

CIÊNCIAS AGRÁRIAS

 EDITORA
SCIENCE
ANO 2022

ORGANIZADORES
CARLIANE REBECA COELHO DA SILVA
IGOR LUIZ VIEIRA DE LIMA SANTOS



AGROECOLOGIA



E A PRESERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE

1ª

Edição

WWW.EDITORASCIENCE.COM.BR

CIÊNCIAS AGRÁRIAS

ORGANIZADORES
CARLIANE REBECA COELHO DA SILVA
IGOR LUIZ VIEIRA DE LIMA SANTOS



AGROECOLOGIA



E A PRESERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE

1ª

Edição

WWW.EDITORASCIENCE.COM.BR

Campina Grande-PB-Brasil

 EDITORA
SCIENCE
ANO 2022

Todos os Direitos Desta Edição Reservados à

© 2022 EDITORA SCIENCE

Av. Marechal Floriano Peixoto. 5000.

Campina Grande, PB, 58434-500.

CNPJ: 42.754.503/0001-00

REGISTRO CBL (Câmara Brasileira do Livro)

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Agroecologia e a preservação do meio ambiente
[livro eletrônico] / organização Carliane
Rebeca Coelho da Silva, Igor Luiz Vieira de
Lima Santos. -- Campina Grande, PB :
Ed. dos Autores, 2022.
PDF.

Vários colaboradores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-00-45101-6

1. Agricultura sustentável 2. Agroecologia
3. Agronegócio 4. Ciências agrárias 5. Meio
ambiente 6. Preservação ambiental
7. Sustentabilidade ambiental I. Silva,
Carliane Rebeca Coelho da. II. Santos, Igor Luiz
Vieira de Lima.

22-110941

CDD-630.275

Índices para catálogo sistemático:

1. Agricultura sustentável 630.275

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129



<https://doi.org/10.56001/22.9786500451016>

Para consulta na CBL acesse: <https://www.cbllservicos.org.br/isbn/pesquisa/>



Editora–Chefe

Pós-Dra. Carliane Rebeca Coelho da Silva

Editores Organizadores

Pós Dra. Carliane Rebeca Coelho da Silva

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos

Editoração e Diagramação

Corpo Técnico da Editora Science

Revisão Principal/Por Pares

Os Autores / Revisores *Ad Hoc* / Corpo Editorial / Organizadores

Revisão Final

Pós-Dra. Carliane Rebeca Coelho da Silva

Programas Registrados de Design

©Canva Pro Registered Design



Copyright © 2022 Editora Science

Copyright Textual © 2022 Os autores

Copyright da Edição © 2022 Editora Science

Todos os Direitos e os Termos de Cessão de Direitos Autorais para esta edição foram cedidos à Editora Science pelos próprios autores.

Declaração de Direitos

Todos os direitos reservados.

Qualquer parte deste livro pode ser reproduzida, transmitida de qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico, mecânico, fotocópia, microfilmagem, gravação ou de outra forma, desde que citada a fonte. Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Todos os artigos de autoria inédita, revisão, comentários, opiniões, resultados, conclusões ou recomendações são de inteira responsabilidade do(s) autor(es), e não refletem necessariamente as opiniões dos editores e/ou da empresa.

Para cópias impressas, para compras em massa e/ou informações sobre este e outros títulos da © Editora Science, entre em contato com a editora pelo telefone: Tel.: +55-83-991647953; E-mail: contato@editorascience.com ou editorascience@gmail.com

Siga nossas redes sociais fique por dentro das novidades e amplie o alcance dos nossos livros:

Facebook: <http://www.facebook.com/editorascience>

Instagram: <https://www.instagram.com/editorascience>

© 2022 EDITORA SCIENCE

Editora-Chefe:

PÓS-DRA. CARLIANE REBECA COELHO DA SILVA (EDITORA-CHEFE)

Gerente Editorial:

PROF. DR. IGOR LUIZ VIEIRA DE LIMA SANTOS (UFCG)

Conselho Editorial:

PÓS-DRA. CARLIANE REBECA COELHO DA SILVA (EDITORA-CHEFE)

PROF. DR. IGOR LUIZ VIEIRA DE LIMA SANTOS (UFCG)

DRA. LUCIANA AMARAL DE MASCENA COSTA (UFRPE)

PÓS-DRA. AYRLES FERNANDA BRANDÃO DA SILVA (UFCE)

Corpo Editorial:

PÓS-DRA. CARLIANE REBECA COELHO DA SILVA (EDITORA-CHEFE)

PÓS-DRA. AYRLES FERNANDA BRANDÃO DA SILVA (UFCE)

DR. IGOR LUIZ VIEIRA DE LIMA SANTOS (UFCG)

DRA. LUCIANA AMARAL DE MASCENA COSTA (UFRPE)

DRA. FERNANDA MIGUEL DE ANDRADE (FIS)

DRA. WELMA EMÍDIO DA SILVA (FIS)

MSc. LÚCIA MAGNÓLIA A. SOARES DE CAMARGO (UNIFACISA)

DR. JOSÉ OLÍVIO LOPES VIEIRA JÚNIOR (UENF)

DRA. FRANCIELI DE FATIMA MISSIO (UFSM)

PÓS-DR. CRISTIANO CUNHA COSTA (UFS)

DR. MILTON GONÇALVES DA SILVA JUNIOR (UNIARAGUAIA)

MSc. MARCELO SALVADOR CELESTINO (UNESP)

DR. GABRIEL PARISOTTO (UNISUAM)

DR. MARCUS VINICIUS PERALVA SANTOS (IFTO)

DR. LUIZ ALEXANDRE VALADÃO DE SOUZA (SME-RJ)

PÓS-DRA. MICHELE APARECIDA CERQUEIRA RODRIGUES (UFLO)

LICENSE PUBLICATION DETAILS

Copyright © 2022 Editora Science

Copyright Notice

All content in this work, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0) license which permits copying, distribution, and adaptation of the work, provided the original work is properly cited and any changes from the original work are properly indicated. Any altered, transformed, or adapted form of the work may only be distributed under the same or similar license to this one.

© 2022 by Carliane Rebeca Coelho da Silva is licensed under Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International 



**Attribution-NonCommercial-
NoDerivatives 4.0 International
(CC BY-NC-ND 4.0)**

HOW CITE THIS BOOK:

NLM Citation

Silva CRC, Santos ILVL, editor. *Agroecologia e a Preservação do Meio Ambiente*. 1st ed. Campina Grande (PB): Editora Science; 2022.

APA Citation

Silva, C. R. C. & Santos, I. L. V. L. (Eds.). (2022). *Agroecologia e a Preservação do Meio Ambiente* (1st ed.). Editora Science.

ABNT Brazilian Citation NBR 6023:2018

SILVA, C. R. C.; SANTOS, I. L. V. L. **Agroecologia e a Preservação do Meio Ambiente** 1. ed. Campina Grande: Editora Science, 2022.

WHERE ACCESS THIS BOOK:

www.editorascience.com.br/

<https://sites.google.com/view/editorascience/E-Books>

Sumário

CAPÍTULO 1	1
BIOCLIMATOLOGIA ASSOCIADA AO BEM-ESTAR DA ESPÉCIE DE PEIXE TAMBAQUI PRODUZIDA EM CATIVEIRO NO ESTADO DE RORAIMA	1
BIOCLIMATOLOGY ASSOCIATED WITH THE WELFARE OF THE TAMBAQUI FISH SPECIES PRODUCED IN CAPTIVITY IN THE STATE OF RORAIMA	1
DOI: https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.01	1
Eliza Ribeiro Costa	1
CAPÍTULO 2	18
PRODUTOS NATURAIS COMO ALTERNATIVA NO CONTROLE DE PRAGAS E DOENÇAS	18
NATURAL PRODUCT AS NA ALTERNATIVE IN CONTROL OF PESTS AND DISEASES	18
DOI: https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.02	18
Djanildo Francisco da Silva Júnior	18
Lucas Silva de Oliveira	18
Josenildo Laurentino Carneiro	18
Mileny dos Santos de Souza	18
CAPÍTULO 3	29
USO DE UM EXTRATOR ARTESANAL PARA OBTENÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS	29
USE OF AN ARTISAN EXTRACTOR TO OBTAIN ESSENTIAL OILS	29
DOI: https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.03	29
Michele Sousa Travassos Torres	29
Rita de Cássia Rodrigues Gonçalves Gervásio	29
Yury Jansen Soares Siqueira Torres	29
CAPÍTULO 4	47
PROGRAMAS DE MELHORAMENTO GENÉTICO COM ENFOQUE PARTICIPATIVO	47
GENETIC IMPROVEMENT PROGRAMS WITH PARTICIPATORY APPROACH	47
DOI: https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.04	47
Demerson Arruda Sanglard	47
Ana Carolina Ataíde Silveira	47
Jefferson Joe Moreira Alves	47
Luan Souza de Paula Gomes	47
Matheus Henrique Teixeira	47
Phelipe Souza Amorim	47
Flávia Échila Ribeiro Batista	48
CAPÍTULO 5	63

EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO ÓLEO DE RESÍDUOS DE PEIXES MARINHOS COMERCIALIZADOS EM SÃO LUÍS-MA	63
EXTRACTION AND PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF OIL FROM MARINE FISH WASTE COMMERCIALIZED IN SÃO LUÍS-MA	63
DOI: https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.05	63
Fabiana Frazão Frazão	63
Ricardo Henrique Nascimento Frazão	63
Karen Caroline Cantanhede Chaves	63
Benesson Nascimento Almeida	63
Gessiane de Jesus Lima Sanches	63
Fernanda Carneiro Bastos	64
Cáritas de Jesus Silva Mendonça	64
Adeilton Pereira Maciel	64
CAPÍTULO 6	73
<hr/>	
INTERSECÇÕES ENTRE CIDADANIA E MEIO AMBIENTE: NOVOS DIREITOS E ATORES AMBIENTAIS	73
INTERSECTIONS BETWEEN CITIZENSHIP AND THE ENVIRONMENT: NEW RIGHTS AND ENVIRONMENTAL ACTORS	73
DOI: https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.06	73
Reinaldo Dias	73
CAPÍTULO 7	94
<hr/>	
CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE MILHO (<i>ZEAMAYS L.</i>) EM DIFERENTES SUBSTRATOS ORGÂNICOS	94
INITIAL GROWTH OF CORN SEEDLINGS (<i>ZEAMAYS L.</i>) IN DIFFERENT ORGANIC SUBSTRATES	94
DOI: https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.07	94
Damiana Amancio de Souza	94
Leone Ricardo de Carvalho Santana	94
Luiz Edmundo Cincura de Andrade Sobrinho	94
Sandra Selma Marques de Souza	94
Emerson Dechechi Chambó	94
CAPÍTULO 8	103
<hr/>	
CONSÓRCIO DE PLANTAS	103
INTERCROPPING	103
DOI: https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.08	103
Magna Maria Macedo Nunes Costa	103
Consórcio em fileiras:	107
Consórcio em faixas:	107
Consórcio em aleias:	108
Consórcio de substituição:	109
Consórcio temporário:	110

Consórcio misto:	110
Consórcio com planta armadilha:	111
Consórcio com planta-guarda:	112
Consórcio com repelente:	113
Consórcio com Plantas “Atrai-Repele”:	113

CAPÍTULO 9 **118**

TOLERÂNCIA DE PLANTAS A METAIS PESADOS	118
PLANT TOLERANCE TO HEAVY METALS	118
DOI: https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.09	118
Magna Maria Macedo Nunes Costa	118
Quelação	123
- Fitoquelatinas	123
- Metalotioneínas	124
- Ácidos Orgânicos e Aminoácidos	124
Compartimentalização	125

CAPÍTULO 10 **129**

REDUÇÃO DA ECLOSÃO DE <i>MELOIDOGYNE INCOGNITA</i> POR COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS DE BACTÉRIAS	129
REDUCTION OF MELOIDOGYNE INCOGNITA SHATTERING BY VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS FROM BACTERIA	129
DOI: https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.10	129
Lorena Gracielly de Almeida Souza	129
Regina Cassia Ferreira Ribeiro	129
Maria Josiane Martins	129
Renato Martins Alves	129
Natan Cantuária Nunes	129
Mariany de Jesus Limas	130
Isabela Oliveira Santos	130
Adelica Aparecida Xavier	130
Dayane Isabelle Chaves Neres	130
Gabriel Ribeiro Mendes	130

CAPÍTULO 11 **142**

MICROORGANISMOS HALOTOLERANTES: ESTRATÉGIAS PARA MITIGAÇÃO DO ESTRESSE SALINO NA AGRICULTURA	142
HALOTOLERANT MICROORGANISMS: STRATEGIES FOR MITIGATION OF SALINE STRESS IN AGRICULTURE	142
DOI: https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.11	142
Dalila da Costa Gonçalves	142
Wilian Rodrigues Ribeiro	142
Serli de Oliveira Cabral	142

Vanessa Sessa Dian	142
Pedro Henrique de Paula	142
Breno Benvindo dos Anjos	142
Fabio Ramos Alves	143
Willian Bucker Moraes	143
Laiane Silva Maciel	143
André da Silva Xavier	143

CAPÍTULO 12 **157**

LEVANTAMENTO DE PARASITAS GASTROINTESTINAIS DE BEZERROS CRIADOS EM ÁREAS DE VÁRZEA	157
SURVEY OF GASTROINTESTINAL PARASITES IN CALVES REARED IN FLOODPLAIN AREAS	157
DOI: https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.12	157
Isabella De Oliveira Bêta	157
Kedson Alessandri Lobo Neves	157
Lucas Raphael Mourão Gonçalves	157
Paulo Sergio Taube Júnior	157
Jocinei Dos Santos	157
Gustavo Hallwass	157
Larissa Andréia Ferreira Sampaio	158
Gustavo da Silva Claudiano	158
Jeniffer Gomes da Silva	158
Giovanna Thaís Vieira Pimentel	158

CAPÍTULO 13 **167**

EFEITO DE EXTRATO DE <i>K. ALVAREZII</i> NO DESEMPENHO DA RÚCULA EM SISTEMA DE CULTIVO HIDROPÔNICO	167
EFFECT OF <i>K. ALVAREZII</i> EXTRACT ON ARUGULA PERFORMANCE IN HYDROPONIC GROWING SYSTEM	167
DOI: https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.13	167
Clarissa Castoldi Facco	167
Nataniel de Oliveira Amarante	167
Fernando Luis Diniz D'Avila	167
Raphael Ramon Buch	167
Adriel da Silva Alves	167
Christiane Fernandes de Oliveira	168
Elelan Vitor Machado	168
Vitória dos Santos Alves	168
Leonardo Khaoê Giovanetti	168
Victor Roberto da Silva	168

CAPÍTULO 14 **176**

RESTAURAÇÃO FLORESTAL COM FOCO NA MATA ATLÂNTICA: SÍNTESE DAS PRINCIPAIS TÉCNICAS E RESULTADOS ATRAVÉS DE RESENHAS BIBLIOGRÁFICAS	176
FOREST RESTORATION WITH A FOCUS ON THE ATLANTIC FOREST: SYNTHESIS OF KEY TECHNIQUES AND RESULTS THROUGH BIBLIOGRAPHIC REVIEWS	176
DOI: https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.14	176
Nataniel de Oliveira Amarante	176
Clarissa Castoldi Facco	176
Christiane Fernandes de Oliveira	176
Raphael Ramon Buch	176
Adriel da Silva Alves	176
Fernando Luis Diniz D'Avila	176
Elelan Vitor Machado	177
Jorge Andres Betancur Gonzalez	177
Paulo Henrique da Silva Câmara	177
Euvaldo de Sousa Costa Junior	177

CAPÍTULO 15 **192**

A EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA PERSPECTIVA DO TRATAMENTO ALTERNATIVO DE ÁGUA A PARTIR DA MORINGA OLEIFERA EM ESCOLAS MUNICIPAIS DO CAMPO: UMA REVISÃO DA LITERATURA	192
ENVIRONMENTAL EDUCATION FROM THE PERSPECTIVE OF ALTERNATIVE WATER TREATMENT FROM MORINGA OLEIFERA IN RURAL MUNICIPAL SCHOOLS: A LITERATURE REVIEW	192
DOI: https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.15	192
Bruna Daniele Mendes de Sousa	192
Luiza Garziera	192
Elielma Santana Fernandes	192
Uitamara dos Santos	192
Dayvid Fernando Carvalho de Queiroz	192
Wellington Dantas de Sousa	193

CAPÍTULO 16 **205**

PUBLIQUE COM A SCIENCE EM FLUXO CONTÍNUO	205
PUBLISH WITH SCIENCE IN CONTINUOUS FLOW	205
DOI: https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.16	205
AUTORES	205
AUTORES	205
AUTORES	205

SOBRE OS ORGANIZADORES DO LIVRO DADOS CNPQ: **206**

PREFÁCIO À 1ª EDIÇÃO

A agroecologia é um sistema diferenciado da agricultura convencional, ela surgiu com uma nova proposta de produção. Procurando o respeito aos sistemas biológicos, bem como a produtividade e a diversificação da agricultura. A agroecologia é o nome por trás de uma nova agricultura que caminha de modo mais preocupado com o meio ambiente, mas sem perder o foco na produtividade tão presente na agricultura convencional.

