas ideias.

Quadro 1 – Atividades didáticas propostas para a construção e consolidação do conhecimento após a aplicação do jogo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A clareza dos objetivos e a organização da aplicação do jogo didático são essenciais para seu desenvolvimento e garantem o incentivo e a interatividade entre jogadores. Jogos de competição, como o “Por dentro das galhas” trazem a oportunidade de uso, por parte dos alunos de múltiplas habilidades como raciocínio, tomada de decisões, relacionamento interpessoal e respeito mútuo. Além disso, criam um ambiente informal que auxilia no processo de ensino e aprendizagem, enriquecendo as interações pedagógicas e estimulando o protagonismo do aluno e o prazer de aprender, uma vez que é ele quem decidirá qual estratégia utilizará para completar o ciclo de vida do galhador. A eficiência do jogo para fins didáticos pode ser avaliada pelo grau de envolvimento dos jogadores, e pela sua apropriação da terminologia técnico-científica ilustrada no tabuleiro e nas cartas. Além disso, o jogo proposto extrapola as paredes da sala de aula e traz para o alunado a oportunidade de conhecer um sistema planta-animal que, por vezes, não é descrito nos livros e materiais didáticos clássicos. Através do estudo das galhas, os alunos poderão conhecer e compreender interações ecológicas, morfologia da planta, morfologia de insetos, fatores bióticos e abióticos, ciclos de vida e ciclos biogeoquímicos.

## AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Brasil – Finance Code 001 (Elaine C. Costa - 888877.199702/2018-00; Nina C. Jorge – 88882.184396-01), a FAPEMIG (Gracielle P. P. Bragança - RESA 00253-16) e ao CNPq (Rosy M.S. Isaias -304335/2019-2) pelo suporte financeiro; a Ana Flávia Melo da Silva, Emerson Júnio Nunes dos Santos e Marina Ramos Isaias pelo auxílio na aplicação do jogo; e ao Ricardo de Lima Ribeiro pela arte gráfica.

## REFERÊNCIAS

Andrade, L. C. G. A. **Importância do interdisciplinar na leitura e entendimento de diferentes contextos**, 2002, São Paulo: Implá.

Bachi, L; Ribeiro, S.C.; Hermes, J; Saadi, A **Cultural Ecosystem Services (CES) in landscapes with a tourist vocation: Mapping and modeling the physical landscape components that bring benefits to people in a mountain tourist destination in southeastern Brazil.**,2020, Tourism Management 77: 1-12.

Franklin S, Peat M, Lewis A **Non-traditional interventions to stimulate discussion: the use of games and puzzles**, 2003, Biol Educ, 37:79–84

Gonçalves, L; Giacomazzo, G.; Rodrigues, F., Macaia, B. **Gamificação na Educação: um modelo conceitual de apoio ao planejamento em uma proposta pedagógica**, 2016, Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE), [S.l.], p. 1305, nov. 2016. ISSN 2316-6533.

Gonzaga, G.R.; Matheus, L.F.; Costa, RC; Freitas, CCC; Faria, ACO **Jogos didáticos para o ensino de Ciências**, 2017, Revista Educação Pública, 17(7): 1-11.

Gutierrez, A.F. **Development and Effectiveness of an Educational Card Game as Supplementary Material in Understanding Selected Topics in Biology**, 2014, CBE—Life Sciences Education, 13: 76–82

Harris, M.O.; Pitzschke, A **Plants make galls to accommodate foreigners: some are friends, most are foes**, 2020, New Phytology 225: 1852–1872.

Mani MS. **Ecology of plant galls**, 1964, The Hague: Dr. W. Junk Publishers.

Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>> Acessado em: 04 Julho 2021.

Neves, A; Bündchen, M; Lisboa, C.P. **Cegueira botânica: é possível superá-la a partir da Educação?** 2019, Ciência & Educação, 25 (3): 745-762.

Portugal-Santana, A P; Isaias, R.M.S. **Galling insects are bioindicators of environmental quality in a Conservation Unit.**, 2014, Acta Botanica Brasilica, 28 (4): 594-608.

Salatino, A.; Buckeridge, M. **Mas de que te serve saber botânica?** 2016, Estud. av., São Paulo, v. 30, n. 87, p. 177-196.

Sant'anna, A; Nascimento, P.R.A. **História do lúdico na educação**, 2014, Revista Eletrônica de Educação Matemática, 6(2): 19-36.

Seneciato, T.; Cavassan, O. **Aulas de campo em ambientes naturais e aprendizagem em ciências – Um estudo com alunos do ensino fundamental**, 2004 Ciência e Educação, v.10, p.133-47, 2004.

Shi L., Cristea A.I. **Motivational Gamification Strategies Rooted in Self-Determination Theory for Social Adaptive E-Learning**" 2016, In: Micarelli A., Stamper J., Panourgia K. (eds) Intelligent Tutoring Systems. ITS 2016. Lecture Notes in Computer Science, vol 9684. Springer, Cham.

Towata, N; Ursi, S; Santos, D. Y. A. C. dos. **Análise da percepção dos licenciandos sobre o ensino de botânica da educação básica**, 2010, Revista da SBenBio, v.3, p.1603-12.

Wandersee, J.H. & Schussler, E.E. **Preventing plant blindness**, 1999, The American Biology Teacher. 61: 82 – 86.

Yukawa, J. **Synchronization of gallers with host plant phenology**, 2000, Population Ecology, 42: 105–113.

## PREVALÊNCIA DO FENÓTIPO DA CINTURA HIPERTRIGLICERIDÊMICA EM ADOLESCENTES

Data de aceite: 01/09/2021

Alice de Sá Ferreira

Malene Lima Gomes Sodré

Anne Caroline Silva e Silva

Carlos Alberto Alves Dias Filho

Andressa Coelho Ferreira

Sally Cristina Moutinho Monteiro

**RESUMO: Objetivo:** identificar a prevalência do fenótipo da cintura hipertrigliceridêmica (FCH) e avaliar sua associação com dados antropométricos e metabólicos em adolescentes.

**Métodos:** Estudo transversal com 237 adolescentes de faixa etária entre 10 a 18 anos, oriundos de escolas públicas de uma capital do nordeste do Brasil. Foram coletados dados sociodemográficos, pressões arterial sistólica e diastólica, índices antropométricos como: IMC: índice de massa corporal; CC: circunferência da cintura; CQ: circunferência do quadril; RCQ, relação cintura quadril; RCE, relação altura da cintura; PC: circunferência do pescoço e por fim, avaliados os seguintes parâmetros laboratoriais: colesterol total, HDLc: colesterol lipoproteico de alta densidade, LDLc: colesterol de lipoproteína de baixa densidade, sem HDLc: lipoproteína de alta densidade e triglicerídeos. A população do estudo foi estratificada em: Grupo 1 (FCH positivo) e Grupo 2 (FCH negativo). **Resultados:** a prevalência do FCH foi de 7,59%. A pressão

arterial sistólica ( $120,75 \pm 11,13$  vs.  $115,76 \pm 12,27$  -  $p < 0,05$ ) e pressão arterial diastólica ( $73,33 \pm 8,19$  vs.  $68,82 \pm 7,72$  -  $p < 0,05$ ) foram maiores no grupo com FCH positivo, respectivamente. O IMC obteve uma média maior no grupo de adolescentes com FCH positivo ( $27,57 \pm 2,10$ ) versus FCH negativo ( $20,95 \pm 3,40$ ) ( $p < 0,05$ ), bem como a CC ( $81,97 \pm 2,75$  vs  $68,87 \pm 6,49$  -  $p < 0,01$ ), a RCQ ( $103,37 \pm 5,85$  vs  $89,26 \pm 8,84$  -  $p < 0,01$ ), a RCE ( $0,49 \pm 0,02$  vs  $0,41 \pm 0,04$  -  $p < 0,01$ ) e a PC ( $34,16 \pm 2,50$  vs  $32,06 \pm 2,87$  p  $< 0,01$ ). Os dados laboratoriais não apresentaram significância. **Conclusão:** o estudo sugere que o FCH pode ser utilizado na prática clínica para identificação de fatores de risco cardiometabólicos na população estudada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adolescente. Saúde. Metabolismo. Antropometria. Triglicerídeos.

### PREVALENCE OF THE HYPERTRIGLYCERIDEMIC WAIST PHENOTYPE IN ADOLESCENTS

**ABSTRACT: Objective:** to identify the prevalence of hypertriglyceridemic waist phenotype (HCH) and to evaluate its association with anthropometric and metabolic data in adolescents. **Methods:** Cross-sectional study with 237 adolescents aged between 10 and 18 years, from public schools in a capital of northeastern Brazil. Sociodemographic data, systolic and diastolic arterial pressures, anthropometric indices such as: BMI: body mass index were collected; WC: waist circumference; CK: hip circumference; WHR, waist-to-hip ratio; RCE, waist height ratio; CP: neck circumference and finally, evaluated the following laboratory

parameters: total cholesterol, HDLc: high density lipoprotein cholesterol, LDLc: low density lipoprotein cholesterol, without HDLc: high density lipoprotein and triglycerides. The study population was stratified into: Group 1 (positive FCH) and Group 2 (negative FCH). **Results:** the prevalence of HHP was 7.59%. Systolic blood pressure ( $120.75 \pm 11.13$  vs.  $115.76 \pm 12.27$  -  $p < 0.05$ ) and diastolic blood pressure ( $73.33 \pm 8.19$  vs.  $68.82 \pm 7.72$  -  $p < 0.05$ ) were higher in the group with positive HCH, respectively. Bmi obtained a higher mean in the group of adolescents with positive HCH ( $27.57 \pm 2.10$ ) versus negative HCH ( $20.95 \pm 3.40$ ) ( $p < 0.05$ ), as well as WC ( $81.97 \pm 2.75$  vs  $68.87 \pm 6.49$  -  $p < 0.01$ ), WHR ( $10.337 \pm 5.85$  vs  $89.26 \pm 8.84$  -  $p < 0.01$ ), WHT ( $0.49 \pm 0.02$  vs  $0.41 \pm 0.04$  -  $p < 0.01$ ) and CP ( $34.16 \pm 2.50$  vs.  $32.06 \pm 2.87$   $p < 0.01$ ). Laboratory data showed no significance. **Conclusion:** the study suggests that The FCH can be used in clinical practice to identify cardiometabolic risk factors in the population studied.

**KEYWORDS:** Adolescent. Health. Metabolism. Anthropometry. Triglycerides.

## INTRODUÇÃO

A população mundial passou por um processo de transição alimentar com a inserção de alimentos mais açucarados e gordurosos em sua dieta, resultando em um metabolismo energético positivo característico da condição de obesidade. <sup>(1)</sup> Segundo a Pesquisa de Vigilância de Riscos e Fatores de Proteção para Doenças Crônicas de Pesquisa por Telefone (VIGITEL), do Ministério da Saúde realizada em 2018, o excesso de peso na população brasileira corresponde a 55.7%, sendo um problema agravante principalmente quando presente na população adolescente, uma vez que pode ser perpetuada na vida adulta. <sup>(2,3)</sup>

A obesidade é caracterizada pelo excesso de gordura corporal, que é prejudicial à saúde e afeta em todos os contextos socioeconômicos e étnicos. O excesso de células adiposas altera a homeostase orgânica, sendo um dos principais fatores de risco para doenças cardiovasculares (DCV); além de constituir uma base conceitual para entender a relação fisiopatológica entre os diferentes fatores de risco metabólico (por exemplo, elevação de triglicerídeos, lipoproteína de baixa densidade - LDL, proteína C reativa, dentre outros).<sup>(4)</sup> Dessa maneira, indicadores antropométricos são frequentemente usados para avaliar a população e prever riscos cardiovasculares, como índice de massa corporal (IMC) e circunferência da cintura (CC).<sup>(5)</sup>

Embora amplamente utilizados na prática clínica, esses indicadores antropométricos apresentam limitações. O IMC não faz distinção entre o peso corporal do tecido adiposo e a massa livre de gordura; por sua vez, a CC não é capaz de diferenciar adiposidade subcutânea de adiposidade visceral (que tem uma relação maior com a patogenicidade do tecido adiposo).<sup>(5)</sup> Portanto, muito se discute sobre a associação de dados antropométricos e laboratoriais, a fim de melhorar a precisão na previsão de risco cardiovascular, como o fenótipo da cintura hipertrigliceridêmica (FCH), proposto por Lemieux et al. (2007).<sup>(6)</sup>

Esse índice é caracterizado pela combinação simultânea de elevação da circunferência da cintura e concentração sérica de triglicerídeos <sup>(7)</sup> sendo proposto como



uma ferramenta simples e eficaz para avaliar o risco cardiovascular e adiposidade visceral.<sup>(8)</sup> O FCH demonstrou ser um bom marcador para a análise da presença da tríade metabólica aterogênica caracterizada por hiperinsulinemia, altos níveis de apolipoproteína B (apo B), altas concentrações de LDL-c e síndrome metabólica (mesmo na ausência de hiperglicemia e LDL-c elevado).<sup>(9)</sup> Os estudos também estão relacionados à presença de doença renal crônica (DRC), alto risco para o desenvolvimento de doença arterial coronariana (DAC) e previsão de risco para diabetes mellitus tipo 2 (DM2).<sup>(10-13)</sup>

Os resultados do FCH em adolescentes e crianças ainda são limitados, mesmo que existam alguns dados científicos publicados. No Irã, estudo com crianças e adolescentes, de 6 a 18 anos, em que 14% apresentavam síndrome metabólica e 8.52% positividade para o FCH; além disso, os resultados mostraram que adolescentes com o fenótipo são mais propensos a altos níveis de LDL-c e baixas concentrações de colesterol de lipoproteína de alta densidade (HDL-c).<sup>(14)</sup> No Brasil, uma prevalência de 7.2% de adolescentes com FCH foi identificada no estudo desenvolvido por Conceição e cols. (2013), com associação do fenótipo ao perfil lipídico, apesar de não estar relacionado à glicemia de jejum.<sup>(15)</sup> A pesquisa com estudantes brasileiros de Guilherme e cols. (2014)<sup>(9)</sup> encontrou uma prevalência de 20.7% do fenótipo FCH.

Segundo Damasceno (2017)<sup>(16)</sup> evidências científicas têm avaliado a relação da presença de FCH e alterações cardiometabólicas em adolescentes, população esta que tem apresentado crescente prevalência de sobrepeso/obesidade. Ademais, a detecção precoce de alterações metabólicas pode contribuir para o desenvolvimento de programas de saúde de caráter preventivo, no sentido de evitar que os jovens desenvolvam prematuramente DCV e todas as consequências associadas.

A avaliação de diferentes faixas etárias pode auxiliar na inclusão de novos biomarcadores acessíveis à prática clínica e no desenvolvimento de políticas públicas de saúde, principalmente no que se refere à prevenção de DCV. Assim, o presente estudo teve como objetivo identificar a prevalência do fenótipo da cintura hipertrigliceridêmica e avaliar sua associação com dados antropométricos e metabólicos em adolescentes.

## **METODOLOGIA**

Trata-se de um estudo transversal realizado com 237 adolescentes de faixa etária entre 10 a 18 anos de ambos os sexos, oriundos de escolas públicas de uma capital do nordeste do Brasil (São Luís, Maranhão) avaliados no período de 2017 a 2018. Os estudantes foram selecionados de acordo com a autorização do gestor da unidade de ensino e dos seus responsáveis legais, sendo a amostragem realizada por conveniência. Os critérios de não inclusão foram: adolescentes que possuíam algum tipo de deficiência física que incapacitasse realização dos testes de antropometria; gestação, puerpério, uso de medicações que reconhecidamente elevam os índices antropométricos e/ou causem dislipidemia. Como critério de exclusão utilizou-se o não comparecimento em datas de

avaliação (coleta de sangue, aferição de pressão arterial e/ou avaliação antropométrica).

Os alunos foram convidados a participar, através de uma conferência na escola. Aqueles que manifestaram vontade em participar da pesquisa receberam um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e o Termo de Assentimento (TA) para assinatura pelos pais e/ou responsáveis e dos adolescentes, respectivamente. Este trabalho tem a aprovação do Comitê de Pesquisa e Ética do Hospital Universitário da Universidade Federal do Maranhão sob o número 2.673.791.