A agroecologia é uma alternativa sustentável. Vários desafios são impostos em diferentes níveis desde o global até o local como tempestades, clima adverso, inundações, degradação do solo, diminuição da biodiversidade, de um lado a desnutrição dos indivíduos e de outro a obesidade. Nesse sentido, a agroecologia é universal abarcando desde o organismo até o sistema e as condições abióticas onde ele está inserido.

A agroecologia busca ajustar as práticas de sistemas agrícolas insustentáveis, a preservação do meio ambiente buscando transformar os sistemas alimentares e agrícolas, abordando a causa raiz dos problemas de uma forma integrada e fornecendo soluções holísticas e de longo prazo. Isso inclui um foco explícito nas dimensões sociais e econômicas de sistemas alimentares.

O que é a Agroecologia?

Agroecologia é um termo genérico que cobre muitas práticas agrícolas com as quais você pode estar mais familiarizado, como orgânica, biodinâmica e permacultura. Mas vários são os conceitos por trás dos objetivos da agroecologia.

De modo bem básico a agroecologia é um modelo de agricultura alternativa baseada na integração e aplicação de conceitos ecológicos e sustentáveis na produção de alimentos.

Além de considerar o manejo responsável dos recursos naturais, o modelo da agroecologia constitui um campo de conhecimento científico, que integra os saberes históricos dos agricultores com o avanço da ciência.

Sabemos que os sistemas de cultivo intensivo contribuem para diversos problemas. Eles exaurem os recursos naturais com foco em ganhos de curto prazo em vez da sustentabilidade a longo prazo que funciona melhor para a terra, a vida selvagem e as comunidades locais.

*Boa leitura.
Os Organizadores*

CAPÍTULO 1

BIOCLIMATOLOGIA ASSOCIADA AO BEM-ESTAR DA ESPÉCIE DE PEIXE TAMBAQUI PRODUZIDA EM CATIVEIRO NO ESTADO DE RORAIMA

BIOCLIMATOLOGY ASSOCIATED WITH THE WELFARE OF THE TAMBAQUI FISH SPECIES PRODUCED IN CAPTIVITY IN THE STATE OF RORAIMA

DOI: <https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.01>

Submetido em: 22/01/2022

Revisado em: 10/05/2022

Publicado em: 25/05/2022

Eliza Ribeiro Costa

Centro Universitário Estácio da Amazônia, Departamento de Ciências e Saúde, Boa

Vista-RR

<http://lattes.cnpq.br/5814509042103811>

Resumo

O tambaqui, principal espécie nativa cultivada no país, possui uma série de características zootécnicas favoráveis que justificam seu cultivo crescente e importância econômica para a piscicultura nacional. Apresenta uma dentição poderosa, adaptada para quebrar as duras castanhas que fazem parte de sua dieta. Em suas brânquias, podem ser observados espinhos longos e finos. Possui nadadeira adiposa curta, com raios na extremidade e dentes molariformes. Seu nome científico é *Colossoma macropomum* e é a espécie mais comercializada em Roraima, representando mais de 90% da produção em cativeiro, sendo o restante (10%) basicamente referente à produção de matrinxã. Trata-se de um peixe onívoro, ou seja, se alimenta tanto de matéria vegetal como animal com preferência por sementes de castanheiras e de palmeiras. Alimenta-se também de plâncton, frutas, insetos aquáticos, caracóis, sementes e grãos de cereais, pequenos peixes, folhas e brotos de plantas aquáticas.

Palavras-chave: Tambaqui, Roraima, onívoro

Abstract

The tambaqui, the main native species cultivated in the country, has a series of favorable zootechnical characteristics that justify its growing cultivation and economic importance for national fish farming. It features powerful dentition, adapted to break down the tough nuts that are part of its diet. In its gills, long and thin spines can be observed. It has a short adipose fin, with rays at the tip and molar-like teeth. Its scientific name is *Colossoma macropomum* and it is the most commercialized species in Roraima, representing more than 90% of the production in captivity, with the remainder (10%) being related to the

production of matrinxã. It is an omnivorous fish, that is, it feeds on both plant and animal matter, with a preference for chestnut and palm seeds. It also feeds on plankton, fruits, aquatic insects, snails, seeds and cereal grains, small fish, leaves, and sprouts of aquatic plants.

Keywords: Tambaqui, Roraima, omnivore.

Introdução

O Brasil apresenta enorme potencial para atividades que envolvem a aquicultura, em especial o desenvolvimento da piscicultura, como: condições naturais adequadas, clima favorável, matriz energética, seus mais de oito mil quilômetros de extensão costeira, além de sua dimensão territorial, que possui aproximadamente, 13% da água doce disponível no planeta terra, sendo esta renovável. Além dessas características, podemos contar ainda com grande diversidade de biomas e a imensa biodiversidade, que abriga várias espécies com potencial zootécnico (ROCHA *et al.*, 2013).

Atualmente, dos pescados originários do cultivo, 82% correspondem a piscicultura praticada em água doce, sendo a restante atribuída as outras atividades da aquicultura. Na última década, o cenário brasileiro da aquicultura, teve um crescimento médio de 10% ao ano, contra um crescimento mundial de 6% ao ano no mesmo período (KUBITZA, 2012). Nesse contexto, a piscicultura vem crescendo cada vez mais, acima do desempenho geral, superando a produção das outras fontes de proteína animal, sinalizando que o brasileiro apresenta uma tendência em aumentar o consumo de peixes. Um indicativo muito forte disso, é que além de todas as condições favoráveis, a produção nacional não atende a demanda interna, sendo preciso, ainda, importar o pescado para atender as necessidades alimentares da população (BORGHETTI, 2003).

A escolha da espécie no momento do estabelecimento da criação é muito importante, principalmente em relação ao manejo que deve ser dada para tal. O tambaqui (*Colossoma macropomum*) tem uma ótima adaptabilidade ao clima tropical, suportando grandes variações na água de cultivo, uma alimentação vasta e uma ótima aceitação por parte do mercado consumidor. É uma das espécies preferidas para se criar no Norte do país por conta da sua rusticidade. No estado de Roraima, é a mais cultivada e responsável por alavancar os índices de produção relacionados à aquicultura. Considerando-se o potencial de cultivo de espécies nativas, verifica-se que há uma grande aceitação regional do tambaqui criado na região norte (MELO *et al.*, 2001; IZEL; MELO, 2004).

Nesse contexto, a presente pesquisa tem como objetivo avaliar o desempenho de alevinos de tambaqui, submetidos a diferentes ciclos de jejum e realimentação.

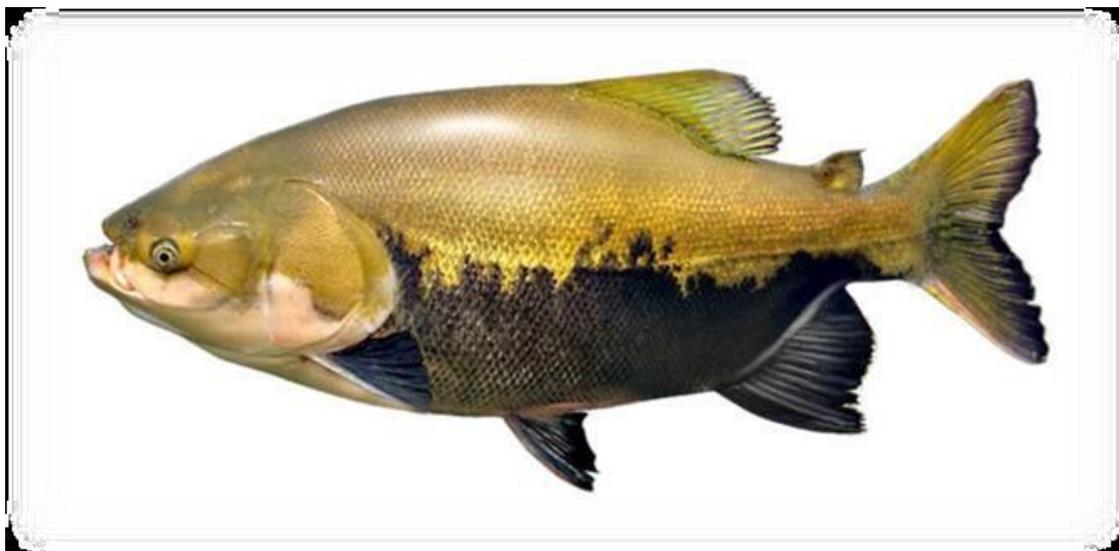
Metodologia

A metodologia adotada para confecção deste artigo de revisão bibliográfica consistiu na análise de pesquisas científicas do banco de dados da EMBRAPA, artigos de revistas (nacionais e internacionais), dissertações de mestrado, disponíveis no Portal SCIELO, Portal de Periódicos da CAPES e O Anuário Brasileiro da Piscicultura PEIXE BR 2018 da Associação Brasileira da Piscicultura. coleta de dados a partir das pesquisas em portais e sites oficiais, particularmente aqueles que apresentam os indicadores de desenvolvimento do Polo Regional de Ariquemes visando organizar os recortes da pesquisa e, depois, apurar os demais dados até se verificar se há ou não desenvolvimento sustentável.

Fundamentação Teórica

A Piscicultura praticada no estado Roraima consiste na produção de peixes nativos, em especial o Tambaqui, e em menor escala a Matrinchã e o Pirarucu, entre outras espécies. No ano de 2017, o estado teve uma produtividade de 16 mil toneladas, no estado praticasse o sistema de criação semi-intensivo, sendo na sua maioria, em tanques escavados ou represos, os produtores da região têm níveis diversificados de tecnificações, bem como clima, temperatura e estações de chuva e seca bem definidas, solos com topografia fácil de serem realizadas técnicas de manejo, características essas que se configuram vantagens competitivas do estado na produção de peixes em cativeiro (PEIXE BR, 2018). Tambaqui (*Colossoma macropomum*, Curvier 1818,) A espécie Tambaqui na atualidade é considerada a mais produzida na região norte do Brasil, vali frisar que todos os países amazônicos praticam seu cultivo (IZEL *et al.*, 2014).

Figura 1: Espécie Tambaqui (*Colossoma macropomum*).



Fonte: IGFA (2007).

Essa espécie de peixe é da ordem Characiformes, pertencente à família Serrasalmidae é nativo dos rios Amazonas, Orinoco e seus afluentes (GERY, 1977). O tambaqui pode alcançar porte de mais de 100 cm de comprimento e peso superior a 30 kg, o mesmo sendo encontrado em ambiente natural com até 1,15 metros de comprimento e 44 kg, atingindo maturidade sexual entre o 4º e 5º ano de idade (INPA, 2010), e em cativeiro em 3 anos (GOMES, 2005).

- **A piscicultura e o tambaqui**

A aquicultura está se expandindo para atender a demanda mundial por pescado, cujo consumo aumentou de uma média de 9,9 Kg em 1960 para 19,7 Kg por pessoa em 2013 (FAO, 2016). No Brasil, a criação de peixes redondos, como o tambaqui, o pacu (*Piaractus mesopotamicus*), a pirapitinga (*P.brachypomus*) e seus híbridos, exibiu um crescimento notável entre os anos de 2013 e 2014, igualando-se à produção de tilápia (*Oreochromis niloticus*) que foi da ordem de mais 180mil toneladas (PEDROZA FILHO, 2016). E dentre os peixes redondos, a principal espécie nativa que se destaca neste cenário é o tambaqui, representando 137 mil toneladas e 27% do total de peixes produzidos no País (IBGE, 2016).

O tambaqui é uma espécie oriunda das bacias dos rios Amazonas e Orinoco, e apresenta características desejáveis para a piscicultura, pois é de fácil adaptação às

condições e sistemas de criação (DA SILVA; FUJIMOTO, 2015), tem aceitação e bom aproveitamento de rações, rápido crescimento, carne de elevado valor nutricional e apreciada pelo mercado consumidor. Além disso, a espécie possui hábito alimentar onívoro o que possibilita a utilização de uma grande variedade de ingredientes na formulação de suas rações, ainda possuía habilidade em filtrar e aproveitar o alimento natural (plâncton) e tolera baixos níveis de oxigênio dissolvido na água (CAMPOS *et al.*, 2015).