A coleta de dados ocorreu na própria escola, em uma sala reservada e climatizada, por profissionais (nutricionistas, farmacêuticos e biomédicos), devidamente treinados. Para coletar informações sobre dados sociodemográficos (idade, sexo, cor da pele autorreferida, atividade física e histórico familiar de doença crônica), foi disponibilizado um questionário de autoinstrução. Para verificar a pressão arterial sistólica (PAS) e a pressão arterial diastólica (PAD), um monitor digital automático da pressão arterial do braço, o modelo Omron®, foi utilizado. As recomendações e pontos de corte foram seguidos na íntegra conforme preconizado pela VII Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial. Arquivos Brasileiros de Cardiologia. <sup>(17)</sup>

A altura e o peso foram aferidos com os participantes usando roupas leves e descalços em uma balança digital Onrom® HBF-214 e com estadiômetro Personal Caprice Sanny®. O índice de massa corporal (IMC) foi calculado através da relação entre peso corporal e a altura elevada ao quadrado, considerando sexo e idade, para classificação do estado nutricional. <sup>(18)</sup> A circunferência da cintura (CC) foi medida no ponto médio entre a crista ilíaca e a face externa da última costela seguida pela classificação de Taylor et al. (2014) <sup>(19)</sup>, de acordo com a idade e o gênero. A circunferência do quadril (CQ) foi realizada após a medida mais alta que passa pelos trocanteres (com o participante vertical). <sup>(20)</sup> A razão da circunferência do quadril (RCQ) foi calculada usando a fórmula: circunferência da cintura (cm)/circunferência do quadril (cm). <sup>(20)</sup> A relação cintura/altura (RCE) foi calculada usando a fórmula: circunferência da cintura (cm)/altura (cm) (BRASIL, 2013). E para medir a circunferência do pescoço (CP), posicionou-se a fita ao redor do pescoço no ponto médio. <sup>(18)</sup>

A avaliação laboratorial foi realizada através da dosagem sérica, com tempo de jejum de 10 a 12 horas. As determinações de colesterol total (CT) e triglicérideo (TRI) foram feitas usando métodos colorimétricos enzimáticos (Bioclin®). O colesterol de lipoproteína de alta densidade (HDL-c) foi determinado por precipitação, seguido pelo método colorimétrico enzimático (Bioclin®) e o colesterol de lipoproteína de baixa densidade (LDL-c) foi calculado pela fórmula Friedewald (1972). O colesterol não HDL (não HDL-c) foi calculado pela diferença entre o colesterol total e o HDL-c. Os pontos de corte adotados foram: >170 mg/dL de colesterol total, > 45 mg/dL de HDL-c, 100 mg/dL de triglicérides e >110 mg/dL de LDL-c. <sup>(17)</sup>

O fenótipo da cintura hipertrigliceridêmica (FCH) foi definido simultaneamente com a presença de circunferência da cintura aumentada (percentil 90 para idade e sexo na

população estudada) e aumento dos níveis de triglicerídeos no sangue (>100 mg / dL).<sup>(6)</sup>

Para análise dos dados, a população do estudo foi estratificada em: Grupo 1 (FCH positivo) e Grupo 2 (FCH negativo). A análise estatística foi realizada com o teste de normalidade D'Agostino-Pearson para verificar as amostras em relação à normalidade e o teste t de Student para amostras independentes quanto a análise das variáveis contínuas; o teste do qui-quadrado ou exato de Fisher foi utilizado para a análise dos dados categóricos. Utilizou-se um modelo de regressão logística binária para verificar a associação entre o fenótipo da cintura hipertrigliceridêmica e variáveis previsoras. As análises foram realizadas no programa estatístico SPSS for Windows, versão 24.0.

## RESULTADOS

Na população estudada, observou-se prevalência de 7,59% do fenótipo da cintura hipertrigliceridêmica (FCH), tendo este grupo uma média de idade de 16,05 ( $\pm 1,39$ ) anos, sendo preponderante a prática de atividade física (77,8%-FCH positivo e 69,8%-FCH negativo) e cor autodeclarada não branca (88,9%-FCH positivo e 80,2%-FCH negativo). Quanto ao gênero, o sexo feminino obteve maior participação no estudo (Tabela 1).

O estado nutricional mostrou-se predominantemente com excesso de peso (sobrepeso + obeso) com significância estatística ( $p < 0.01$ ) entre os grupos. Além disso, o grupo FCH positivo apresentou maior prevalência de adolescentes com excesso de peso (94,4%). Tabela 1.

	<b>FCH POSITIVO 7,59% (18)</b>	<b>FCH NEGATIVO 92,41% (219)</b>	<b>p valor</b>
<b>Idade</b>	16,05 $\pm$ 1,39	16,21 $\pm$ 1,01	0.6
<b>Atividade Física</b>			
Sim	77,8% (14)	69,8% (153)	0.8
Não	22,2% (4)	30,2% (66)	
<b>Cor</b>			
Branco	11,1% (2)	19,8% (47)	0.5
Não Branco	88,9% (16)	80,2% (172)	
<b>Sexo</b>			
Feminino	77,8% (14)	62,6% (137)	0.1
Masculino	22,2% (4)	37,4% (82)	
<b>Estado Nutricional</b>			
Excesso de Peso	94,4% (17)	10,5% (23)	<0.01
Eutrófico	5,6% (1)	89,5% (196)	

Dados apresentados em média $\pm$ desvio padrão e porcentagem. Foram utilizados os testes t de student para comparar os grupos com variáveis contínuas e o teste do qui-quadrado ( $X^2$ ) ou exato de Fisher para comparar as porcentagens dos grupos com variáveis categóricas. Adotou-se um intervalo de confiança de 95%. Excesso de peso = sobrepeso + obeso.

Tabela 1. Característica sociodemográficas segundo o Fenótipo da Cintura Hipertrigliceridêmica de adolescentes da rede pública de ensino de São Luís, Maranhão. 2017-2018.

Em relação à pressão arterial sistólica ( $120,75 \pm 11,13$  vs.  $115,76 \pm 12,27$  -  $p < 0,05$ ) e pressão arterial diastólica ( $73,33 \pm 8,19$  vs.  $68,82 \pm 7,72$  -  $p < 0,05$ ) essas foram maiores no grupo com FCH positivo em relação ao grupo negativo de FCH, respectivamente. No índice de massa corpórea observou-se uma média maior no grupo de adolescentes com FCH positivo ( $27,57 \pm 2,10$ ) em comparação com FCH negativo ( $20,95 \pm 3,40$ ) ( $p < 0,05$ ) (Tabela 2).

No que se refere aos demais índices antropométricos verificou-se que a circunferência da cintura ( $81,97 \pm 2,75$  vs  $68,87 \pm 6,49$  -  $p < 0,01$ ), a relação cintura quadril ( $103,37 \pm 5,85$  vs  $89,26 \pm 8,84$  -  $p < 0,01$ ), a relação cintura-estatura ( $0,49 \pm 0,02$  vs  $0,41 \pm 0,04$  -  $p < 0,01$ ) e a circunferência do pescoço ( $34,16 \pm 2,50$  vs  $32,06 \pm 2,87$   $p < 0,01$ ) apresentaram maior média no grupo positivo para FCH e todos com resultados estatísticos significativos (Tabela 2).

Variáveis	Média ± Desvio Padrão			p valor
	Total (n=237)	FCH positivo (n=18)	FCH negativo (n=219)	
<b>PAS</b>	116,14±12,27	120,75±11,13	115,76±12,27	0.041
<b>PAD</b>	69,16±7,83	73,33±8,19	68,82±7,72	0.036
<b>IMC</b>	21,45±3,75	27,57±2,10	20,95±3,40	<0.01
<b>CC</b>	69,87±7,18	81,97±2,75	68,87±6,49	<0.01
<b>CQ</b>	90,33±9,42	103,37±5,85	89,26±8,84	<0.01
<b>RCQ</b>	0,78±0,13	0,78±0,04	0,78±0,13	0.038
<b>RCE</b>	0,42±0,04	0,49±0,02	0,41±0,04	<0.01
<b>CP</b>	32,22±2,89	34,16±2,50	32,06±2,87	<0.01

PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; IMC: índice de massa corporal; CC: circunferência da cintura; CQ: circunferência do quadril; RCQ, relação cintura quadril; RCE, relação altura da cintura; PC: circunferência do pescoço. Dados apresentados em média e desvio padrão. O teste t de student foi realizado para amostras independentes.

Tabela 2. Características hemodinâmicas e antropométricas segundo Fenótipo da Cintura Hipertrigliceridêmica de adolescentes da rede pública de ensino de São Luís, Maranhão. 2017-2018.

Os adolescentes com FCH positivo apresentaram valores médios de colesterol total, colesterol não HDL e triglicérides superiores ao grupo com FCH negativo, porém, nenhum parâmetro laboratorial apresentou resultado estatisticamente positivo ( $p > 0,05$ ). As

características laboratoriais estão apresentadas na Tabela 3.

<b>Variáveis Laboratoriais</b>	<b>Média±Desvio Padrão</b>			<b>p valor</b>
	<b>Total (n=237)</b>	<b>FCH positivo (n=18)</b>	<b>FCH negativo (n=219)</b>	
<i>Colesterol total (mg/dL)</i>	138,42±42,24	164,94±44,89	136,24±41,37	>0.05
<i>LDLc (mg/dL)</i>	83,42±28,61	94,76±39,69	82,41±27,36	>0.05
<i>HDLc (mg/dL)</i>	42,52±16,30	42,84±16,56	42,49± 16,33	>0.05
<i>não HDLc (mg/dL)</i>	100,35±31,54	122,61±38,73	98,37±30,19	>0.05
<i>Triglicerídeos (mg/dL)</i>	126,99±100,38	192,11±116,19	121,63±97,35	>0.05

HDLc: colesterol lipoproteico de alta densidade; LDLc: colesterol de lipoproteína de baixa densidade; sem HDLc: lipoproteína de alta densidade. Dados apresentados em média e desvio padrão. O teste t de student foi realizado para amostras independentes.

Tabela 3. Características metabólicas segundo Fenótipo da Cintura Hipertrigliceridêmica de adolescentes da rede pública de ensino de São Luís, Maranhão. 2017-2018.

As seguintes variáveis foram consideradas para o modelo de regressão logística binária: sexo, atividade física, estado nutricional e idade. A regressão logística binária teve como finalidade a avaliação da interação e previsão das variáveis citadas quanto a presença do fenótipo FCH. O modelo contendo todas as variáveis foi significativo [ $X^2(4$  graus de liberdade) =64,355;  $p<0.001$ ,  $R^2$  Negekeike=0,573], demonstrando que o conjunto dessas foi preponderante na previsão de um adolescente pertencer ao grupo com fenótipo FCH positivo. No que concerne a avaliação de quais variáveis é um preditor significativo para o fenótipo FCH positivo, somente o estado nutricional demonstrou associação significativa [OR=0,006; IC 95%=0,001-0,049], logo, como no estado nutricional desta amostra o número de indivíduos eutróficos é inferior ao de excesso de peso, através do Odds-Ratio verificou-se que pertencer à categoria eutrófica implica em uma chance menor (0,006) de pertencer a categoria FCH positiva quando comparado aos adolescentes com excesso de peso. Os dados estão apresentados na Tabela 4.

	<b>Odds Ratio</b>	<b>IC (95%)</b>	<b>Teste de Wald</b>	<b>p-valor</b>
<b>Sexo</b>	1,785	0,414-7,697	0,603	0.4
<b>Atividade Física</b>	4,179	0,930-18,787	3,47	0.06
<b>Estado Nutricional</b>	0.006	0,001-0,049	22,83	0.001
<b>Idade</b>	1,085	0,611-1,927	0.077	0.7

Tabela 4. Regressão Logística Binária e Odds-Ratio com intervalo de confiança (IC 95%) para avaliação de risco de desenvolvimento do fenótipo FCH em adolescentes da rede pública de ensino de São Luís, Maranhão. 2017-2018.

## DISCUSSÃO

Neste estudo a prevalência do fenótipo da cintura hipertrigliceridêmica foi de 7,59%. Mesmo que a utilidade do FCH na determinação de fatores de risco cardiometabólicos tenha sido analisada em alguns estudos anteriores entre a população adulta, ainda há poucos estudos neste campo com a população adolescente.

Segundo Freitas e cols. (2018) <sup>(21)</sup> em um estudo com adulto de ambos os sexos, o FCH foi associado à idade aumentada, consumo excessivo de álcool, ser ex-fumante, hipertenso, diabético, apresentar HDL baixo, não-HDL alto e PCR (Proteína C Reativa) aumentada, independentemente do sexo ou critério de definição. A síndrome metabólica apresentou maior correlação com FCH entre os participantes de ambos os sexos. Os resultados do estudo sugerem que o FCH é uma boa alternativa para estimar o risco cardiometabólico e apoiam a sua utilização como ferramenta de triagem para doenças cardiovasculares e diabetes em indivíduos aparentemente saudáveis por conta de seu baixo custo, facilidade e viabilidade.

No estudo transversal realizado por Andrade e cols. (2017) <sup>(22)</sup> conduzido a partir da linha de base do Estudo Longitudinal de Saúde do Adulto (ELSA-Brasil) composto por 15.105 servidores ativos e aposentados, de ambos os sexos, com idade entre 35 a 74 anos, com o objetivo de investigar a associação entre consumo de gorduras e fibras e o fenótipo da cintura hipertrigliceridêmica, não foi encontrada associação entre o FCH e o consumo de gorduras e fibras, embora estudos já tenham demonstrado esse efeito, assim como a relação desses com a saúde cardiovascular. O FCH foi associado ao excesso de peso, à menor renda *per capita*, ao histórico de tabagismo e à prática de atividade física fraca.

Assim, o FCH é considerado uma ferramenta prática, simples e de baixo custo que pode ser utilizada para triagem de populações de risco, pois representa excesso de tecido adiposo visceral. A acumulação de gordura visceral está fortemente associada a fatores de risco cardiometabólicos mesmo em crianças <sup>(4)</sup>. A taxa de prevalência do FCH em estudos brasileiros anteriores, com a mesma faixa etária que o presente, variou entre 7,2 a 20,7%. Conceição e cols. (2013) <sup>(15)</sup> e Costa e cols. (2017) <sup>(23)</sup> encontraram resultados semelhantes ao presente estudo sendo 7,2 e 10,56%, respectivamente, corroborando com os dados aqui apresentados. Por sua vez, Guilherme e cols. (2014) <sup>(9)</sup> observaram uma porcentagem de aproximadamente três vezes o que foi aqui encontrado (20,7%).

Uma possibilidade para a diferença entre os estudos seria a região do país utilizada para a coleta de dados, visto que o estudo de Guilherme e cols. (2014) <sup>(9)</sup> pertence a região sul do país, podendo ter influência da formação étnica, genética e hábitos de vida da amostra.

De acordo com Souza e cols. (2018) <sup>(24)</sup> a obesidade é um grave problema de saúde pública, por se tratar de uma doença epidêmica de grande repercussão no cenário mundial e que está relacionada ao desenvolvimento de outras doenças crônicas, como, por exemplo,

hipertensão arterial, diabetes mellitus e doenças cardiovasculares. Logo, é necessário o surgimento de novos marcadores para a avaliação e diagnóstico prévio de fatores de risco cardiovasculares, como o fenótipo da cintura hipertrigliceridêmica, principalmente em adolescentes, pois, sabe-se que a obesidade tende a se perpetuar para a vida adulta. <sup>(3)</sup> A detecção do fenótipo FCH (alteração nos níveis de CC e triglicerídeos) é uma avaliação simples e de baixo custo que permite uma intervenção precoce para tratar e estimular mudanças no estilo de vida e nos hábitos alimentares, impedindo que essa condição se perpetue.

No estudo de Chen e cols. (2016) <sup>(25)</sup>, o grupo com FCH apresentou maiores valores de pressão arterial (sistólica e diastólica), corroborando com a mesma relação encontrada no presente estudo, uma vez que tanto a pressão arterial sistólica como a diastólica foram estatisticamente mais altas e significativas no grupo FCH positivo. No trabalho de Costa e cols. (2017) <sup>(23)</sup>, apenas a pressão arterial sistólica apresentou maior valor e significância estatística no grupo com o fenótipo da cintura hipertrigliceridêmica.

O mecanismo que causa alterações nos níveis pressóricos em adolescentes com esse fenótipo ainda não está elucidado, por outro lado, a adiposidade abdominal pode influenciar tais alterações, tendo em vista que possivelmente desencadeie a liberação de citocinas como a Interleucina-6 (IL-6). Citocinas como a IL-6 causam a resistência à insulina e suprimem a produção de óxido nítrico, um potente vasodilatador endotelial, causando disfunção endotelial e conseqüentemente aumento nos níveis pressóricos. Além disso, também pode haver uma maior ativação do sistema nervoso simpático, responsável pelo aumento dos níveis pressóricos, devido a uma maior quantidade de gordura visceral, embora esse mecanismo ainda não esteja claro. <sup>(9)</sup>

Quanto aos índices antropométricos (IMC, CC, CQ, RCQ, RCE e CP), todos analisados neste estudo demonstraram significância estatística na comparação entre os grupos, apresentando médias maiores no grupo com FCH positivo. Guilherme e cols. (2014) <sup>(9)</sup> ao analisar o IMC e a CC de adolescentes brasileiros, encontraram maiores valores no grupo com o fenótipo da cintura hipertrigliceridêmica sendo estatisticamente significante. A circunferência da cintura tem sido considerada uma importante medida de localização de adiposidade, sendo válida para o diagnóstico de gordura abdominal, com grande sensibilidade. Desta maneira, quando associada e utilizada para definição do fenótipo FCH, a circunferência da cintura auxilia no diagnóstico clínico mais assertivo das possíveis complicações metabólicas. <sup>(8)</sup>

Ao avaliar os resultados dos marcadores laboratoriais, houve associação direta do fenótipo da cintura hipertrigliceridêmica com colesterol total e triglicerídeos. Estes resultados corroboram o estudo Esmailzadeh e cols. (2006) <sup>(14)</sup> em que o fenótipo foi associado ao aumento do colesterol total, de forma semelhante, o estudo de Conceição e cols. (2013) <sup>(15)</sup> verificou que concentrações maiores de componentes do perfil lipídico também foram encontradas no grupo fenótipo FCH em adolescentes brasileiros.