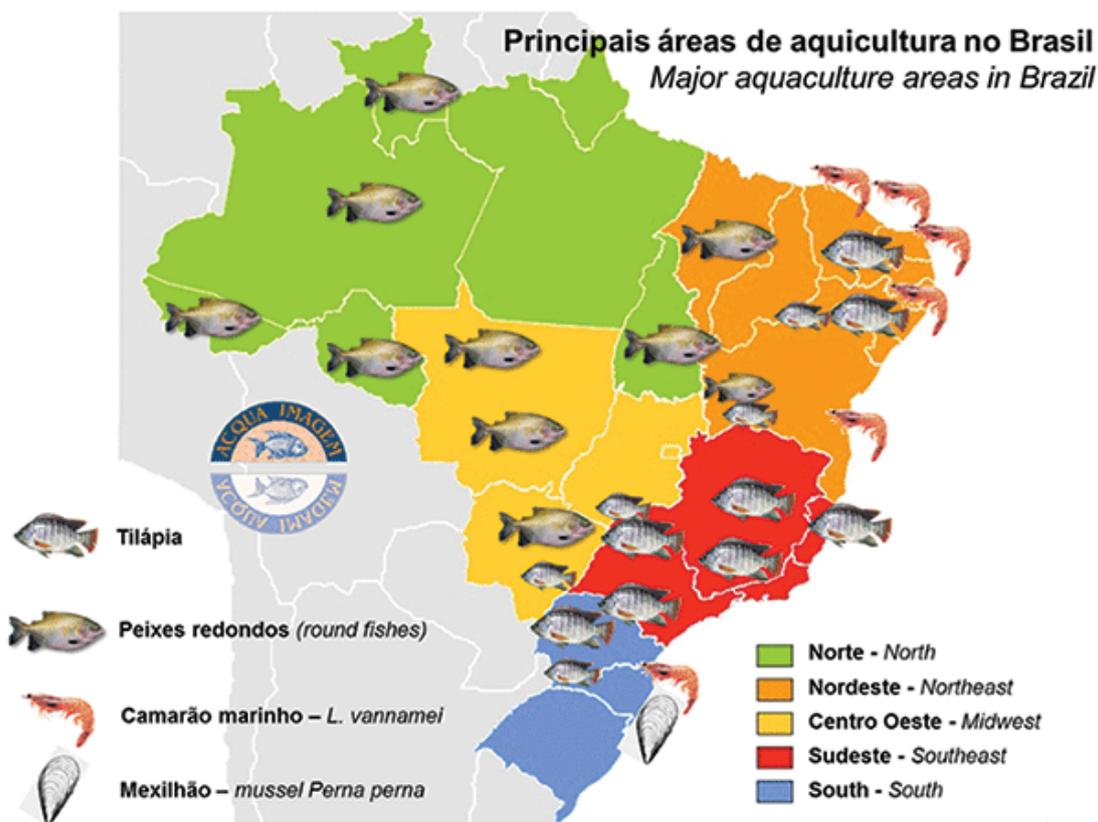
O tambaqui é reconhecido como o segundo maior peixe de escamas da Amazônia, podendo chegar até 30 quilos de peso e 1,5 metros comprimento durante seu ciclo de vida na natureza (GOULDING; CARVALHO, 1982). Quando manejado em diferentes sistemas de criação, apresenta conversão alimentar aparente entre 1,2 e 1,6 em viveiros e 2,9 quando criados em tanque rede, com produtividade superior a 10 mil Kg/ha ao final do ciclo produtivo em 12 meses (IZEL; MELO, 2004; CHAGAS, *et al.*, 2005; CAVERO, *et al.*, 2009).

O tambaqui é apreciado em toda a região Norte do país, especialmente pela população de Manaus, uma cidade com aproximadamente 2,3 milhões de habitantes. Somente em Manaus, são consumidos anualmente mais de 17 Kg de tambaqui/habitante/ano e deste valor, 95% é proveniente da piscicultura (SEBRAE, 2015; CAMPOS *et al.*, 2015).

Para Kubitzka (2007), até o ano de 2020, a expectativa de especialistas da área é que a aquicultura seja responsável, em média, por 70% da oferta de pescado destinados ao consumo humano. Com isso, possui como principal desafio atender esse considerável aumento na demanda, que é impulsionado tanto pela crescente população mundial, como pelo aumento do consumo de pescado per capita que já foi observado nos últimos anos.

Nas últimas quatro décadas houve um aumento considerado no consumo de peixes, justificados pelo aumento na demanda e na mudança no hábito alimentar da população em geral, que vem buscando, cada vez mais, produtos com o perfil nutricional adequado. Com isso, sabe-se que a pesca extrativista não consegue mais atender esse aumento na demanda do setor, gerando uma tendência em aumentar e melhorar a aquicultura no país (CREPALDI *et al.*, 2006).

- **Mapa de distribuição das raças**



Fonte: Acqua Imagem

- **Data documental de introdução da raça**

O tambaqui, dentre as espécies nativas brasileiras, é a que atualmente recebe maior destaque na piscicultura do Brasil, sendo bastante apreciada também entre os países Latino-Americano (BARÇANTE; SOUSA, 2015), se tornando cada vez mais popular entre os consumidores graças ao seu sabor que é considerado atrativo (BORGES, 2013). É um peixe de clima tropical, nativo das bacias dos rios Orinoco, Amazonas e seus principais afluentes. É conhecido por diversos nomes populares como bocó ou ruelo (quando na fase juvenil), gamitama, cachama e cachama negra (SOUZA; IMBIRIBA, 1978). Sendo Considerado o maior characiformes da região, pertencente à família Characidae e subfamília Serrasalminae (ARAÚJO-LIMA; GOULDING, 1998).

O tambaqui é o peixe mais cultivado no Norte do Brasil e o segundo no país de forma geral. Possui criação tão atrativa que todos os países amazônicos realizam seu cultivo, inclusive países pertencentes a outros continentes (IZEL *et al.*, 2014). Foi

coletado pela primeira vez em 1783, por Alexandre Rodrigues Ferreira, um naturalista português que realizou expedições a Amazônia. Foi levado a Paris, em 1811, durante a invasão feita por Napoleão a Portugal. George Cuvier descreveu a espécie pela primeira vez em 1818, por isso, faz-se uso de seu nome junto ao da espécie (SEBRAE, 2012; GOMES *et al.*, 2010).

Para Kubitzka (2004), na natureza esse peixe pode atingir peso ao redor de 30 kg, sendo considerado o segundo maior peixe de escama da Bacia Amazônica, perdendo apenas para o pirarucu (*Arapaima gigas*). A facilidade na produção de alevinos, o seu crescimento rápido, hábito alimentar diversificado, rusticidade sob condições de cultivo, facilidade de captura (despesca com utilização de redes), uso na esportividade e por apresentar uma carne de excelente qualidade, fizeram do tambaqui uma das espécies mais populares e de grande importância para a piscicultura do país. Assim como fácil adaptação ao cativeiro, resistência a doenças, reprodução dominada em laboratório (JÚNIOR *et al.*, 2012), bons índices zootécnicos (JR *et al.*, 2013). Seu cultivo tem se concentrado nas regiões Norte, Nordeste e Centro-oeste, onde além de clima favorável, a espécie disfruta de uma excelente aceitação de mercado.

É nativo da Bacia Amazônica, sendo a principal espécie criada na região Norte do país (JR *et al.*, 2013) e também no rio Orinoco, na Venezuela (GOMES *et al.*, 2010), sendo bastante comum em lagos de várzeas (SANTOS *et al.*, 2006). São reofílicos, ou seja, percorrem muitas distâncias durante seu período reprodutivo, realizando desova total no período de piracema (KUBITZA, 2004). Apresenta boca pequena e forte, com dentes molariformes. Possui coloração variável, que depende da cor da água, mas geralmente é pardo na metade superior e preta metade inferior do corpo (SEBRAE, 2012). Apresenta corpo alto, romboidal, ausência de espinhos pré-dorsais e nadadeira adiposa com raios (SANTOS *et al.*, 2006).

A espécie apresenta animais de grande porte, rústicos e de crescimento rápido (BARBOSA, 1986), podendo atingir até 45 kg e 100 cm de comprimento (CARDOSO, 2001). O corpo é escamado e no formato romboidal, quando adultos possuem manchas escuras irregulares ventrais e caudais, sendo o dorso geralmente de tonalidade esverdeada, podendo ocorrer variação para mais clara ou mais escura dependendo da cor da água (LIMA; GOMES, 2005).

- **História das raças no mundo, Brasil e no norte e em Roraima.**

Nos últimos anos vem se observando um crescimento significativo da aquicultura no Brasil, causado principalmente pela boa aptidão que o país possui para desenvolvimento dessa atividade. Uma parte considerável da produção aquícola brasileira é proveniente da aquicultura continental, tendo a piscicultura um papel de destaque. A piscicultura brasileira tem como característica a predominância de espécies exóticas, mesmo com o país possuindo uma grande diversidade de espécies nativas, que apresentam potencial para criação em cativeiro. Dentre essas espécies que apresentam potencial para criação, uma que vem despertando um grande interesse e, de maior produção no país, é o tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818), segundo Barçante e Sousa (2015).

A piscicultura ainda é desenvolvida no Brasil por pequenos produtores rurais. Grande parte desses produtores ainda a encaram como uma forma de complementação da sua renda. Raramente a produção de peixes é a principal atividade econômica da propriedade (OSTRENSKY, 1998). Ao longo dos anos, o cultivo de peixes em cativeiros vem demonstrando ser uma ótima alternativa de renda para a população do país, gerando lucro e transferindo tecnologia da criação dessa categoria animal. É lucrativa, demonstrado pelo atual crescimento da atividade, que contribui significativamente para o fortalecimento da economia do país (LOPES, 2012).

Na região norte do Brasil, o tambaqui desponta como a principal espécie cultivada, sendo esse sucesso atribuído as inúmeras características que a espécie apresenta como: carne de qualidade; bom rendimento de filé; fácil manejo; domínio da produção de alevinos; rápido crescimento; alta resistência às elevadas temperaturas, ao manuseio, as enfermidades e aos baixos níveis de oxigênio dissolvido; e facilidade de comercialização, além de sua carne possuir elevado valor no mercado, como aponta Araújo-Lima e Gomes (2005) e Mendonça *et al.* (2009). Para melhor utilização da carne de peixe como alimento humano, faz-se necessário o conhecimento de seus atributos qualitativos, possibilitando dessa maneira gerar produtos mais condizentes ao gosto de seus potenciais consumidores e aumentar sua competitividade com outras fontes protéicas de maior consumo, como a carne de aves, bovina e suína.

Em 2013, a produção por região se distribuiu da seguinte forma: Nordeste 140.748 t; Sul 107.448 t; Sudeste 50.297 t; Centro-oeste 105.010 t; Norte 73.009 t. Totalizando

476.512 toneladas de produção no Brasil. Deste total, 392.492 t foram produzidos pela aquicultura continental (82,36%), e 84.020 toneladas (17,63%), pela aquicultura marinha (MPA, 2015).

O Brasil confirmou sua vocação para essa atividade no ano de 2013, quando atingiu um volume de toneladas, de acordo com o MPA, que era meta apenas para o final do ano de 2014, pelo Plano de Safra da Pesca e Aquicultura. O Ministério da Pesca e Aquicultura, juntamente com o governo federal, estados e municípios, bem como o apoio da sociedade civil, desenvolveram políticas públicas com o objetivo de estruturar a produção e consolidar o país como um dos maiores produtores de pescado (MPA, 2013).

Ainda no ano de 2013, a espécie que mais teve importância em relação ao cultivo no país, foi a tilápia, com 43,1% da produção nacional, seguida pelo tambaqui e seus híbridos. Esses tiveram uma representação de 38,01%, equivalente a 149.182 toneladas produzidas (MUÑOZ *et al.*, 2015). Norte, Centro-oeste e Nordeste são as regiões que, respectivamente, concentram quase toda a totalidade da produção nacional dos peixes redondos, onde são cultivados principalmente em viveiros escavados e barragens (FILHO *et al.*, 2016).

O Estado de Roraima está entre os cinco principais produtores de peixes redondos, ocupando o terceiro lugar na produção (IBGE, 2015). Os produtores do estado trabalham com tambaqui em áreas superiores a 400 hectares de lâmina d'água, apresentando com isso, um perfil diferenciado dos produtores dos demais estados, produzindo um produto de boa qualidade e peso final por volta de 2,5 kg (FILHO *et al.*, 2016).

Se a possibilidade de expansão em patamares verdadeiramente sustentáveis da atividade pesqueira é bastante duvidosa, o mesmo não se pode dizer da aquicultura, cujo potencial é seguramente promissor. A atividade possui vários fatores positivos como potencialidades naturais; grandes disponibilidades de estruturas qualificadas para capacitação técnica; indústrias instaladas fornecendo serviços, equipamentos e insumos; indústrias de processamentos e transformações de produtos aquícolas (OSTRENSKY, 2007).

Em condições de cativeiro, o tambaqui aceita bem as rações comerciais, grãos e subprodutos agro-industriais. Uma das razões que contribuiu para o crescimento e popularização do cultivo dessa espécie é justamente essa capacidade ilimitada de aproveitar uma imensa variedade de alimentos colocados a sua disposição, incluindo sua capacidade de filtrar plâncton (SUFRAMA, 2003).

- **Quais as raças existentes em Roraima**

Estado de Roraima o setor de piscicultura expandiu e busca se organizar por meio de cooperativa, que negocia a obtenção de bens e meios para alavancar a exportação do produto (PARENTE *et al.*, 2003). São poucas as informações referentes à produção oriunda da piscicultura nesse Estado, sendo que a maioria delas é obtida junto ao setor pesqueiro do Estado do Amazonas, que é o principal comprador dos peixes de criadouros em Roraima (PARENTE *et al.*, 2003; Gandra, 2010).

Devido à escassez ou imprecisão das informações sobre o setor pesqueiro de Roraima, pouco se conhece sobre quais espécies são comercializadas, de onde vem, quem são os diversos agentes, ou o capital financeiro aproximado envolvido nessa atividade. Segundo os boletins do Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA, 2007; MPA 2011) a produção de pescado oriundos da pesca extrativista em Roraima decresceu sistematicamente, passando de 678 toneladas anuais em 2007 para 386 toneladas em 2011. Apesar disso, há claras evidências de que a produção de pescado pela piscicultura em Roraima cresceu muito nos últimos anos. Em 2011 ela alcançou um patamar dez vezes maior do que o observado em 2007, passando de cerca de 2.400 toneladas para aproximadamente 25.000. Esse aumento brusco e repentino da piscicultura pode ser resultado do investimento financeiro nesse setor por parte do Governo Federal, que tinha por objetivo fazer da Amazônia uma potência nesse segmento, devido sua abundância de água e de espécies (Gregolin, 2010; MPA, 2011).

Considerado um dos maiores empreendedores de piscicultura de grande porte da Região Norte e o maior produtor de tambaquis em cativeiro do Brasil, Aniceto Wanderley falou sobre a produção e exportação do peixe de Roraima para o Amazonas. O empreendimento do piscicultor é de mais de 1.300 hectares de lâmina d'água, mas a intenção é dobrar essa produção. Segundo ele, a exportação é feita por caminhões frigoríficos para levar o peixe fresco. Estamos com um projeto para os próximos dez anos de chegar a três mil hectares de lâmina d'água. “Em média, produziríamos algo em torno de 20 a 24 mil toneladas de peixes”, assegura (FOLHA BV, 2019).

Figura 3. Imagem do produtor Aniceto Wanderley em uma entrevista.



Foto: Nilze Franco

- **Problemas das raças em Roraima**

No local onde foi realizado o estágio as análises de oxigênio, pH (média 8,0), gás carbônico e amônia foram feitas diariamente nas primeiras horas da manhã, com auxílio de um pHmetro, oxímetro e kit comerciais. Em alguns açudes havia recorrentes problemas com a baixa quantidade de oxigênio dissolvido na água, pois, possuíam uma grande quantidade de macrófitas, tornando-se um problema para o produtor, que não fazia o controle das mesmas.

- **Vantagens das raças em Roraima**

Clima favorável e cultura regional de consumo de peixes são os principais fatores que contribuiram para que Roraima se tornasse um dos maiores produtores de tambaqui e pirarucu, pescados nativos do Brasil. As informações são da Associação Brasileira da Piscicultura (Peixe BR) com dados referentes a 2018. O tambaqui é uma espécie nativa dos rios Amazonas, Orinoco e seus afluentes. Possui uma forte arcada dentária, com a finalidade de lhe permitir quebrar os frutos e sementes que caem na água durante o

período de cheia dos rios, seu hábito alimentar é bem amplo, constituindo-se de frutos, sementes, insetos, caramujos e raramente de outros peixes (ARAÚJO LIMA, 1998). É um peixe muito apropriado para o cultivo, pois apresenta carne saborosa, crescimento rápido, fácil manuseio, grande rusticidade (VAL *et al.*, 2000), é a espécie que mais vem tendo um crescimento de cultivo nas várias regiões brasileiras (AFFONSO *et al.*, 2009; DAIRIKI e SILVA, 2011, EMBRAPA, 2013).