Níveis elevados de colesterol total e LDL-c estão relacionados ao aparecimento de placas de ateroma, uma vez que ocorre modificação do tecido endotelial, com alteração da função endotelial vascular, podendo desenvolver complicações como doença arterial coronariana ou aterosclerose. <sup>(12)</sup> Da mesma forma, os triglicérides, são um fator de risco cardiovascular independente quando seus níveis estão alterados <sup>(15)</sup>, pois na situação de obesidade ocorre o acúmulo de adiposidade abdominal, levando a um aumento nos níveis de ácidos graxos livres que resultam na formação de triglicérides os quais podem desencadear a formação de placas de ateroma. <sup>(26)</sup>

No modelo de regressão adotado neste estudo foi possível verificar que um dos achados da análise foi o estado nutricional ser um previsor do fenótipo da cintura hipertigliceridêmica. Embora, neste estudo não tenha sido avaliada a condição de obesidade isoladamente, mas sim o excesso de peso (sobrepeso + obesidade), os achados do estudo de Kelishadi e cols. (2015) <sup>(27)</sup> confirmam nossos resultados ao encontrarem que o fenótipo FCH está associado à obesidade em adolescentes iranianos com a mesma faixa etária aqui utilizada. Ainda segundo Kelishadi e cols. (2015) <sup>(27)</sup> o fenótipo da cintura hipertrigliceridêmica é um método simples que representa o excesso de adiposidade visceral. Logo, enfatizamos que utilizar esse índice antropométrico poderá auxiliar de maneira positiva na predição de risco cardiometabólico, sobretudo ao associar com outros indicadores antropométricos que também possuem acurácia confirmada na população adolescente como a relação cintura-estatura.

O presente estudo tem como limitações a amostragem por conveniência e o delineamento transversal, o que não permite uma comparação dos resultados e a avaliação futura dos índices antropométricos que possivelmente sofrerão alterações ao longo do desenvolvimento dos adolescentes, como estatura, peso, circunferência da cintura, dentre outros. Além disso, a cor da pele e a prática de atividade física foram autorreferidas, ademais, os resultados não foram estratificados pela fase de maturação sexual, fatores esses que podem ser ajustados em estudos futuros.

## CONCLUSÃO

Os resultados aqui apresentados mostraram uma prevalência do fenótipo da cintura hipertigliceridêmica de 7,59% e sua associação com índices antropométricos, níveis pressóricos e marcadores laboratoriais. Assim, o estudo sugere que o FCH pode ser utilizado na prática clínica para identificação de fatores de risco cardiometabólicos na população estudada, auxiliando na mudança de estilo de vida e a prevenção de doenças cardiovasculares, uma vez que apresenta praticidade e baixo custo.



## CONFLITO DE INTERESSE

Não há conflitos de interesse.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à empresa Bioclin por todos os kits doados para análises bioquímicas, à Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento do Maranhão (FAPEMA) pela promoção da pesquisa e à Universidade Federal de Maranhão pelo espaço disponibilizado.

## REFERÊNCIAS

- 1-Bezerra IN; Goldman J; Rhodes DG; Hoy MK; Souza AM; Chester DN; et al. Difference in adult food group intake by sex and age groups comparing Brazil and United States nationwide surveys. **Nutrition Journal** 2014, 13:74.
- 2- Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Análise em Saúde e Vigilância de Doenças não Transmissíveis, Brasília, 2019.
- 3- Meller FO; Araújo CLP; Madruga SW. Factors associated with excess weight in Brazilian children under five years of age. **Ciência & Saúde Coletiva** 2014, 19(3):943-955.
- 4- Yang Q; Xiao T; Su Z. Complex Relationship between Obesity and the Fat Mass and Obesity Locus. **Int. J. Biol. Sci.** 2017, Vol. 13.
- 5- McCarthy HD. Measuring growth and obesity across childhood and adolescence. **Proc Nutr Soc.** 2014;73: 2107.
- 6- Lemieux I, Poirier P, Bergeron J, Almeras N, Lamarche B, Cantin B *et al.* Hypertriglyceridemic waist: a useful screening phenotype in preventive cardiology? **Can J Cardiol.** 2007;23(Suppl B):23B-31B.
- 7- Cabral, N. A. L., Ribeiro, V. S., da Cunha França, A. K. T., Salgado, J. V. L., dos Santos, A. M., Salgado Filho, N., & da Silva, A. A. M. (2012). Cintura hipertrigliceridêmica e risco cardiometabólico em mulheres hipertensas. **Revista da Associação Médica Brasileira (English Edition)**, 58(5), 568-573.
- 8- Pereira, P. F., Faria, F. R. D., Faria, E. R. D., Hermsdorff, H. H. M., Peluzio, M. D. C. G., Franceschini, S. D. C. C., & Priore, S. E. (2015). Indicadores antropométricos para identificar síndrome metabólica e fenótipo cintura hipertrigliceridêmica: uma comparação entre as três fases da adolescência. **Revista Paulista de Pediatria**, 33(2), 194-203..
- 9- Guilherme, F. R., Molena-Fernandes, C. A., Hintze, L. J., Fávero, M. T. M., Cuman, R. K. N., & Rinaldi, W. (2014). Hypertriglyceridemic waist and metabolic abnormalities in Brazilian schoolchildren. **PLoS One**, 9(11), e111724.
- 10- Haack, R. L., Horta, B. L., Gigante, D. P., Barros, F. C., Oliveira, I., & Silveira, V. M. (2015). Hypertriglyceridemic waist phenotype: effect of birthweight and weight gain in childhood at 23 years old. **PLoS one**, 10(8), e0134121.

- 11- Janghorbani M and Amini M. Utility of hypertriglyceridemic waist phenotype for predicting incident type 2 diabetes: The Isfahan Diabetes Prevention Study. **J Diabetes Investig**, 2016.
- 12- LeBlanc, S., Coulombe, F., Bertrand, O. F., Bibeau, K., Pibarot, P., Marette, A., ... & Larose, E. (2018). Hypertriglyceridemic Waist: A Simple Marker of High-Risk Atherosclerosis Features Associated With Excess Visceral Adiposity/Ectopic Fat. **Journal of the American Heart Association**, 7(8), e008139.
- 13- Zhou, C., Li, Y., Shao, X., & Zou, H. (2018). Identification of chronic kidney disease risk in relatively lean Southern Chinese: the hypertriglyceridemic waist phenotype vs. anthropometric indexes. **Eating and Weight Disorders-Studies on Anorexia, Bulimia and Obesity**, 23(6), 885-892.
- 14- Esmailzadeh A, Mirmiran P, Azadbakht L, Azizi F. Prevalence of the hypertriglyceridemic waist phenotype in Iranian adolescents. **Am J Prev Med**. 2006; 30: 528.
- 15- Conceição-Machado ME, Silva LR, Santana ML, Pinto EJ, Silva Rde C, Moraes LT, et al. Hypertriglyceridemic waist phenotype: association with metabolic abnormalities in adolescents. **J Pediatr (Rio J)**. 2013; 89 :5663.
- 16- DAMASCENO, Marina Mendes. **Cintura hipertrigliceridêmica e alterações cardiometabólicas em adolescentes com sobrepeso/obesidade**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- 17- Sociedade Brasileira de Cardiologia. VII Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 2016, v. 107, n. 3, p. 1-103.
- 18- **BRASIL**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saúde: Manual de Antropometria. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: < <https://www.pns.icict.fiocruz.br/arquivos/Novos/Manual%20de%20Antropometria%20PDF.pdf>>. Acesso em: 28 de maio de 2019.
- 19- Taylor, R. W., Jones, I. E., Williams, S. M., & Goulding, A. (2000). Evaluation of waist circumference, waist-to-hip ratio, and the conicity index as screening tools for high trunk fat mass, as measured by dual-energy X-ray absorptiometry, in children aged 3–19 y. **The American journal of clinical nutrition**, 72(2), 490-495..
- 20- MARTINS, C. Antropometria. **Instituto Cristina Martins: Educação em Saúde**, p.1-45, 2009.
- 21- Freitas, R. S., Fonseca, M. D. J. M. D., Schmidt, M. I., Molina, M. D. C. B., & Almeida, M. D. C. C. D. (2018). Fenótipo cintura hipertrigliceridêmica: fatores associados e comparação com outros indicadores de risco cardiovascular e metabólico no ELSA-Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, 34, e00067617.
- 22- Andrade, J. R. D., Velasquez-Melendez, G., Barreto, S. M., Pereira, T. S. S., Mill, J. G., & Molina, M. D. C. B. (2017). Hypertriglyceridemic waist phenotype and nutritional factors: a study with participants of ELSA-Brasil. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, 20, 382-393.
- 23- Costa, P. R. D. F., Assis, A. M. O., Cunha, C. D. M., Pereira, E. M., Jesus, G. D. S. D., Silva, L. E. M. D., & Alves, W. P. D. O. (2017). Hypertriglyceridemic waist phenotype and changes in the fasting glycemia and blood pressure in children and adolescents over one-year follow-up period. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 109(1), 47-53.

24- Souza, S. D. A., Silva, A. B., Cavalcante, U. M. B., Lima, C. M. B. L., & Souza, T. C. D. (2018). Adult obesity in different countries: an analysis via beta regression models. *Cadernos de Saúde Pública*, 34, e00161417.

25- Chen S; Guo X; Yu S et al. Association between the Hypertriglyceridemic Waist Phenotype, Prediabetes, and Diabetes Mellitus in Rural Chinese Population: A Cross-Sectional Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2016, 13, 368.

26- Carvalho FC et al. Influence of FTO rs9939609 polymorphism on appetite, ghrelin, leptin, IL6, TNF $\alpha$  levels, and food intake of women with morbid obesity. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, 2018, v.11, p.199- 207.

27- Kelishadi, Roya, et al. "Association of hypertriglyceridemic-waist phenotype with liver enzymes and cardiometabolic risk factors in adolescents: the CASPIAN-III study." *Jornal de Pediatria (Versão em Português)* 92.5 (2016): 512-520.

# CAPÍTULO 17

## TRATAMENTO QUARENTENÁRIO POR RADIAÇÃO GAMA PARA DIFERENTES FASES DO CICLO EVOLUTIVO DE *Callosobruchus maculatus* EM FEIJÃO *Vigna sinensis*

Data de aceite: 01/09/2021

Data de submissão: 04/06/2021

### **Valter Arthur**

Centro de Energia Nuclear na Agricultura –  
CENA/USP/Departamento de Radiobiologia e  
Ambiente

Piracicaba, SP, Brasil

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
São Paulo, SP

<http://lattes.cnpq.br/4352244824716787>

### **Lucia da Silva Fontes**

Universidade Federal do Piauí / Centro de  
Ciências Naturais - Departamento de Biologia -  
Campus Ministro Petrônio Portella

Teresina – Piauí, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/9750825418416868>

### **André Ricardo Machi**

Centro de Energia Nuclear na Agricultura –  
CENA/USP/Departamento de Radiobiologia e  
Ambiente

Piracicaba, SP, Brasil

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
São Paulo, SP, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/5216976394632254>

### **Rodrigo Sebastião Rossi Leandro**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
São Paulo, SP, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/4194908890769716>

### **Paula Bergamin Arthur**

Centro de Energia Nuclear na Agricultura –  
CENA/USP/Departamento de Radiobiologia e  
Ambiente

Piracicaba, SP, Brasil

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
São Paulo, SP, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/5079089462845980>

### **Larissa Nalesso Costa Harder**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
São Paulo, SP, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/1907755687524110>

### **Marcia Nalesso Costa Harder**

Faculdade de Tecnologia de Piracicaba/  
Departamento de Tecnologia de Alimentos

Piracicaba, SP, Brasil

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
São Paulo, SP, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/4686651078037362>

**RESUMO:** A perda de grãos armazenados causada por insetos gera problema de importância econômica devido à preocupação com o aumento da oferta de alimentos para a população mundial. Associado a esse fato, existe o problema da deficiência nutricional por falta de proteínas, principalmente para as populações menos privilegiadas. O uso de radiação ionizante em grãos e produtos armazenados pode resolver o problema das perdas nesses produtos, uma vez que não induz resistência a insetos e não deixa resíduos tóxicos nos produtos, portanto sendo considerado um método eficaz e seguro. O objetivo do experimento foi determinar o efeito

da radiação ionizante do cobalto-60 como tratamento quarentenário para os diferentes estágios de desenvolvimento (ovo, larva e pupa) de *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1972) (Coleoptera, Chysomilidae) em feijão *Vigna sinensis*. O experimento foi conduzido no laboratório de Radiobiologia e Meio Ambiente CENA / USP., Piracicaba, SP, Brasil. Foram utilizadas amostras de feijão infestados com ovos, larvas e pupas de *C. maculatus*. O experimento constou de 5 tratamentos com 5 repetições para cada etapa do ciclo de vida do inseto. Cada repetição foi composta por 20 indivíduos (ovos, larvas e pupas), totalizando 100 indivíduos por tratamento. Foram irradiados com doses de 0 (controle), 25, 50, 75 e 100 Gy, em fonte de cobalto-60, tipo Gammabeam-650, com taxa de dose de 1,3 kGy / h. O experimento foi conduzido em uma sala com temperatura de  $25 \pm 2$  ° C e umidade relativa de  $70 \pm 5\%$ . Após o processo de irradiação avaliou-se o número de insetos emergidos em cada repetição nos tratamentos. Pelos resultados obtidos podemos concluir que as doses letais foram: ovos 25 Gy, larvas 50 Gy, já para pupas 100 Gy não foi suficiente para controlar a emergência de adultos, mas esta dose induziu a esterilização em adultos na geração paterna. Para segurança do tratamento quarentenário a dose de 150 Gy deve ser utilizada para *C. maculatus* em feijão das cultivares Vigna.

**PALAVRAS-CHAVE:** Radiação ionizante, quarentena fitossanitária, caruncho, leguminosas.

#### QUARANTINE TREATMENT BY GAMMA RADIATION FOR DIFFERENT PHASES OF THE EVOLUTIONARY CYCLE OF *Callosobruchus maculatus* IN BEAN *Vigna sinensis*

**ABSTRACT:** The loss of stored grain caused by insects generates a problem of economic order of importance due to concern about the increased supply of food for the world population is expanding. Associated with this fact, there is the problem of nutritional deficiency due to lack of protein, especially for the less privileged populations. The use of ionizing radiation in grains and products stored without a doubt can solve the problem of the losses in these products, since it does not induce resistance to insects and leaves no toxic residue in the products, and is considered an effective and safe method. The aim of the experiment was to determine the effect of ionizing radiation from cobalt-60 as a quarantine treatment for stages different of development of *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1972) (Coleoptera, Chysomilidae) in bean *Vigna sinensis*. The experiment was conducted in the laboratory of Radiobiology and Environment CENA / USP., Piracicaba, SP, Brazil. Bean samples infested with eggs, larvae and pupae of *C. maculatus* were utilized. The experiment consisted of 5 treatments with 5 repetitions for each stage of the insect's life cycle. Each repetition consisted of 20 individuals (eggs, larvae and pupae), a total of 100 individuals per treatment. Were irradiated with doses of 0 (control), 25, 50, 75 and 100 Gy, in a source of cobalt-60, Gammabeam-650 type, with rate dose of 1.3 kGy / h. The experiment was conducted in a room with a temperature of  $25 \pm 2$  ° C and relative humidity of  $70 \pm 5\%$ . After irradiation process was evaluated of the number of insects emerged in each repetition in the treatments. From the results obtained was concluded that the lethal doses were: eggs 25 Gy, larvae 50 Gy, to pupae 100 Gy was not sufficient to control the adult emergence, but this dose induce the sterilizing in the paternal generation. For safety the dose of 150 Gy should be used for the quarantine treatment of *C. maculatus* in beans of Vigna cultivars.

**KEYWORDS:** Ionizing radiation, quarantine treatment, *Callosobruchus maculatus*, bean

## 1 | INTRODUÇÃO

Em todo o mundo a perda de grãos armazenados é um problema de importância econômica, tendo em vista a preocupação com o aumento da oferta de alimentos para uma população mundial que está cada vez mais em expansão. Associado a esse fato, existe o problema da deficiência nutricional por falta de proteínas, principalmente para as populações menos privilegiadas. Essa carência poderia ser suprida com o abastecimento adequado dos grãos produzidos, exigindo para isso um sistema que proporcionasse condições ótimas de armazenamento dos grãos, garantindo a qualidade até o momento do consumo.

O uso de radiação ionizante em grãos armazenados pode solucionar o problema das perdas nesses produtos, pois não induz resistência a insetos e não deixa resíduos tóxicos ao consumidor, sendo considerado um método eficaz e seguro [1, 2].

O primeiro uso da radiação ionizante em insetos foi realizado por [3] quando o *Sitophilus oryzae* irradiou com raios-X, mas não obteve resultados satisfatórios. Resultados promissores foram obtidos apenas por [4], que usou raios-X para controlar *Lasioderma serricorne*, praga do tabaco armazenado. A partir de 1950, houve um grande avanço nesse tipo de pesquisa. Alguns fatores como a descoberta de resistência a certas pragas a produtos químicos, desequilíbrio biológico e problemas toxicológicos causados por esses produtos, contribuíram para esse avanço. A irradiação dos produtos armazenados pode resolver esses tipos de problemas, pois não induz o surgimento de resistência nem de resíduos [5, 6, 7].