Dentre os estados da região Norte, de acordo com dados obtidos de IBGE (2017) e BRASIL (2015), podem destacar Rondônia – RO, como o maior estado produtor de peixes na região norte; RORAIMA- RR, desponta como o segundo produtor e o AMAZONAS- AM, aparece como o terceiro maior produtor de peixes oriundos da piscicultura. De acordo com os dados do IBGE, (2017) a maior parte da produção encontra-se em água doce e a espécie mais cultivada é a seguidas pelos peixes redondos (Tambaqui/Tambatinga/Tambacu/Pirapitinga, etc).

No caso da piscicultura na região norte do Brasil, os estados do: Amazonas, Rondônia e Roraima constituem um *locus* privilegiado para o crescimento do aludido setor, uma vez que apresentam grandes condições de abundância de mananciais hídricos e grandes extensões territoriais (BRASIL, 2013). Na região amazônica o cultivo extensivo é visto como uma alternativa para famílias de baixa renda, pois as técnicas de manejo utilizadas são simples e pouco especializadas, o tambaqui é uma espécie que se adapta as condições de cultivo, sendo bastante utilizada em sistemas extensivos. Assim o cultivo de tambaqui, se transforma em uma atividade promissora para diminuir a sobrepesca dessa espécie nos rios amazônicos. Entretanto, a principal dificuldade encontrada.

O nosso mercado sempre será competitivo, estamos atacando os pontos fundamentais. Primeiro, a qualidade genética do peixe. Segundo ponto, nós temos a melhor água do Brasil, isso é indiscutível, porque a alcalinidade e pureza dela são superiores a 40%, o que faz com que crie um efeito tampão onde não há oscilação de PH durante o dia.

- **Valor do Kg em Roraima**

De acordo com IBAMA (2014) e ADERR (2015), o Estado de Roraima exportou para o Estado do Amazonas 3.057.123 kg, ou seja, 91% da sua produção de tambaqui, sendo o restante (305.273kg) comercializado localmente. No entanto, ao se comparar a

quantidade do tambaqui declarada aos órgãos competentes e a quantidade observada por esta pesquisa nas feiras de Boa Vista (360.547 kg), percebe-se que a real produção dessa espécie é bem maior do que mostram os dados oficiais fornecidos pelos órgãos governamentais, pois, só em Boa Vista a produção (kg) é maior do que a registrada para todo o Estado. Isso mostra também que há uma grande dificuldade no gerenciamento do setor pesqueiro, que as informações não são sistematizadas, que o controle é frágil, visto que, muitos comerciantes infringem lei, não fornecem informações e sonogam impostos.

A espécie com maior representatividade no comércio de Boa Vista foi o tambaqui, (57% de uma produção total geral de 360.547 kg), conforme Fig. 2 e Tab. 3. O tambaqui é oriundo exclusivamente da piscicultura local, sendo responsável por mais da metade da produção comercializada nas feiras de Boa Vista que foi de 626.351 kg (Tab. 3). No que se refere ao preço de comercialização, o tambaqui apresentou o maior movimento de lucro líquido no total de R\$ 830.779, seguido de matrinxã com R\$ 187.101, ambos da piscicultura de Roraima, o lucro líquido está diretamente relacionado com a quantidade em kg comercializada por espécie. O tambaqui apresentou o preço médio do kg de aquisição R\$ 6,37 e de venda R\$ 8,67, já a matrinxã um pouco mais cara sendo a aquisição R\$ 7,90 e venda R\$ 10,98 kg (Tab. 4). (LOPES, 2016)

- **Principais Subprodutos comercializados em Roraima**

Além de peixe inteiro *in natura*, também foram comercializadas partes de pescado, como, filé, linguiça, ova, peixe seco e carcaça (Tab. 2). As formas de apresentação do pescado atendem a públicos distintos; pirarucu seco, filé de tambaqui, filé de peixes de couro (principalmente filhote e dourada), são os produtos de valores mais altos para venda. Tais formas foram registradas apenas em uma Feira de Centro, ou seja, para consumidores que possuem mais recursos financeiros. Esse tipo de pescado é adquirido por restaurantes ou consumidores adeptos a fazer pratos especiais.

Os peixeiros reaproveitavam as carcaças de peixes (principalmente bagres) filetados no comércio local, mas, também compravam do Amazonas já ensacadas para revenda. Esse tipo de produto é comum ser comercializado nas Feiras de Bairro (periferia) em função de seu baixo preço, sendo direcionado à população de menor poder aquisitivo. A filetagem seleciona a melhor parte do peixe e a vende a um preço mais elevado (nas Feiras de Centro), mas o processo não aproveita 100% da carne, a venda da carcaça (principalmente nas Feiras de Bairro) otimiza o lucro do comerciante. A linguiça

de tambaqui foi comercializada esporadicamente na feira do Produtor. Seu preparo ainda é artesanal e por isso em baixa escala de produção. A ova de tambaqui foi registrada excepcionalmente na Feira de Centro Produtor durante a Semana Santa, quando há um aumento na venda do pescado e acúmulo das ovas provenientes de tambaqui eviscerado (Tab. 2).

Tabela 2 - Formas de comercialização do pescado, produção e preço médio de compra e venda nas feiras de Boa Vista-RR, no período jul.2014/jun.2015. b.: feira de bairro. c.: feira de centro. r.: reaproveitamento.

Formas de comercialização do pescado	Feira	Origem	Preço de aquisição (RS)	Preço de venda (RS)	Kg
Filé de peixe de pele	Produtor (c)	Pesca/AM	-	25,00	-
Filé de pirarara	Pintolândia (b)	Pesca/RR	5,00	7,00	-
Filé de tambaqui	Produtor (c)	Piscicultura/RR	-	20,00	-
Linguiça de tambaqui	Produtor (c)	Piscicultura/RR	7,00	9,33	482
Carcaça de peixe de pele	Pintolândia (b)/ Garimpeiro (b)	Pesca/AM	0,75	2,65	1550
Carcaça de tambaqui	Pintolândia (b)	Piscicultura/RR	r.	3,33	20
Carcaça de pirarucu	Produtor (c)	Pesca/AM	r.	5,00	100
Ova de tambaqui	Produtor (c)	Piscicultura/RR	r.	15,00	30
Peixes salgados e secos	Pintolândia (b)	Pesca/AM/RR	r.	8,40	80
Pirarucu seco	Produtor (c)	Pesca/Piscicultura/AM/RR	24,66	33,14	1112

Participação estimada das espécies comercializadas

Fonte: Lopes (2016)

Conclusão

O tambaqui é uma espécie nativa da Amazônia que possui grande potencial econômico e produtivo, devido as características climáticas do Estado de Roraima e a grande quantidade de bacias hidrográficas disponíveis por todo seu território. O cultivo de tambaqui em cativeiros vem demonstrando ser uma ótima alternativa de renda para a população do estado, gerando lucro e transferindo tecnologia da criação dessa categoria animal, com utilização de matrizes melhoradas geneticamente, que ele ainda mais a qualidade dos peixes cultivados.

Referências

ADERR, Agência de Desenvolvimento Rural de Roraima. **Estatística de Origem do Pescado 2015**. 2015, 12 p.

AFFONSO, E. G.; BARROS, F. P.; BRASIL, E. M.; TAVARES-DIAS, M.; ONO, E. A. Indicadores fisiológicos de estresse em peixes expostos ao peróxido de hidrogênio (H₂O₂). In: TAVARES-DIAS, M. (Org.). **Manejo e sanidade de peixes em cultivo**. p.346-360. Embrapa Amapá: Macapá. 2009.

ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M.; GOMES, L. C. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L.C. (Eds.). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil. Santa Maria**: Editora UFMS, p.175-202, 2005.

ARAÚJO-LIMA, C.A.R.M.; GOULDING, M. **Os frutos do Tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia**. Sociedade Civil Mamirauá/CNPq/Rainforest Alliance. Brasília, DF. 186p. 1998.

BARBOSA, J.M. Espécies do gênero *Colossoma* (Pisces, Characidae) importantes para a piscicultura em regiões tropicais. Síntese dos trabalhos realizados com espécies do gênero *Colossoma*. CEPTA, p. 36, 1986. BARÇANTE, B; SOUSA, A.B.

Características zootécnicas e potenciais do tambaqui (*Colossoma macropomum*) para a piscicultura brasileira. PubVet, Maringá, v. 9, n. 7, p. 287-290, Jul. 2015

BRASIL. Ministério da pesca e aquicultura. Institui o Programa Nacional de Sanidade de Animais Aquáticos de Cultivo - "**Aquicultura com Sanidade. Instrução normativa nº 04 de 04 de fevereiro de 2015**."

BRASIL, MINISTÉRIO DA PESCA e AQUICULTURA. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura 2011**. 60 p. Brasília, DF, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca 2005. **Produção brasileira da aquicultura continental, por estado e espécie, 2005**.

CAMPOS, J.L.; ONO, E.A.; ISTCHUK, P.I. A cadeia de produção e preço do Tambaqui. Panorama da aquicultura, v. 25, n. 49, p. 42-45, 2015.

CARDOSO, E. S. Geografia e pesca: aportes para um modelo de gestão. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 14, p. 79 – 88. 2001.

CAVERO, B. A. S.; RUBIM, M. A. L.; MARINHO-PEREIRA, T. Criação comercial do tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818). In TAVARES DIAS, M. Organizador. **Manejo e sanidade de peixes em cultivo [recurso eletrônico]**. Macapá: Embrapa Amapá, 2009.

CHAGAS, E. C. *et al.* Desempenho de Tambaqui Cultivado em Tanques-Rede, em Lago de Várzea, sob **Diferentes Taxas de Alimentação**. **Pesquisa Agropecuária brasileira** [online]. 2005, vol.40, n.8, pp. 833-835.

CREPALDI, Silvio Aparecido. Curso básico de Contabilidade de Custos. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009. DA SILVA, C.A.; FUJIMOTO, R.Y. **Crescimento de tambaqui em resposta a densidade de estocagem em tanques-rede**. Acta Amazônica. 2015.

DAIRIKI, J. K.; SILVA, T. B. A. Revisão de literatura: Exigências nutricionais do tambaqui – **Compilações de trabalhos, formulação de ração adequada e desafios futuros**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2011.

EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL. Plano estratégico da Embrapa Amazônia Ocidental para Aquicultura. MANAUS: Embrapa Amazônia Ocidental. 93p.: il. Color. – (Documentos/ Embrapa Amazônia Ocidental, ISSN 1517-3135; 110). 2013. FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016: Contributing to Food Security and Nutrition for All. Fisheries and Aquaculture Department. Rome. 200p. 2016.

FILHO, M. X. P.; RODRIGUES, A. P. O.; REZENDE, F. P. Dinâmica na produção de tambaqui e demais peixes redondos no Brasil. 7. ed. Ativos da aquicultura: CNA, 2016. 5 p.

FOLHA de Boa Vista. Folha web, Boa Vista, 05 dez. 2019. Disponível em: <https://www.folhabv.com.br/noticia/Fomento-na-producao-de-peixes-em-Amajari-e-pauta-de-entrevista/60372> Acesso em: 10 jan. 2021.

GANDRA, A.L. O Mercado do Pescado da Região Metropolitana de Manaus. Infopesca. Proyecto Mejoramiento del Acceso a los Mercados de Productos Pesqueros y Acuícolas de la Amazonia, CFC/FAO/INFOPECA, CFC/FSCFT/28. 91 p. 2010.

GERY, J. Characoids of the World. New Jersey. T. F. H. Publications, Neptune City, 672p. 1977. GOMES, L. C.; SIMÕES, L. N.; ARAÚJOLIMA, C. A. R. M. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. (Eds.). Espécies nativas para piscicultura no Brasil. 2ª Ed. Editora UFSM, Santa Maria, 2010, p.175-204.

GOMES, L.C.; CHAGAS, E. C.; MARTINS-JUNIOR, H.; ROUBACH, R.; ONO, E. A.; LOURENÇO, J. N. P. Cage culture of tambaqui (*Colossoma macropomum*) in a central Amazon floodplain lake. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 253, p. 374–384, 2006.

GOULDING, M.; CARVALHO, M. L. Life history and management of the Tambaqui (*Colossoma macropomum*, Characidae); an important Amazonian food fish. *REVISTA BRASILEIRA DE ZOOLOGIA*. São Paulo. 107 – 133. 1982.

GREGOLIN, A. Ciclo de palestras: aquicultura e pesca. Brasília, Presidência da República, 2010. 52 p. **IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Pecuária Municipal**, Vol.41,p.36- 39,2013. Disponível em Acesso em 09 fev. 2017.IBGE, 2016.

IZEL, A. C. U.; MELO, L. A. S. Criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques escavados no Estado do Amazonas. Manaus: **Embrapa Amazônia Ocidental**. 2004.

IZEL, A. C. U. *et al.* Cultivo de tambaqui no Amazonas. Brasília: Embrapa, 2014. JR, P. S. *et al.* **Manual de criação de peixes em tanques-rede**. 2. ed. Brasília: Codevasf, 2013. 68 p.

JUNIOR, D. P. S.; POVH, J. A.; FORNARI, D. C.; GALO, J. M.; GUERREIRO, L. R. J.; OLIVEIRA, D.; DIGMAYER, M.; GODOY, L. C. Recomendações Técnicas para a Reprodução do Tambaqui. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2012. 30 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos; 212).

KUBITZA, F. Manejo na produção de peixe - parte III: O preparo dos tanques, estocagem dos peixes e a manutenção da qualidade da água. *Panorama da Aquicultura*. v. 18, p. 13 – 21, 2008. KUBITZA, F. Coletânea de informações aplicadas ao cultivo do tambaqui, do pacu e de outros peixes redondos. *Panorama da Aquicultura*. p. 27-37. 2004.

- LIMA, C. A. R. M. A.; GOMES, L. C. Espécies nativas para piscicultura no Brasil. Santa Maria: Editora UFSM, 2005. 349 p. LOPES, P. L. J. Diagnóstico da comercialização do pescado nas feiras de Boa Vista, Roraima. - Boa Vista. 2016. 45 f. Dissertação (Mestrado) - INPA, Manaus, 2016.
- MELO, L. A. S.; IZEL, A. C. U; RODRIGUES, F. M. Criação de Tambaqui (*Colossoma macropomum*) em viveiros de argila/barragens no Estado do Amazonas. Embrapa Amazônia Ocidental, 25p, 2001.
- MENDONÇA, P. P.; FERREIRA, R. A.; VIDAL JUNIOR, M. V.; ANDRADE, D. R.; SANTOS, M. V. B.; FERREIRA, A. V.; REZENDE, F. P. Influência do foto período no desenvolvimento de juvenis de Tambaqui (*Colossoma macropomum*). Archivos de Zootecnia, 58: 323-331. 2009. BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura - MPA. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura. 2011. 60 p.
- PARENTE, V. M.; OLIVEIRA-JÚNIOR, A. R.; COSTA, A. M. Potencialidades regionais: estudo de viabilidade econômica: Sumário executivo. Manaus: Superintendência da Zona Franca de Manaus. 2003.
- PEDROZA FILHO, M. X. ; RODRIGUES, A. P. O; REZENDE, F. P. Dinâmica da produção de tambaqui e demais peixes redondos no Brasil. Boletim Ativos da Aquicultura, ano 2, p. 1-5, 2016.
- ROCHA, C. M. C. Da , *et al.* Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aquicultura brasileira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 8, ago. 2013.
- SANTOS. G.; FERREIRA. E.; ZUANON. J.; Peixes comerciais de Manaus. Edição **Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**. Manaus/AM, ProVárzea, 54 p. 2006.
- SARACURA, V. F.; CASAGNOLLI, N. Comparação do desempenho entre alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e híbridos de pacu e tambaqui (*Colossoma macropomum*). Ciência Zootécnica, v. 5, p. 17-19, 1990. SEBRAE Roraima. **Manual de conhecimento de Tecnologias em Gestão na Piscicultura Empresarial e Cultivo do Tambaqui em Roraima**. (2012).
- SEBRAE. Aquicultura Empresarial. Disponível em: <http://www.rr.agenciasebrae.com.br/sites/asn/uf/RR/produtores-conhecem-cadeia-produtiva-dapiscicultura,09438def4dab4410VgnVCM2000003c74010aRCRD>
- SOUZA, R.A.L. e IMBIRIBA, E.P.; Peixes comerciais de Belém e principais zonas de captura da pesca artesanal. Bol. FCAP, Belém, dezembro 1978, p. 1-15.
- VAL, A.L.; ROLIM, P.R.; RABELO, H. Situação atual da aquicultura na Região Norte. In: VALENTI, W.C.; POLI, C.R.; PEREIRA, J.A.; BORGHETTI, J.R. (Ed.). **Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável**. Brasília: CNPq/MCT, 2000. p.247- 266. VAL *et al.*, 2000.