Algumas medidas de controle são adotadas para solucionar os danos e perdas causados pelos insetos, como boas práticas de armazenamento, monitoramento de pragas e tratamento químico, que por sua vez acabam causando alguns danos, além da resistência dos insetos aos princípios ativos utilizados na composição dos produtos químicos e, devido a esses problemas, há necessidade de métodos de controle mais eficazes e de baixo custo. A irradiação por diversos fatores tem se apresentado como a melhor solução para o controle de pragas [6, 2, 8, 9].

Estudou os efeitos da radiação gama em *Callosobruchus subinnotatus* e constatou que ovos, larvas, pupas e adultos podem ser satisfatoriamente controlados com doses de 25, 30, 50 e 200 Gy, respectivamente [10].

Estudou os efeitos da radiação gama em vários estágios do ciclo de vida de *Callosobruchus chinensis* (L.), observou que pré-larvas e pupas foram 100% eliminadas quando expostas a uma dose de 160 Gy, enquanto as pupas foram totalmente mortas durante a dose de 320 Gy [11].

Observou que houve a mortalidade total de ovos de *Callosobruchus maculatus* na dose de 50 Gy foi total e para as larvas foi 150 Gy, enquanto para pupa a total mortalidade ocorreu na dose de 228 Gy [12].

Relatou que doses de 80 a 100 Gy de irradiação gama em *Tribolium confusum* resultaram em maior mortalidade de adultos [13]. Observou que para o *T. castaneum*, doses variando de 20 a 50 Gy causaram um declínio na fertilidade de adultos [14].

As pesquisas sobre o assunto têm se destacado cada vez mais, com o intuito de esclarecer as vantagens desse método e os benefícios que proporciona na geração de alimentos para a população, e nos últimos anos tem recebido maior atenção de governos e empresas privadas. A desinfestação do grão consiste em um método de controle físico, inibindo a reprodução dos insetos ou mesmo matando-os. Porém, para tal controle é de primordial importância conhecer as doses letais e esterilizantes de radiação ionizante para as diferentes fases do ciclo de vida da praga, visto que a radiosensibilidade varia de acordo com diversos fatores, inclusive o estágio de desenvolvimento [1, 2].

O objetivo do experimento foi o tratamento quarentenário por radiação gama para diferentes estágios de desenvolvimento de *Callosobruchus maculatus* em feijão *Vigna sinensis*.

## 2 | MATERIAL E METODOS

Amostras de feijão foram infectadas com ovos, larvas e pupas *Callosobruchus maculatus*, o experimento consistiu de 5 tratamentos para cada fase do ciclo de vida, cada tratamento com 5 repetições consistiu de 20 indivíduos cada (ovos, larvas e pupas), num total de 100 indivíduos por tratamento.

Foram irradiados com doses de 0 (controle), 25, 50, 75 e 100 Gy, em fonte de Cobalto-60, tipo Gammabeam-650, taxa de dose de 1,3 kGy / h. O experimento foi conduzido em uma sala com temperatura de  $25 \pm 2$  ° C e umidade relativa de  $70 \pm 5\%$ .

Após 55 dias do processo de irradiação foram realizadas avaliações pelo método de contagem do número de insetos emergidos em cada repetição nos tratamentos.

O delineamento estatístico experimental foi inteiramente casualizado com 5 tratamentos e 1 tempo de amostragem e cada tratamento consistiu em 5 repetições. Os resultados das avaliações dos testes foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e à comparação das médias pelo teste de Tukey a 5%, utilizando o sistema estatístico SAS [15].

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados da Tabela 1 podemos observar que quando os ovos foram irradiados com uma dose de 25 Gy foi suficiente para controlar a emergência da população de adultos de *Callosobruchus maculatus*. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por [16] que irradiou *Callosobruchus maculatus* em vários estágios de desenvolvimento, e concluiu que o estágio mais sensível foi o ovo com três dias de idade, onde 50% e 100% da

mortalidade foram induzidas com a irradiação nas doses de 10 e 30 Gy, respectivamente. Também relatou que uma esterilização total de adultos foi obtida com uma dose de 100 Gy.

A radiosensibilidade para ovos de *Callosobruchus chinensis* não é diretamente proporcional ao aumento das doses de radiação gama, mas também está relacionada com a idade dos ovos [11]. Porém quando irradiaram ovos de *Acarus siro* com cinco idades diferentes com a dose de 30 Gy, os resultados mostraram variações na mortalidade e eclosão das larvas, e que ovos de 3 dias foram mais sensíveis, atribuíram os resultados a um maior índice de atividade fisiológica e mudança morfológica [17]. Quando ovos de *C. subinnotatus*, com 1 dia de idade foram expostos a doses de 30 e 50 Gy, não houve emergência, para larvas, já com 12 dias de idade após exposição de 50, 100, 150, 200 Gy todos foram mortos [18].

Dose (Gy)	Ovos irradiados	Adultos emergidos	Geração F <sub>1</sub>
0 (Controle)	20	18.0±1.1a	240.8±2.3a
25	20	0.0±0.0b	0.0±0.0b
50	20	0.0±0.0b	0.0±0.0b
75	20	0.0±0.0b	0.0±0.0b
100	20	0.0±0.0b	0.0±0.0b

Média ± desvio padrão com as mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de significância a 5%.

Tabela 1: Número médio de ovos irradiados com radiação gama de cobalto-60 e emergência de adultos de *Callosobruchus maculatus*.

Pelos resultados com as larvas irradiadas Tabela 2, podemos observar que a dose de 50 Gy foi suficiente para eliminar completamente as larvas. Mas a dose de 25 Gy não foi suficiente para induzir uma esterilização nos adultos emergidos. Esses resultados estão de acordo com [19] que determinou a radiosensibilidade de vários estágios do ciclo de vida de *Callosobruchus chinensis* (L.) e que larvas irradiadas com a dose de 20 Gy causaram 100% de mortalidade.



Dose (Gy)	Larvas irradiadas	Adultos emergidos	Geração F <sub>1</sub>
0 (Controle)	20	17.0±1.3a	261.4±2.1a
25	20	10.0±1.8b	99.8±1.9b
50	20	0.0±0.0c	0.0±0.0c
75	20	0.0±0.0c	0.0±0.0c
100	20	0.0±0.0c	0.0±0.0c

Média ± desvio padrão com as mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de significância a 5%.

Tabela 2: Número médio de larvas irradiadas com radiação gama de cobalto-60 e emergência de adultos de *Callosobruchus maculatus*.

Os resultados para o estágio de pupa, Tabela 3, mostram que o controle total não foi obtido com a maior dose de 100 Gy, evidenciando uma alta radiorresistência nesta fase em relação às fases de ovo e larva. Porém, a dose de 100 Gy foi suficiente para induzir uma esterilização nos adultos emergidos da geração paterna. Sendo esses resultados de acordo com [12] que determinou uma dose de 22,8 krad a letal para pupas e a esterilizante de 5 krad. E com resultados de [20] quando estudou a radiosensibilidade de *Callosobruchus chinensis*, determinou que doses de até 300 Gy eram suficientes para causar 100% de mortalidade na fase de pupa. Portanto pelos resultados obtidos e como sabemos uma população estéril é uma população extinta então para segurança do tratamento uma dose de 150 Gy sem sombra de dúvida deve ser utilizada para o tratamento de quarentena deste inseto no feijão Vigna.

Dose (Gy)	Pupas irradiadas	Adultos emergidos	Geração F <sub>1</sub>
0 (Controle)	20	18.0±1.1a	287.6±3.2 <sup>a</sup>
25	20	17.0±1.0a	156.9±2.3b
50	20	15.0±2.1b	77.9±1.9c
75	20	10.0±0.9c	23.4±2.1d
100	20	6.2±1.4d	0.0±0.0e

Média ± desvio padrão com as mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de significância a 5%.

Tabela 3: Número médio de pupas irradiadas com radiação gama de cobalto-60 e emergência de adultos de *Callosobruchus maculatus*.

## 4 | CONCLUSÃO

A dose de 50 Gy foi suficiente para controlar a emergência de adultos de *Callosobruchus maculatus* quando aplicada nas fases de ovos e larvas.

O estágio de pupa foi o mais resistente, não sendo totalmente controlado com as

doses aplicadas. Mas a dose de 100 Gy foi suficiente para induzir a esterilização em adultos da geração parental.

Para segurança do tratamento quarentenário para *C. maculatus* em feijão das cultivares Vigna uma dose de 150 Gy deve ser aplicada.