CAPÍTULO 2

PRODUTOS NATURAIS COMO ALTERNATIVA NO CONTROLE DE PRAGAS E DOENÇAS

NATURAL PRODUCT AS NA ALTERNATIVE IN CONTROL OF PESTS AND DISEASES

DOI: <https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.02>

Submetido em: 15/03/2022

Revisado em: 10/05/2022

Publicado em: 23/05/2022

Djanildo Francisco da Silva Júnior

Faculdades Nova Esperança, Departamento de Agronomia, João Pessoa - PB

<http://lattes.cnpq.br/0927182188279817>

Lucas Silva de Oliveira

Faculdades Nova Esperança, Departamento de Agronomia, João Pessoa - PB

<http://lattes.cnpq.br/2204659500390272>

Josenildo Laurentino Carneiro

Faculdades Nova Esperança, Departamento de Agronomia, João Pessoa - PB

<http://lattes.cnpq.br/8786192958112924>

Mileny dos Santos de Souza

Faculdades Nova Esperança, Departamento de Agronomia, João Pessoa - PB

<https://orcid.org/0000-0001-6321-6835>

Resumo

A expansão agrícola promoveu ruptura dos ecossistemas com a implantação de monocultivos, tornando o ambiente propício ao ataque de pragas e doenças. O controle dessas enfermidades geralmente é feito com agrotóxicos. Contudo, o uso indiscriminado desses produtos pode comprometer o meio ambiente e a saúde pública. Desta maneira, o objetivo desta revisão foi mostrar os benefícios dos produtos naturais como alternativa no controle de pragas e doenças. Os óleos essenciais e extratos vegetais tem características bioquímicas oriundos do metabolismo secundário das plantas, e apresentam potencial para controlar pragas e doenças. Várias pesquisas demonstram que estes elementos têm propriedade químicas que quando em contato as pragas e patógenos atuando como inseticida, fungicida e nematocida, sendo, portanto, eficazes

no manejo fitossanitário dos cultivos. Além disso, tornam a agricultura mais sustentável, pois não provocam impactos ao meio ambiente e ao ser humano.

Palavras-Chave: agrotóxicos, óleos essenciais, extratos vegetais

Abstract

The agricultural expansion promoted the rupture of ecosystems with the implementation of monocultures, making the environment conducive to the attack of pests and diseases. The control of these diseases is usually done with pesticides. However, the indiscriminate use of these products may compromise the environment and public health. Thus, the aim of this review was to show the benefits of natural products as an alternative in pest and disease control. Essential oils and plant extracts have biochemical characteristics derived from the secondary metabolism of plants and have the potential to control pests and diseases. Several studies show that these elements have chemical properties that when in contact with pests and pathogens acting as insecticide, fungicide and nematocide, are therefore effective in the phytosanitary management of crops. In addition, they make agriculture more sustainable because they do not impact the environment and humans.

Keywords: pesticides, essential oils, plant extracts

Introdução

O desenvolvimento de tecnologias e a crescente demanda por alimentos levou a expansão da agricultura em todo o território brasileiro (GOMES, 2019). No entanto, o crescimento exponencial da produção gerou alguns entraves na agricultura, devido ao ataque de pragas e doenças nas lavouras.

Os insetos oportunistas e os microrganismos patogênicos são um grande problema no setor agrícola, pois infectam e atacam as plantas e afetam negativamente os cultivos, gerando redução da qualidade dos produtos. Esses organismos além de causar injúrias a planta e deformação na qualidade do produto, causam perdas produtividade, e inviabilidade econômica de condução das áreas de cultivo, sendo necessário recorrer a métodos de controle para contornar essa situação. A forma mais comum de controle dessas espécies se dá pelo uso de moléculas químicas sintéticas. No entanto, de acordo com Pinheiro *et al.* (2018) os produtores em algumas ocasiões por não terem conhecimento do correto manejo de pragas agrícolas, acabam realizando uso incorreto dessas moléculas o que ocasiona sérios problemas como a poluição de rios, córregos e do próprio solo como também ao ser humano. Paralelo a isto, o uso de moléculas químicas ainda pode induzir a resistência dos insetos a inseticidas, reduzir a população de insetos benéficos nas lavouras e promover novas pragas agrícolas.

A conscientização social acerca dos malefícios causado pelo uso indiscriminado desses produtos ao ser humano e ao meio ambiente, em decorrência dos riscos à saúde pública os custos de aquisição dessas moléculas, são fatores que estão levando a

sociedade a buscar alternativas para minimizar o uso de defensivos agrícolas (MONNERAT *et al.* (2018).

Em vista disso pesquisas são desenvolvidas buscando um meio alternativo e ecológico de combater as pragas que não proporcione impactos ao meio ambiente. Como forma de alternância aos agrotóxicos, os produtos naturais são apontados como eficazes no controle de pragas e doenças (SARDEIRO *et al.*, 2019). Os produtos naturais, são os óleos essenciais e extratos vegetais que apresentam substâncias orgânicas extraídas de partes vegetativas de plantas (TAIZ *et al.*, 2017), e que exibem qualidades agrônômicas desejáveis. Por possuírem ação inseticida, e microbiocida, são bastante utilizados para o controle de pragas e doenças na agricultura e contribuem para minimizar o ataque desses agentes, reduzir aplicação de moléculas químicas, além de ser uma técnica de baixo custo e oferecer pouco risco ao ser humano e meio ambiente (AYRES *et al.*, 2020). Desta maneira, o objetivo desta revisão foi o de expor os benefícios dos produtos naturais como alternativa no controle de pragas e doenças.

Referencial Teórico

Na agricultura a realização do controle químico é feita em vista a eficiência e a fácil aplicação desses produtos. Porém, o seu uso indiscriminado pode afetar negativamente o equilíbrio do ecossistema produtivo, promovendo a mortalidade de organismos benéficos e induzindo a resistência de insetos e patógenos. Com o desenvolvimento de novos princípios ativos, esses compostos desencadearam um aumento na produção de compostos químicos, que ocasionou o surgimento de inúmeros produtos do mesmo tipo. Bettioli *et al.*, (2014) destacam que por ser um país tropical, o Brasil lida com uma alta pressão de pragas e patógenos na agricultura, ajudando dessa forma, no desenvolvimento de um grande mercado consumidor de agrotóxicos.

Em vista disso se faz necessário o desenvolvimento de novas moléculas que promovam o controle fitossanitário dos cultivos, de modo que ofereçam mais segurança, sejam seletivas e economicamente viáveis (MONNERAT *et al.* 2018).

Como forma de auxiliar no desenvolvimento sustentável dos cultivos agrícolas, vem-se se utilizando biocompostos de espécies vegetais. Esses compostos são naturalmente produzidos pelas plantas como forma de defesa, podendo ainda, ser extraídos e utilizados em diversas finalidades, inclusive no controle sanitário das culturas.

Esses componentes são obtidos através do metabolismo secundário das plantas. De acordo com Peres (2021), esse metabolismo não é necessário para que as plantas completem seu ciclo, no entanto, desempenham um papel fundamental para as espécies vegetais, dentre eles a defesa contra agentes externos. Os compostos oriundos desse metabolismo são os flavonoides, terpenos e alcaloides, e os dois últimos, bastante presente nos óleos e extratos vegetais. Esses produtos secundários apresentam uma atividade contra a herbivoria, ataque de patógenos, competição entre plantas e atração de organismos benéficos. Os óleos e extratos vegetais podem ter efeito inseticida, repelente ou deterrente sobre os insetos e ácaros.

A proposta do descobrimento de pesticidas a partir de fontes naturais tem razões convincentes, tais como, os inúmeros compostos ativos ainda não explorados (HALFELD-VIEIRA *et al.*, 2016). Segundo Coser (2018) os produtos oriundos de plantas medicinais e aromáticas tem grande destaque por atuarem efetivamente no controle de pragas e as substâncias presentes nestes compostos não são nocivas. Além disso, o uso extratos de vegetais em proteção de plantas quando comparado aos produtos sintéticos tem a vantagem de gerar novos compostos os quais os patógenos não se tornem capazes de inativar, além de serem menos tóxicos, serem degradados rapidamente pelo ambiente, possuírem um amplo modo de ação e de serem derivados de recursos renováveis.

- **O ataque de pragas e doenças**

Os insetos para se desenvolver e completar seu ciclo necessitam de alimentos que geralmente são fornecidos pelas plantas. Dentre as espécies de insetos as ordens mais comuns que ocasionam danos são lepidópteras, coleópteros, hemípteras, himenópteras e dípteras.

No entanto, não apenas artrópodes afetam os cultivos, mas também microrganismos e vermes têm sua parcela de contribuição nos danos as plantas. Segundo Romão e Araújo (2021), estimasse que cerca de 10% de todas as espécies fúngicas tem caráter patogênico nas lavouras agrícolas. Estes seres se propagam por meio de esporos, nas lavouras deslocam-se por meio do vento de espécies vegetais afetadas até plantas saudáveis, colonizando os tecidos dos órgãos vegetais como as folhas, raízes, frutos, caules e sementes; esses organismos desviam as fontes energéticas das plantas como forma de sobreviverem no ambiente, e através disso podem causar ou não a morte celular e necrose dos tecidos vegetais, comprometendo órgãos importantes de consumo.

Já os nematoides colonizam os tecidos radiculares formando nódulos e se alimentam de reservas nutritivas das plantas. Eles comprometem o desenvolvimento e crescimento das raízes, diminuindo a taxa de absorção de água e de nutrientes e consequentemente o crescimento da planta (FERRAZ; BROWN, 2016). Em suma, estas espécies são corriqueiras nas lavouras brasileiras, e tem sua parcela de contribuição na limitação da produção.

- **Atuação de biocompostos nas pragas e patógenos**

Na natureza há uma vastidão de espécies vegetais com potencial de produzir compostos repelentes e inseticidas, entretanto, com apenas algumas foram realizados estudos para comprovação científica. Zanuncio Júnior *et al.* (2018) relatam o uso de plantas repelentes como *Tanacetum vulgare* L., *Tropaeolum majus* L., *Tagetes sp.*, *Mentha sp.*, *Amaranthus spinosus* L., *Amaranthus viridis* L., *Sapindus saponária* L., *Nicotiana tabacum* L., *Ruta graveolens* L., *Curcuma longa* L., *Chrysanthemum cinerariaefolium*, *Cymbopogon nardus*, *Azardachta indica*, *Sesamum indicum* e *Coriandrum sativum*, estas podem atuar no controle de insetos sugadores e mastigadores.

Oliveira *et al.* (2020), observaram o potencial de controlar pulgões, moscas e fungos de 11 espécies de plantas medicinais, sendo: *Rosmarinus officinalis*, a *Ruta graveolens*, *Aloe vera*, *Equisetum*, *Cymbopogon citratus*, *Tagetes erecta*, *Eucaliptus citriodora*, *Curuma longa*, *Siparuna guianensis*, *Artemisia absinthium*, e *Ocimum basilicum*. A exemplo de espécies com potencial de controle de pragas e doenças já estão registradas comercialmente moléculas orgânicas extraídas de *A. indica*, além de outras já registrados como *Piper aduncum* L., ambos produtos estão registrados para utilização na forma de óleo essencial.

Os óleos essenciais têm ação inseticidas no controle de espécies coleópteros. Brito *et al.* (2018), concluíram que o uso de óleo essencial de citronela contribuiu para redução de *Acanthoscelides obtectus* Say, após 48 horas da aplicação do produto. Albiero *et al.* (2019) avaliando potencial inseticida de óleos essenciais concluíram que *A. indica* e *A. graveolens* foram efetivas no controle de *Sitophilus zeamais*.

Oliveira *et al.* (2020), utilizando óleo essencial de eucalipto no controle de *Zabrotes subfasciatus* inferiram que na concentração de 2,5% do óleo essencial de eucaliptos híbridos do genótipo 1250 e 0321, provocaram a mortalidade de espécies do *Z. subfasciatus*. Silva Júnior *et al.*, (2020) estudando o manejo alternativo para besouros

fitofágos na cultura da batata doce, concluíram que o extrato de gergelim foi eficaz no controle destas pragas. Brito *et al.* (2019), realizando estudos de óleos essenciais no manejo de *Z. subfasciatus*, concluíram que o emprego de *Cymbopogon winterianus*, *Baccharis trimera* e *Pimpinella anisum*, apresentaram efeito fumigante em espécies de *Z. subfasciatus* provocando a mortandade deste inseto.

Ckless e Jahnke (2019), avaliaram o potencial de óleos essenciais no controle de *Plutella xylostella* no cultivo de couve e concluíram que o uso de *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *C. winterianus* Jowitt foram eficazes no controle desta praga. Ribeiro (2014), avaliando óleos essenciais no controle de espécies lepidópteros na cultura da soja concluiu que o emprego de óleo essencial de *A. sativum* foi o mais eficiente no controle de espécies *Anticarsia gemmatilis* e *Spodoptera frugiperda*. Stasiak (2018), estudando o potencial inseticida de óleos essenciais sobre *Chrysodeixis includens* concluiu que o óleo essencial de *Eugenia uniflora* L. na concentração de 1% provocou a maior mortalidade dessa praga.

Os óleos essenciais ainda podem promover o controle de espécies hemípteras. Martins *et al.* (2017), estudando a caracterização química e toxicidade de óleos essenciais cítricos sobre *Dysmicoccus brevipes* concluíram que os óleos de limão siciliano e laranja doce promoveram maiores mortandade deste inseto. Souza (2017), realizando o controle do pulgão *Aphis craccivora* Koch no feijão-caupi com óleos vegetais fixos e essenciais, constatou que a aplicação de *Lippia origanoides* e *Lippia lasiocalycina* promoveram maior toxicidades a praga em estudo chegando a controlar cerca de 50% destes indivíduos. Sobrinho *et al.* (2018), avaliaram o potencial de óleos essenciais no controle se *Aleurodicus cocois* na cultura do cajueiro e concluíram que o uso de óleos essenciais de *Lippia alba*, *Ocimum basilicum* e *C. citratus* se apresentaram com grande potencial no controle de ninfas de mosca-branca-do-cajueiro em concentrações de 5%.