## REFERÊNCIAS

1. ARTHUR, V.; ARTHUR, P. B.; GAVA, M. A.; FRANCO, S. S. H.; MACHI, A. R. Uso de técnicas nucleares em entomologia no Brasil, In: BUSOLI, A. C. J. F. J.; GRIGOLLI, L. A.; KUBATA, M.; COSTA, E. N.; SANTOS, A. O.; NETTO, C.; VIANNA, A. **Tópicos em Entomologia**, 4<sup>th</sup> ed., Jaboticabal, São Paulo, 2012. p. 13-25.
2. ARTHUR, V.; MACHI, R. A.; MASTRANGELO, T. Ionizing Radiation in Entomology: In: NENOI, M. **Topics in Ionizing Radiation Research**, 2<sup>th</sup> Ed., In Tech., Kyoto, Japan, 2015. p. 213-234.
3. HUNTER, W. D. Results of experiments to determine the effects of roentgen upon insects. **Journal Economic Entomology**, v. 5, p. 118, 1912.
4. RUNNER, G. A. Effects of roentgen rays on the tobacco or cigarette beetle and results of experiments with a new form of roentgen tube. **Journal Agriculture Research**, v. 6, n. 11, p. 383-388, 1916.
5. HOSSAIN, M. M.; BROWER, J. H.; TILTON, E. W. Sensitivity to an acute gamma radiation exposure of successively irradiated generations of the cowpea weevil. **Journal Economic Entomology**, v. 65, n. 6, p. 1566-1568, 1972.
6. ARTHUR, P. B. **Emprego da radiação gama do Cobalto-60 na desinfestação de alguns tipos de rações para alimentação de animais de pequeno porte**. Dissertação de Mestrado IPEN, 68p. 2012.
7. ARTHUR, V. Controle de insetos pragas por radiações ionizantes. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 64, n.2, p. 77-79, 1997.
8. FOLLETT, P. A.; ESNOOK, K.; JANSON, A.; ANTONIO, B.; HARUKI, A.; OKUMURA, M.; BESEL, J. Irradiation quarantine treatment for control of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) in rice. **Journal Stored Products Research**, n. 52, p. 63-67, 2013.
9. HALLMAN, G. J. Control stored product pests by ionizing radiation. **Journal Stored Products Research**, v. 52, p. 36-41, 2013.
10. HUQUE, H.; KHAN, M. A. Possibilities of controlling *Callosobruchus subinnotatus* Pic (Bruchidae) by gamma rays. **Food Irradiation**. 4, 3: A<sub>2</sub>-A<sub>7</sub>, 1969.
11. RUANGOPAS, S. Studies on the use of gamma radiation in control of pea weevil *Callosobruchus chinensis*, L. **Insect Eradication by Irradiation**, v 75, p.18-30, 1966.
12. WALDER, J. M. M. **Alguns efeitos da radiação gama em *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1972) (Coleoptera, Bruchidae)**. Dissertação, Piracicaba, SP. p. 69, 1974.

13. BANHAN, E. J. The susceptibility of the confused flour beetle (*Tribolium confusum* Duv.) to gamma radiation. AERE-R 3888, Wantage **Research Laboratory**, Berkshire, England, 8p, 1962.
14. NAIR, K. K.; Subramanyan, G. Effects of variable dose-rates on radiation damage in the rust red flour beetle, *Tribolium castaneum* Herbst. Radiation and radioisotopes applied to insects of agricultural importance. **Proceedings of a Symposium, IAEA**, p.425-429, 1963.
15. SAS Institute. SAS user'sguide: Statistics. Version 8.0. Cary: SAS, 1999.
16. NEHARIN, A.; CALDERON, M.; YACOBY, O. Susceptibility of *Callosobruchus maculatus* to high dose-rate gamma irradiation. **A preliminary study IA-1010, Israel Atomic Energy Comission**. p.11, 1965.
17. BROWN, D. A; DAVIS, R. Sensitivity of grain mite eggs to gamma radiation as influenced by dose-rate and treatment age. **Journal Economic Entomology**, v 65, 6: 1619-1621, 1972.
18. HUQUE, H.; KHAN, M. A. Possibilities of controlling *Callosobruchus subinnotatus* Pic (Bruchidae) by gamma rays. **Food Irradiation**. 4, 3: A<sub>2</sub>-A<sub>7</sub>, 1969.
19. QURASHI, M. S.; METIN, M. Radiosensitivity of various stages of *Callosobruchus chinensis* L., radiation and radioisotopes applied to insects of agricultural importance. **PROCEEDINGS OF A SYMPOSIUM, IAEA - ATHENS**. IAEA Vienna, 1963.
20. NATSUYAMA, A. Recent advances in food irradiation research in Japan. **Fod Irradiation PROCEEDINGS OF A SYMPOSIUM, IAEA - KARLSRUCHE**, IAEA, Vienna, 1966.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**DANIELA REIS JOAQUIM DE FREITAS** - Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2000), com mestrado em Biologia Celular e Molecular (2002), doutorado em Ciências (2006) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Durante o mestrado e o doutorado trabalhou diretamente com biologia celular e molecular e bioquímica, na clonagem e expressão de genes do carrapato *Rhipicephalus (boophilus) microplus*. Também trabalhou com morte celular e estresse oxidativo no carrapato. Fez Pós-doutorado na área de Ciências Médicas - Farmacologia (2007) na Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre. Atualmente é professora e líder do Grupo de Estudos em Microbiologia e Parasitologia (NUEMP) no Departamento de Parasitologia e Microbiologia, e membro do Núcleo de Pesquisa em Prevenção e Controle de Infecções em Serviços de Saúde (NUPCISS) na Universidade Federal do Piauí. Também é docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Enfermagem - PPGEnf-UFPI. Tem experiência nas áreas de Biologia Celular e Molecular, Imunologia, Parasitologia, Microbiologia e Farmacologia Experimental e tem linhas de pesquisa em Controle de Infecções em Serviços de Saúde, Infecções comunitárias e Educação em Saúde.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adolescentes 6, 9, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 168, 170, 171, 172, 173, 174, 176, 177, 179  
Amostras de ar 49, 51  
Antixenose 59  
Antracnose 117, 118, 119, 120, 122, 124  
Antropometria 168, 170, 179  
Aparelho respiratório 1  
*Aspergillus* 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 103, 127, 128, 131, 132, 133, 135, 137  
Assistência à saúde 10, 82

### B

Barreira fitossanitária 108  
Biodiesel 86, 87, 88, 89, 93, 94, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107  
Bioindicadores (*bioindicators*) 37, 38, 39, 167  
Biomassas 139, 141, 143, 156  
Biorreator tipo cesto 86, 100

### C

*Campomanesia* (Myrtaceae) 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66  
*Carica papaya* 118, 124, 125, 126  
Caruncho 182  
Centro cirúrgico 78, 79, 80, 82, 83, 84, 85  
Cerrado 139, 140, 141, 142, 143, 147, 149, 150, 153, 155, 156, 157  
Clima (*climate*) 19, 20, 25, 26, 27, 70, 102, 147  
*Cochliomyia hominivorax* 68, 69, 70, 74, 75, 76  
*Colletotrichum okinawense* 117, 118, 119, 121, 122, 123, 124  
Cosméticos 139, 140, 141, 142, 143, 144, 152, 153, 156

### D

*Dermatobia hominis* 68, 69, 70, 74

### E

Educação em saúde 30, 31, 32, 33, 35, 36, 179, 189  
Ensino de botânica 159, 167  
Ensino de ciências 159

Espectrometria de massas 49, 54, 55

Estudantes de medicina 10, 11, 15, 16

## F

Fibrose cística 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

Foraminífera 22, 23, 24, 27, 28, 29, 37, 38, 39, 40, 41, 44, 45, 46, 47, 48

Fungos toxigênicos 128, 137

## H

Humanização 77, 78, 79, 80, 82, 83, 84, 85

## I

Impacto socioambiental 139

Inseticidas botânicos 59

## J

*Jatropha curcas* L. 86, 87, 89, 90, 93, 94, 100, 102, 103, 104, 105, 106

## L

Leguminosas 182

Lipase 86, 87, 89, 90, 91, 92, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107

## M

Metabolismo 63, 108, 114, 161, 168, 169

Micotoxinas 127, 128, 135

## O

Oceanografia (*oceanographic*) 22, 29, 37, 38, 39, 45

Ovipoosição 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 162

## P

Paleoceanografia (*paleoceanography*) 19, 20, 39, 46

*Plutella xylostella* 58, 59, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67

Pragas agrícolas 59, 60, 108, 161

Pragas quarentenárias 108, 111, 116

Promoção da saúde 10, 16, 31

*Pseudomonas aeruginosa* 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9

## R

Radiação ionizante 113, 181, 182, 183, 184

## T

Triglicerídeos 88, 89, 168, 169, 171, 172, 173, 174, 176, 177





## V

Valorização da vida 31, 32, 33



# CIÊNCIAS BIOLÓGICAS:

Gênese na formação multidisciplinar

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)





  
Editora  
Ano 2021





# CIÊNCIAS BIOLÓGICAS:

Gênese na formação multidisciplinar

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

  
Ano 2021