Nos estudos de Andrade *et al.*, (2018), a bioatividade de extratos hidroalcoólicos sobre *Aphis spp.* na cultura da acerola foi avaliada, sendo constatado que os extratos de arruda, neem e canela promoveram efeito inseticida sobre esta espécie de pulgão. Dantas *et al.* (2019), avaliando o uso de extratos botânicos no controle de cochonilha da escama na cultura da palma forrageira, concluíram que o uso de barbatimão *Stryphnodendron* na concentração de 10% causou a mortandade de 100% das ninfas desta espécie.

Santos *et al.* (2020), usando extratos vegetais no controle in vitro de patógenos em sementes de *Glycine max* (L.), os extratos alcoólicos de alho, canela, cravo-da-índia na

dose de 10% foram eficiente no controle fúngico nas sementes de soja. Barbieri *et al.* (2020) avaliando o controle de *Fusarium solani* com o uso de óleos essenciais constataram que os uso de óleos de *Mentha avensis* e *Eucalyptus citriodora* se apresentaram como biofungicidas.

Queiroz *et al.* (2020), realizando estudos com extratos de óleos essenciais como alternativa no controle de isolados de *Sclerotinia sclerotiorum* e *Sclerotium rolfsii* em *Glycine max* L., inferiram que os óleos essenciais de *C. citratus*, *C. nardus* e *Melissa officinalis* L. inibiram 100% o desenvolvimento fúngico. Silva *et al.* (2018), realizando o controle alternativo de *Colletotrichum gloeosporioides* com óleos essenciais confirmaram que todos os produtos vegetais aplicados se mostraram eficientes, sendo o óleo essencial de *Malaleuca alternifolia* o mais eficiente no controle de crescimento micelial. Brito *et al.* (2018), utilizando óleos essencial de *C. citratus*, *C. nardus* e *A. indica* no controle de insetos e microrganismos, detectou que o uso desses óleos resultou na diminuição dos crescimentos micelial de *Penecillium spp.* em vista do aumento da concentração utilizada.

Além disso, os óleos essenciais podem ter aplicabilidade no controle de nematoides. Borges (2017), avaliando o efeito nematicida de extratos de plantas do cerrado e óleos essenciais, concluiu que o uso de óleo de *Schinus terebinthifolius* reduziu a eclosão de *Meloidogyne javanica* e o extrato folhas e ramos de *Copaifera langsdroff* são eficientes no controle da eclosão de juvenis de segundo estágio (J2) de *M. javanica*. Gonçalves *et al.* (2017), observando o efeito nematicida de óleo essencial de eucalipto sobre nematoides de galhas, constatou que o óleo essencial de *Eucaliptus globulus* nas concentrações de 2% reduziu em até 90% a população de *M. javanica*. Gonçalves *et al.* (2016), avaliando a atividade antagonista do óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) em espécies de *M. incognita* (Kofoid & White), concluiu que aplicação desse produto promoveu a um acentuado efeito supressor nesse patógeno. No entanto, a explicação para esse efeito deletério nas espécies estudadas, está relacionado com a presença de moléculas orgânicas que algumas plantas ostentam.

De acordo com Grandi (2014), algumas espécies vegetais, como a arruda *Ruta graveolens* apresenta alcaloides, canela *Cinnamomum verum*, alho *A. sativum* e menta *M. spp.* são compostos por terpenos, enquanto o barbatimão *Stryphnodendron spp.* e eucalipto *E. spp.* apresentam tanino, e o cravo-da-índia e o gergelim tem constituintes de

compostos fenólicos. Esses componentes auxiliam no combate de insetos e patógenos indesejáveis uma vez que atuam como inseticidas e repelentes.

Esses efeitos são comuns quando aplicados os óleos essenciais e extratos vegetais, pois quando em contato com os organismos liberam as moléculas orgânicas e estas atuando suprimindo essas pragas ou inibindo seu desenvolvimento, no caso dos microrganismos. Silva *et al.* (2018), com o conhecimento e uso dessa tecnologia é possível obter os óleos essenciais e extratos vegetais, e ainda argumentam que o uso desses produtos pode trazer benefícios aos produtores de orgânicos, como uma alternativa ao uso de produtos químicos e manejo de pragas e doenças. Esses relatos só reforçam e dão ênfase a efetividade desses constituintes orgânicos em vista da atividade supressora de insetos e patógenos.

Tendo em vista o conhecimento da ação natural desses compostos, Oliveira *et al.* (2020) afirmam que a utilização de espécies vegetais no controle se praga são presumíveis. Entretanto, na visão de Barbieri *et al.* (2020) mesmo com os estudos sobre a composição química e biológicas dos produtos naturais, ainda se faz necessário estudos mais aprofundados nessa área do conhecimento, acerca da utilização desses componentes vegetais.

Considerações Finais

Os óleos essenciais e extratos vegetais promovem o controle de pragas e patógenos nas lavouras, e com isso, minimizam os impactos provocados pelo uso de agrotóxicos.

São necessárias mais pesquisas acerca do uso e eficiência dos produtos naturais no controle fitossanitário das culturas, bem como o repasse dessa tecnologia para os pequenos e médios produtores.

Referências

ALBIERO, B.; FREIBERGER, G.; MORAES, R. P.; VANIN, A. B.; **Potencial inseticida dos óleos essenciais de endro (*Anethum graveolens*) e de nim (*Azadirachta indica*) no controle de *Sitophilus zeamais*.** Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 5, n. 10, p. 21443-21448, oct. de 2019.

ANDRADE, J. R.; TOSCANO, L. C.; SILVA, E. M.; MARTINS, R. S.; MERLOTTO, G. R.; **Bioatividade de extratos hidroalcoólicos sobre *Aphis spp.* na cultura da acerola.** Cadernos de Agroecologia, v. 13, n. 2. 2018.

AYRES, M. I. C.; PUENTE, R. J. A.; NETO, J. G. F.; UGUEN, K.; ALFAIA, S. S.; **Defensivos naturais: manejo alternativo para pragas e doenças.** Manaus: Editora INPA, 2020.

BARBIERE, T. P. O. M.; PAIVA, G. F.; SILVA, B. V. S.; SOUZA, G. H. S.; GONÇALVES, F. J. T.; MALLMANN, V.; **Potencial de óleos essenciais como biofungicidas no controle de *Fusarium solani*.** Editora Possion. Belo Horizonte – MG, 2020.

BETTIOL, W.; MAFFIA, L. A.; CASTRO, M. L. M.P. Controle biológico de enfermidades de plantas no Brasil. In: BETTIOL, W.; RIVERA, M. C.; MONDINO, P.; MONTEALEGRE, J. R.; COLMENÁREZ, Y. (Ed.). **Control biológico de enfermedades de plantas en América Latina y el Caribe.** Montevideo: Facultad de Agronomía, Universidad de la Republica, 2014. p. 91-138.

BORGES, D. F. **Efeito nematicida de plantas do cerrado e óleos essenciais.** Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa. Rio Parnaíba, 2017.

BRITO, R.; LOPES, H. M.; PAULO, H. H; LIMA, A. C. F.; FERNANDES, M. C. A.; BRANDÃO, A. A.; **Utilização de óleos essenciais de capim limão (*Cymbopogon citratus*), citronela (*Cymbopogon nardus*) e óleo de nim (*Azadirachta indica*) no controle de insetos e microrganismos.** Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF. Brasília, vol. 13, n. 1, jul. 2018.

BRITO, S. S. S.; OLIVEIRA, C. H. C. M.; OLIVEIRA, C. R. F.; **Atividade inseticida e repelente de óleos essenciais sobre *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann, 1833).** Rev. Agrarian. Dourados, v. 2, n. 46, p. 425-448, 2019.

COSER, E.; **Potencial de óleos essenciais no controle de fungo *Sclerotium rolfsii* in vitro e em plantas de tomate.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia). Universidade Federal de Santa Catarina. Curitibanos. 2018.

CKLESS, J. JAHNKE, S. M.; **Potencial de óleos essenciais de plantas bioativas no controle de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) em couve.** XXXI SIC. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Campus do Vale, 2019.

DANTAS, P. C.; ARAÚJO, R. G. V.; ABREU, L. A.; SABINO, A. R.; SILVA, C. S.; FIGUEIROA, L. E.; CUNHA, J. L. X. L.; DUARTE, A. G.; **Avaliação de extratos botânicos no controle da cochonilha de escama *Diaspis echinocacti* (brouché, 1833) (Hemiptera: Diaspididae).** Brazilian Journal of Development. Curitiba, v. 5, n. 3, p. 2012-2017. 2019.

FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F.; **Nematologia de plantas: fundamentos e importância.** Norma Editora. Manaus, 2016. 251 p.

FERRAZ, S.; LOPES, E. A.; AMORA, D. X. Controle de fitonematoides com o uso de extratos e óleos essenciais de plantas. In: POLTRONIERI, L. S.; ISHIDA, A. K. N. (Ed). **Métodos alternativos de controle de insetos-praga, doenças e plantas daninhas. Panorama atual e perspectivas na agricultura.** Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2008. 308. p.

GOMES, C. S.; **Impactos da expansão do agronegócio brasileiro na conservação dos recursos naturais.** Cadernos do Leste. Belo Horizonte, v. 19, n. 19, jan-dez. 2019.

GONÇALVES, A. O.; MOREIRA, P. E. S.; CAMARA, G. R.; ALVES, F. R.; MORAES, W. B.; **Efeito nematocida de óleo essencial de eucalipto sobre nematoides das galhas.** Anais da 30ª Semana Acadêmica do curso de Agronomia do CCAE/UFSE. Espírito Santo, 2017.

GONÇALVES, F. J. T.; BARBOSA, F. G.; LIMA, J. S.; COUTINHO, I. B. L.; OLIVEIRA, F. C.; ROCHA, R. R.; ANDRADE NETO, M.; **Atividade antagonista de óleos essenciais de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae) sobre *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood.** Rev. Bras. Pl. Medicin. Campinas, v. 18, n. 1, p. 149-156, 2016.

GRANDI, T. S. M.; **Tratado das plantas medicinais mineiras, nativas e cultivadas.** Adaequatio Estúdio, 1ª ed. digital. Belo Horizonte. 2014.

HALFELD-VIEIRA, B. A.; PRADO, J. S. M.; NECHET, K. L.; MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W.; **Defensivos agrícolas naturais uso e perspectivas.** Embrapa. Brasília, 2016.

MARTINS, G. S. O.; ZAGO, H. B.; COSTA, A. V.; JÚNIOR, L. M. A.; CARVALHO, J. R.; **Caracterização química e toxicidade de óleos essenciais cítricos sobre *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae).** Rev. Catinga, Mossoró, v. 3, n. 3, p. 811-817, jul. - set., 2017.

MONNERAT, R.; PRAÇA, L. B.; SILVA, E. Y. Y.; MONTALVÃO, S.; MARTINS, E.; SOARES, C. M.; QUEIROZ, P. R.; **Produção e controle de qualidade de produtos biológicos à base de *Bacillus thuringiensis* para uso na agricultura.** Documentos 360. Embrapa. Brasília - DF. 2018.

OLIVEIRA, A. C. O.; PREVIERO, C. A.; SOUZA, E. A.; BARROS, L. M. S.; SANTOS, V. S.; **Cultivo, manipulação e uso de plantas medicinais como defensivos naturais no controle de pragas.** Cadernos de Agroecologia. São Cristóvão - SE, v. 15, n. 2. 2020.

OLIVEIRA, M. R. S.; DANTAS, J. O.; ARAÚJO-PIOVEZAN, T. G.; **Óleos essenciais de eucalipto no controle de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera).** Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia, São Cristóvão, Sergipe - v. 15, n. 2, 2020.

PERES, L. E. P. **Metabolismo Secundário.** ESALQ. Piracicaba – SP. 2021.

PINHEIRO, A. I.; COSTA, R. S.; OLIVEIRA, L. K. B.; AMORIM, A. V.; SOUZA, F. E. C.; **Utilização de produtos naturais como alternativa no controle de pragas: revisão bibliográfica exploratória.** V WINOTEC. Sobral - CE, 2018.

QUEIROZ, T. N.; PASCUALI, L. C.; SILVA, A. C. P.; PORTO, A. G.; CARVALHO, J. W. P.; **Extratos e óleos essenciais como alternativa no controle de *Sclerotinia sclerotiorum* e *Sclerothium rolfsii* isolados de soja (*Glycine max* L.).** Rev. Agro. e Meio Amb. Maringá, v. 13, n. 2, p. 737-753, abr./jun. 2020.

RIBEIRO, R. C.; **Da cozinha para o campo: Potencial de óleos essenciais de condimentos para o controle de Lepidópteros e a seletividade sobre o seu predador.** Tese de Doutorado (Pós-Graduação em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2014.

ROMÃO, A. S.; ARAÚJO, W. L.; **Fungos patogênicos: mecanismos moleculares de infecção e estabelecimento na planta.** ESALQ Disponível em: < <http://www.esalq.usp.br/departamentos/lgn/pub/seminar/ASRomao-200702-Resumo.pdf> > acesso em: 28 de março de 2021.

SANTOS, A. K. A.; PINHEIRO, C. C. C.; FERREIRA, C. S.; LOUZANO, F. S. O.; SILVA, L. C. A.; SILVA, I. L. S. S.; **Uso de extratos vegetais no controle in vitro de patógenos em sementes de *Glycine max* (L.).** Editora Possion. Belo Horizonte – MG, 2020.

SANTOS, V. S. V.; SOARES, C. J. S. R.; **Hortas urbanas e periurbanas: produtos alternativos utilizados no controle de pragas em Teresina - PI.** Informe Acadêmico. Teresina, v. 41, n. 2, jul.-dez. 2020.

SARDEIRO, L. S.; FREIRE, A. S.; OLIVEIRA, J. E. M.; MELO, I. A.; **Produtos naturais no manejo de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae).** XXVI Congresso Brasileiro de Fruticultura. Juazeiro - BA/Petrolina - BA. 2019.

SILVA JÚNIOR, D. F.; CARNEIRO, J. L.; SILVA, A. M.; SOUZA, M. S.; **Manejo de insetos fitófagos na cultura da batata-doce *Ipomoea batatas* (L.) Lam.** Brazilian Journal of Development. Curitiba, v. 6, n. 1, p. 4050-4056. 2020.

SILVA, L. S.; SILVA, A. P. R.; MEDEIROS, T. R.; DAVID, G. Q.; PERES, W. M.; SORATO, A. M. C.; **Controle alternativo do fungo *Colletotrichum gloeosporioides* com óleos essenciais.** Anais do VI, X CBA, V SEMDF, v. 13, n. 1, jul. 2018.

SOBRINHO, R. B.; MOTA, M. S. C. S.; PEREIRA, R. C. A.; ROCHA, F. N. B.; **Potencial de óleos essenciais no controle de *Aleurodicus cocois* (Curtis, 1846) em cajueiro.** EMBRAPA. FORTALEZA, 2018.

SOUZA, M. A.; **Controle do pulgão *Aphis craccivora* Koch em feijão-caupi com óleos vegetais fixos e essenciais.** Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Agronomia). Teresina, 2017.

STASIAK, M. A.; **Potencial inseticida de óleos essenciais sobre *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae).** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A.; (2017). **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** (6 ed.). Porto Alegre: Artmed.

CAPÍTULO 3

USO DE UM EXTRATOR ARTESANAL PARA OBTENÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS

USE OF AN ARTISAN EXTRACTOR TO OBTAIN ESSENTIAL OILS

DOI: <https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.03>

Submetido em: 02/11/2022

Revisado em: 21/11/2022

Publicado em: 04/12/2022

Michele Sousa Travassos Torres

Universidade Federal do Vale do Rio São Francisco, Departamento de Pós-graduação
em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial, Juazeiro- BA

<http://lattes.cnpq.br/8285810788197107>

Rita de Cássia Rodrigues Gonçalves Gervásio

Universidade Federal do Vale do Rio São Francisco, Departamento de Engenharia
Agrônômica, Petrolina-PE

<http://lattes.cnpq.br/8008165182839362>

Yury Jansen Soares Siqueira Torres

Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Departamento de Química Analítica

<http://lattes.cnpq.br/7582349700423169>

Resumo

Os óleos essenciais são líquidos oleosos e aromáticos, extraídos de folhas, cascas, flores e sementes de diversas plantas. Apresentam várias aplicações, principalmente, na indústria farmacêutica e cosmética. Recentemente, inúmeras pesquisas vêm evidenciando o grande potencial bioinseticida de óleos essenciais, como os das espécies de marmeleiro, laranja e alecrim. Dentre os diversos métodos de extração, o de maior aplicação é o de hidrodestilação. Pelo grande potencial inseticida dos óleos essenciais, o presente trabalho teve por objetivo, confeccionar um extrator artesanal e avaliar a sua eficácia e viabilidade, de forma que possa servir como fonte de informação e inspiração para que o homem do campo, possa fazer suas próprias extrações, e que o produto extraído, passe a ser uma opção a mais no manejo de insetos-pragas. Para avaliar a eficácia do extrator artesanal construído a partir de utensílios domésticos, foram realizadas paralelamente, extrações utilizando-se do extrator Clevenger, de forma a comparar os valores de rendimentos. Verificou-se que a confecção do extrator artesanal é bastante simples e apresenta baixo custo de produção. Os rendimentos médios dos óleos essenciais obtidos através do extrator artesanal para as espécies de marmeleiro, laranja e alecrim foram de 0,44%, 0,69% e 0,63%, respectivamente. Os valores foram

próximos, ou ligeiramente inferiores aos obtidos com o uso do aparelho Clevenger. O rendimento do extrator artesanal apesar de ter sido menor, o volume de óleo essencial obtido foi satisfatório. A eficiência no processo de extração, o volume de óleo obtido e o custo de produção, se mostraram favoráveis à extração artesanal.

Palavras-Chave: plantas aromáticas. hidrodestilação. extração. rendimento.

Abstract

Essential oils are oily and aromatic liquids extracted from leaves, bark, flowers and seeds of various plants. They have several applications, mainly in the pharmaceutical and cosmetics industry. Recently, numerous studies have shown the great bioinsecticidal potential of essential oils, such as quince, orange and rosemary species. Among the various extraction methods, the one with the greatest application is hydrodistillation. Due to the great insecticidal potential of essential oils, the present work aimed to make a handmade extractor and evaluate its effectiveness and feasibility, so that it can serve as a source of information and inspiration for the rural man to make his own extractions and that the extracted product becomes one more option in the management of insect pests. To evaluate the effectiveness of the artisanal extractor built from household items, extractions were carried out in parallel using the Clevenger extractor, in order to compare the yield values. It was found that the manufacture of the handmade extractor is quite simple and has a low production cost. The average yields of essential oils obtained through the artisanal extractor for the quince, orange and rosemary species were 0.44%, 0.69% and 0.63%, respectively. The values were close to, or slightly lower than those obtained using the Clevenger appliance. The yield of the artisanal extractor, despite being lower, the volume of essential oil obtained was satisfactory. The efficiency in the extraction process, the volume of oil obtained and the cost of production, proved to be favorable to artisanal extraction.

Keywords: aromatic plants. hydrodistillation. extraction. Yield.

Introdução

O controle de pragas com o uso de inseticidas botânicos é uma prática milenar, utilizada há mais de dois mil anos por chineses, egípcios e gregos (ISMAN, 2006). Atualmente, essa prática continua sendo difundida, sendo que os inseticidas de origem vegetal continuam sendo utilizados, seja para a proteção de culturas em campo ou em condições de armazenamento, como se observa em algumas regiões do Zimbábue e Uganda, onde 100% dos agricultores fazem uso de produtos botânicos (FAO, 2013; DOUGOUD *et al.*, 2018).

Quando os inseticidas sintéticos surgiram na década de 1940, acreditava-se que os bioinseticidas iriam desaparecer para sempre. No entanto, com o uso contínuo e indiscriminado dos primeiros, problemas começaram a ser identificados, como a contaminação do meio ambiente, resíduos em alimentos e rações, pragas cada vez mais resistentes, o que acabou despertando, novamente, o interesse pelos inseticidas botânicos (SILVA-AGUAYO, 2013). Nesse sentido, nas últimas décadas, pesquisadores vêm direcionando seus esforços na procura de produtos naturais, como alternativa aos inseticidas químicos convencionais, que sejam seguros e que possam oferecer uma melhor proteção contra pragas (YANG *et al.*, 2015). Assim, a toxicidade e as questões

residuais relacionadas a inseticidas sintéticos, mudou o foco das pesquisas, as quais passaram a priorizar a ação de agentes naturais no controle de pragas (PAPANIKOLAOU *et al.*, 2022).

Nos últimos anos, inúmeros trabalhos vêm destacando a possibilidade do uso de óleos essenciais (OEs) de plantas, como ferramenta disponível e de baixo risco no manejo de pragas. Os OEs são compostos químicos presentes naturalmente nas plantas, que podem ser utilizados como alternativas às formulações sintéticas, principalmente, por serem mais seguros para os seres humanos (IQBAL *et al.*, 2021). Os óleos essenciais são líquidos naturais de grande complexidade, aromáticos, voláteis, hidrofóbicos e oleosos, constituídos por diversos compostos sintetizados pelas plantas aromáticas como metabólitos secundários (SWAMY *et al.*, 2016), incluindo terpenos, terpenóides, fenilpropanóides e vários compostos de baixo peso molecular (NIKMARAM *et al.*, 2018; WIŃSKA *et al.*, 2019). Os componentes bioativos dos OEs são naturalmente voláteis, possibilitando um odor bem construído e a capacidade de liberar aroma ou sabor (SMITH *et al.*, 2005). O termo “óleo essencial” originou-se de “essência”, que corresponde à presença de fragrância e sabores.

Os OEs por serem eficazes no manejo de insetos-praga, pela grande biodisponibilidade na natureza e por apresentarem uma boa relação custo-benefício, são apontados como alternativas promissoras como pesticidas botânicos (CAMPOLO *et al.*, 2018). São especialmente eficientes para o controle de pragas em grãos armazenados (ZIMMERMANN *et al.*, 2021).

Os OEs exercem efeitos múltiplos nos insetos, afetando uma ampla gama de processos fisiológicos, incluindo-se efeitos tóxicos de contato e fumigação, ação repelente, alterações no desenvolvimento e comportamento, esterilidade/infertilidade (ISMAN, 2000). O efeito tóxico, provocado nos insetos, é comumente atribuído aos terpenos (ROH *et al.*, 2020), principais constituintes dos OEs de plantas (CAZELLA *et al.*, 2019). O efeito inseticida por contato, tem como mecanismo de ação mais plausível, uma ação neurotóxica (PLATA-RUEDA *et al.*, 2017), já com relação ao efeito inseticida por fumigação, o mecanismo de ação mais provável, é por meio da ação de monoterpenoides no sistema respiratório (MOSSA, 2016).

São várias as espécies de plantas, cujas propriedades pesticidas são conhecidas em condições de laboratório (STEVENSON *et al.*, 2017). Silva *et al.*, (2020) observaram em testes de toxicidade por contato, a ação inseticida do óleo essencial do marmeleiro

(*Croton blanchetianus*) sobre o caruncho-do-feijão (*Callosobruchus maculatus*), demonstrando que é uma alternativa viável contra uma das principais pragas de grãos armazenados. Entre os OEs de citros, o óleo de laranja (*Citrus sinensis*) apresenta forte atividade fumigante e de contato contra duas pragas de grãos armazenados, adultos do gorgulho-do-milho (*Sitophilus zeamais*) e do besouro-vermelho-da farinha (*Tribolium castaneum*), muito em função da dominância do limoneno na composição do óleo (KIM e LEE, 2014; CHAIEB *et al.*, 2018). O OE de alecrim (*Rosmarinus officinalis*) apresenta excelente ação inseticida e repelente contra uma das mais importantes pragas de grãos e sementes armazenados, o caruncho-do-feijão (*Callosobruchus maculatus*), mesmo em concentrações relativamente baixas (KRZYŻOWSKI *et al.*, 2020).

Os OEs podem ser extraídos de inúmeras espécies de plantas, onde se destacam as famílias Asteraceae e Lamiaceae (RAUT *et al.*, 2014). Essas substâncias se constituem nos principais metabólitos secundários isolados de folhas, cascas, flores, brotos, sementes, raízes, caule e frutos de diversas plantas aromáticas (MAURYA *et al.*, 2021).

O fato dos OEs se apresentarem como substâncias altamente voláteis, vaporizando-se rapidamente sob efeito do aumento da temperatura, tornou a técnica de extração por destilação, a mais utilizada para a maioria das plantas aromáticas, principalmente, quando se quer extrair o OE das folhas (PINHEIRO, 2003). A extração dos OEs pode ser realizada por diferentes métodos. Industrialmente, são utilizados os mais tradicionais, principalmente, a destilação com água e vapor, destilação direta com vapor de água e destilação com água (hidrodestilação) (BOŽOVIĆ *et al.*, 2017).

Na destilação com água e vapor, o material vegetal é colocado acima da água, que quando aquecida, produz vapor que atravessa a planta, volatilizando o óleo essencial. O vapor, que consiste na mistura de óleo e água, ao passar por um condensador, é resfriado e, como os componentes voláteis e a água são imiscíveis, irá ocorrer a formação de duas fases líquidas, que podem ser facilmente separadas (SATOR, 2009). Já na destilação a vapor, o sistema de extração é composto por dois compartimentos, um com água, que quando aquecida, produz o vapor que se desloca através de uma tubulação até o outro compartimento com o material vegetal, que quando atravessado pelo vapor, volatiliza o óleo essencial, que segue para o condensador. Na hidrodestilação, a amostra vegetal fica em contato com a água fervente, o vapor força a abertura das paredes celulares e ocorre a evaporação do óleo que está entre as células da planta.

A hidrodestilação consiste em inserir uma massa conhecida da parte da planta que se deseja extrair o OE, em um recipiente com volume determinado de água. Posteriormente, este recipiente é fechado e aquecido até a fervura, causando a ruptura da parede celular do tricoma, que contém a gotícula de óleo essencial, iniciando o processo de volatilização tanto da água, quanto do óleo, que neste momento, já é extraído da planta. O recipiente em aquecimento é então, acoplado a uma serpentina refrigerada, de modo que as trocas térmicas proporcionem a condensação da água e do óleo essencial, que voltam ao estado líquido. A mistura líquida condensada é heterogênea, apresentando duas fases líquidas distintas, onde a fase superior será a de óleo essencial, por possuir densidade inferior à da água. A fase inferior, classificada como hidrolato, é constituída pela parte aquosa do processo de extração, composto por substâncias químicas solúveis em água, além de uma grande quantidade de constituintes do óleo essencial. Por fim, utiliza-se um separador, ou seja, um recipiente que recebe a mistura líquida de hidrolato e óleo essencial, com uma torneira acoplada na sua parte inferior, a qual tem a finalidade de separar espontaneamente, líquidos imiscíveis de densidades diferentes. Ao abrir a torneira, escoam-se apenas o líquido mais denso (hidrolato), em seguida, o óleo é coletado (WOLFFENBUTTEL, 2016).

O extrator de óleo essencial mais utilizado em escala laboratorial é do tipo Clevenger, que apesar de fornecer bons resultados, apresenta limitações, por ser de vidro e operar com pequenos volumes, o que inviabiliza qualquer projeto cujo objetivo seja obter óleos essenciais em quantidade maiores. Essa realidade motivou a realização do presente trabalho, para avaliar a eficiência de um extrator totalmente artesanal, o qual utiliza o mesmo princípio (arraste a vapor) do Clevenger, mas com a possibilidade de se obter volumes maiores de OEs. Além disso, a hidrodestilação é um dos métodos de extração mais aplicado em função dos baixos requisitos de investimento e custos operacionais em comparação com outros métodos de extração, como dióxido de carbono em estado subcrítico, micro-ondas, ultrassom e solventes apolares.

A maioria dos agricultores, por falta de informações, desconhecem as formas de obtenção e as vantagens dos óleos essenciais como pesticidas naturais para o controle de pragas, o que acaba limitando a sua aceitação e o seu uso em campo. Nesse sentido, o presente trabalho teve por objetivo, mostrar que a obtenção de óleos essenciais é simples, podendo ser realizada por meio de um extrator artesanal de fácil construção, possibilitando que o agricultor possa fazer extrações em sua propriedade. Para confirmar

a eficiência desse extrator artesanal, o rendimento na extração de óleo essencial de três espécies botânicas (*Croton blanchetianus*, *Citrus sinensis* e, *Rosmarinus officinalis*) foi comparada com os rendimentos obtidos na extração com o aparelho Clevenger.

Metodologia

• Seleção e Identificação das Espécies Vegetais

Para a seleção das espécies vegetais, foi levada em consideração sua disponibilidade na região semiárida, seu potencial na extração de óleo essencial e sua atividade inseticida. Nesse sentido, foram selecionadas as espécies: *Rosmarinus officinalis*, *Citrus sinensis*, *Croton blanchetianus*, que são facilmente encontradas, apresentam um bom rendimento e atividade inseticida comprovada, conforme trabalhos devidamente citados. O material para extração dos OEs foi constituído de folhas frescas de *C. blanchetianus* (latitude -9.26707946 e longitude de -40.43271789) e *Rosmarinus officinalis* (latitude -9.38501837 e longitude de -40.47118161) e cascas frescas de frutos de *Citrus sinensis* coletados no Ceasa de Juazeiro, BA.

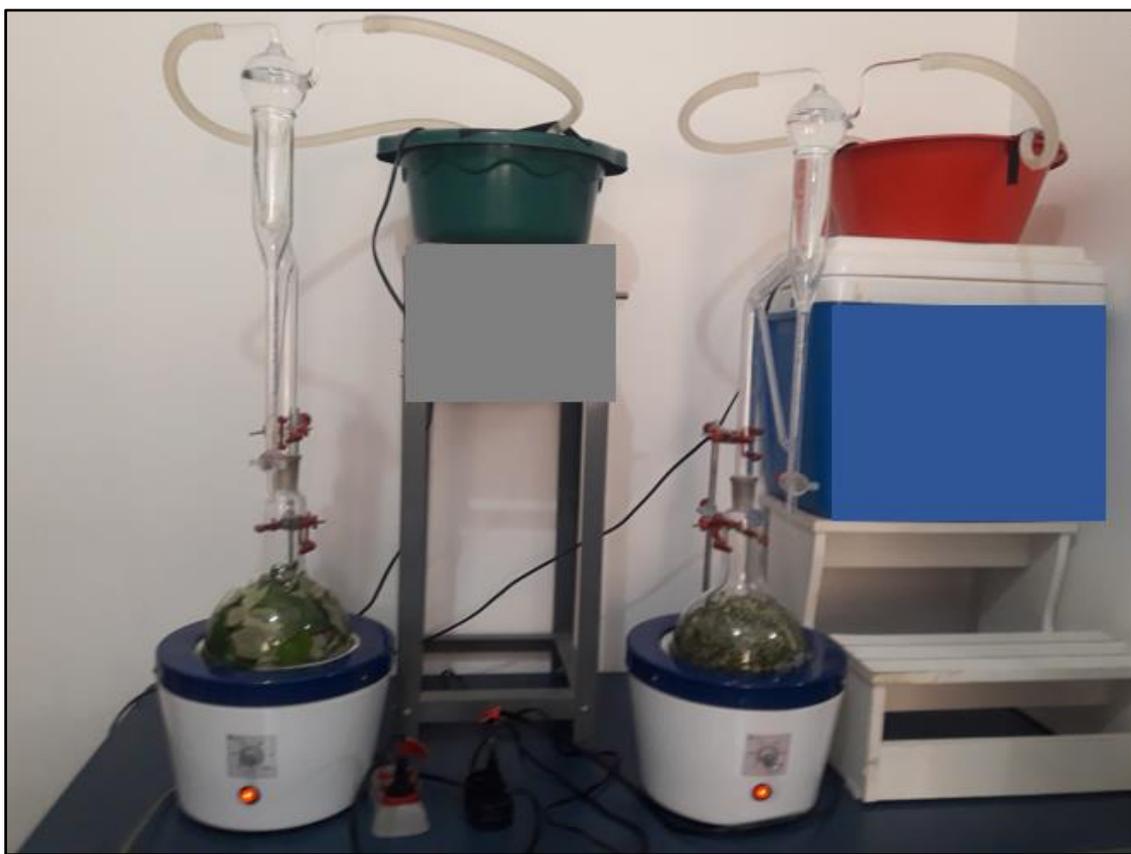
• Extração e rendimento do óleo essencial por hidrodestilação utilizando equipamento convencional Clevenger

Para a extração dos OEs, foram pesadas em triplicata, 100g de folhas frescas de *Croton blanchetianus* e de *Rosmarinus officinalis* e 100 g de cascas trituradas de *Citrus sinensis*. Esse material foi transferido separadamente para balões volumétricos de 2 Litros, com posterior adição de 1,5 L de água. Esses balões foram acoplados individualmente a um aparelho de Clevenger, para se proceder a hidrodestilação (Figura 1), seguindo as recomendações da Farmacopeia Europeia (1983). Ao final do processo, o óleo essencial foi medido diretamente em uma bureta de extração. A análise gravimétrica para obter o rendimento de óleo (% p/p) foi realizada, com base no peso fresco, de acordo com a seguinte equação:

$$RO\% = (Mo * 100) / Bm.$$

Onde: RO%, Mo e Bm, correspondem ao rendimento do óleo essencial, a massa do óleo essencial extraído e biomassa vegetal, respectivamente.

Após a extração, os óleos foram armazenados em frasco âmbar e conservados a 4°C até o uso.

Figura 1. Extração de OEs por hidrodestilação utilizando o equipamento Clevenger.

Fonte: Torres, M.S.T. (2021)

- **Extração e rendimento do óleo essencial por hidrodestilação utilizando equipamento artesanal**

Os óleos essenciais foram extraídos pelo método de hidrodestilação, conforme descrito no tópico 2.2 e, de acordo com método recomendado pela Farmacopeia Europeia (1983), ajustado para o uso do destilador artesanal. Na hidrodestilação, a matéria-prima vegetal foi completamente mergulhada em água. O processo baseou-se na volatilização do óleo essencial a partir de uma corrente de vapor de água (WALTERMAN, 1993).

Foram pesadas três amostras de folhas frescas de cada espécie vegetal em estudo. A Tabela 1 mostra as massas pesadas para cada espécie vegetal. As cascas de laranja foram separadas do endocarpo e cortadas em pedaços de aproximadamente $2 \times 5 \times 3$ mm.

Tabela 1. Massa vegetal utilizadas na extração.

	<i>C. blanchetianus</i>	<i>C. sinensis</i>	<i>R. officinalis</i>
Massa Vegetal (g)	1000	500	250

Fonte: Torres, M.S.T. (2021)

O sistema de extração artesanal por hidrodestilação foi construído, utilizando-se de utensílios domésticos, de preço acessível e comumente achado no comércio (Figura 2).

Figura 2. Extração de OEs por hidrodestilação utilizando o equipamento artesanal.

Fonte: Torres, M.S.T. (2021)

Para a confecção do extrator artesanal, foi utilizada uma panela de pressão de alumínio de 20 l com tampa de vedação; uma panela de alumínio de 350 l, que funciona como uma tina de água fria para resfriar e condensar o vapor que passa pela serpentina submersa em água. Foi utilizado um tubo de cobre flexível de ½", de 5 metros de comprimento, onde uma das extremidades foi conectada ao pino central da panela de pressão, próximo a outra extremidade, o tubo foi enrolado em forma de espiral, constituindo a serpentina do condensador.

Na panela (tina de resfriamento), foram abertos dois orifícios alinhados verticalmente, sendo o primeiro na parte superior da panela para encaixe de uma torneira esfera jardim Ivm Italy 1/2 X 3/4 latão forjado (válvula de controle de saída de água) e, o segundo, na parte inferior, para saída do cano de cobre que conduziu o óleo essencial e o hidrolato já condensados.

A mistura condensada de óleo essencial e hidrolato foi coletada em um recipiente de vidro, que logo em seguida, realizou-se a separação através de um funil de separação. O volume de óleo obtido foi armazenado em recipiente de vidro cor âmbar.

O experimento para avaliar a eficiência do extrator artesanal em comparação com o método tradicional seguiu o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial, sendo os fatores constituídos por três espécies vegetais (*Rosmarinus officinalis*, *Citrus sinensis*, *Croton blanchetianus*) e dois extratores (Clevenger e extrator artesanal) com cinco repetições. Após a determinação dos rendimentos, os resultados foram submetidos à análise de variância e no caso de efeito significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com o auxílio do software Sisvar (FERREIRA, 2014).

Resultados e Discussão

A confecção do extrator artesanal com materiais alternativos encontrados facilmente no comércio de utensílios domésticos foi extremamente simples e, o custo foi relativamente baixo (INCLUIR OS DADOS DE CUSTO DO EQUIPAMENTO). A hidrodestilação é um dos métodos mais utilizados na extração de óleos essenciais e, no presente trabalho, o sistema extrator (panela de pressão) de 20 litros comporta uma boa quantidade de material vegetal, favorecendo a obtenção de um maior volume de óleo essencial a cada processo de extração.

Croton blanchetianus, popularmente conhecido como marmeleiro, é um arbusto rico em metabólitos secundários que apresenta inúmeras atividades biológicas, incluindo atividade inseticida de contato e por fumigação (SILVA *et al.*, 2020; TORRES, 2021). Por se tratar de uma planta típica de climas semiáridos, é encontrado em abundância no nordeste brasileiro. Além disso, apresenta um considerável teor de óleos essenciais. Os rendimentos médios do óleo essencial de folhas frescas de *Croton blanchetianus* obtidos por hidrodestilação, utilizando o aparelho de Clevenger e o extrator artesanal, foram 0,49% e 0,44%, respectivamente, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Rendimento médio do óleo essencial de *C. blanchetianus*.

<i>Clevenger</i>			<i>Artesanal</i>		
Volume Extraído (mL)	Volume Extraído (g)	Rendimento (%)	Volume Extraído (mL)	Volume Extraído (g)	Rendimento (%)
0,54	0,53	0,53	4,8	4,7	0,47
0,50	0,49	0,49	4,6	4,5	0,45
0,49	0,48	0,48	5,0	4,9	0,49
0,49	0,48	0,48	4,1	4,2	0,42
0,48	0,47	0,47	4,0	4,1	0,41
Rendimento Médio		0,49	Rendimento Médio		0,44

Fonte: Torres, M.S.T. (2021)

Por não se encontrar na literatura trabalhos que descrevem os rendimentos de óleos essenciais por métodos não convencionais, ou seja, que se utilizam de um sistema de extração totalmente artesanal, em todos os trabalhos aqui referenciados, com o propósito de comparação de rendimentos, as extrações foram realizadas por meio do método convencional, utilizando-se o Clevenger. Como a metodologia de extração (hidrodestilação) é a mesma, seja do aparelho de Clevenger ou do extrator artesanal, os relatos dos trabalhos utilizados como parâmetro, serviram para fins comparativos. Vale destacar que os valores de rendimentos para a espécie *C. blanchetianus*, pelo método convencional e artesanal, foram bastante homogêneos (Tabela 2).

Ao extrair o óleo essencial de *C. blanchetianus*, Pereira (2017) relatou um rendimento de 0,40%, um pouco menor que os valores obtidos no presente trabalho, inclusive, no extrator artesanal. Já Angélico (2011), para a mesma espécie vegetal, obteve um rendimento de 0,72%, superior a todos os valores aqui apresentados. Silva *et al.* (2006) apontam que essas variações podem ser atribuídas a vários fatores, tais como: época da coleta, condições climáticas, idade do material vegetal, período e condições de armazenamento, método e tempo de destilação. De acordo com Lefebvre *et al.* (2020), a técnica de extração e as condições de operação podem afetar significativamente o desempenho do processo e, finalmente, a eficiência da extração.

A laranja doce (*Citrus sinensis*) é o fruto de uma das árvores mais cultivada no mundo (PANDHARIPANDE e MAKODE, 2012). O conteúdo de óleo essencial nas

cascas de frutas cítricas varia entre 0,5 e 5,0% (p/v) (PALAZZOLO *et al.*, 2013). Os rendimentos médios do óleo essencial de *Citrus sinensis* obtidos por hidrodestilação, utilizando o aparelho de Clevenger e o artesanal, foram 1,09% e 0,69%, respectivamente (Tabela 3). Apesar do rendimento obtido através do Clevenger ter sido um pouco superior ao do extrator artesanal, ainda assim, os valores ficaram dentro do intervalo (0,5-5,0%) estabelecido por Palazzolo *et al.*, (2013).

Tabela 3. Rendimento médio do óleo essencial de *C. sinensis*.

<i>Clevenger</i>			<i>Artesanal</i>		
Volume Extraído (mL)	Volume Extraído (g)	Rendimento (%)	Volume Extraído (mL)	Volume Extraído (g)	Rendimento (%)
1,5	1,23	1,23	6,7	5,51	0,73
1,4	1,15	1,15	6,5	5,35	0,71
1,4	1,15	1,15	6,4	5,26	0,70
1,2	0,99	0,99	6,1	5,02	0,67
1,1	0,96	0,96	5,9	4,87	0,65
Rendimento Médio		1,09	Rendimento Médio		0,69

Fonte: Torres, M.S.T. (2021)

Outros autores que extraíram óleos essenciais de cascas de laranjas obtiveram resultados semelhantes. Kamal *et al.* (2011) ao investigar o rendimento de óleo essencial de cascas de *C. sinensis* frescas, secas ao ambiente e em estufa, encontraram valores que variaram de 0,24 a 1,07%. Sharma e Tripathi (2008), relataram rendimento máximo de 1,8% em cascas de *C. sinensis* e Assunção (2013), por sua vez, obteve um rendimento de 2,47%.

O alecrim (*Rosmarinus officinalis*) é uma planta aromática, medicinal e condimentar pertencente à Família Labiatae, cujo óleo essencial, possui um grande valor comercial, devido a inúmeras propriedades biológicas, inclusive, atividade inseticida. Os rendimentos médios do óleo essencial de *Rosmarinus officinalis* obtidos por hidrodestilação, utilizando o aparelho de Clevenger e o artesanal, foram 1,0% e 0,63%, respectivamente, conforme mostra a Tabela 4. Igualmente como ocorreu para a espécie *C. sinensis*, a eficiência na extração do extrator artesanal ficou um pouco abaixo ao do

extrator Clevenger. Outros trabalhos resultaram em valores de rendimentos aproximados aos da presente pesquisa, principalmente, aos obtidos através do extrator Clevenger. Hussain *et al.* (2010), obtiveram rendimento de 0,93%, e Elyemni *et al.* (2022) encontraram valores de rendimentos que variaram entre 1,35 e 2,24%.

Tabela 4. Rendimento médio do óleo essencial de *R. officinalis*.

<i>Clevenger</i>			<i>Artesanal</i>		
Volume Extraído (mL)	Volume Extraído (g)	Rendimento (%)	Volume Extraído (mL)	Volume Extraído (g)	Rendimento (%)
1,19	1,10	1,12	1,87	1,7	0,69
1,06	0,98	0,98	1,95	1,8	0,72
1,05	0,97	0,97	1,62	1,5	0,60
1,0	0,97	0,97	1,6	1,5	0,60
0,9	0,96	0,96	1,5	1,4	0,57
Rendimento Médio		1,0	Rendimento Médio		0,63

Fonte: Torres, M.S.T. (2021)

Na metodologia apresentada, para a extração artesanal do óleo essencial da espécie *C. blanchetianus*, utilizou-se a maior massa, 1000 g, já para as espécies de *C. sinensis* e *R. officinalis*, as massas foram de 500 g e 250 g, respectivamente. Conforme observado, a maior homogeneidade nos valores de rendimento entre o extrator artesanal e o Clevenger, ocorreu quando se utilizou uma maior quantidade de material. Como na extração artesanal, utilizou-se uma panela de 20 L, onde foi misturada a massa vegetal com a água, acredita-se que o volume vegetal, ocupando um maior espaço dentro do recipiente, tenha influenciado o rendimento.

Através da análise de variância, observa-se que a dispersão entre os resultados obtidos pelas extrações artesanal e convencional foi baixa, de 8,66% (Tabela 5). Isso demonstra que os dados obtidos entre os grupos são homogêneos, comprovando a eficácia e viabilidade e, conseqüentemente, validando o equipamento de extração artesanal.

Tabela 5. Rendimento de óleo essencial obtido por meio de dois métodos de extração.

Espécie	Método de Extração do OE ^(*)	
	Clevenger	Artesanal
<i>C. sinensis</i>	1,10 ± 0,05 a	0,69 ± 0,01 b
<i>C. blanchetianus</i>	0,49 ± 0,01 a	0,45 ± 0,01 a
<i>R. officinalis</i>	1,00 ± 0,03 a	0,64 ± 0,03 b
CV ^(**)	8.66	

(*) Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

(**) CV = Coeficiente de Variação.

Fonte: Torres, M.S.T. (2021)

Considerações Finais

A confecção de um extrator artesanal para a extração de óleos essenciais, pelo método da hidrodestilação é simples. As peças necessárias são facilmente encontradas no comércio a um custo relativamente baixo. Considerando que, para a obtenção de óleos essenciais são requeridos apenas a massa vegetal que pode ser constituída por espécies abundantes na natureza, como é o caso do marmeleiro, na região Nordeste, além de água e uma fonte de calor, o custo de extração também é baixo.

O extrator, apesar de ser artesanal, mostrou ser eficiente, com valores de rendimentos satisfatórios, próximos aos encontrados por outros autores que utilizaram o equipamento Clevenger. Além disso, apresenta a vantagem de comportar uma massa vegetal muito maior do que o Clevenger, o que resulta em uma maior produção de óleo essencial a cada processo de extração.

A eficiência no processo de extração, o volume de óleo obtido e o custo de produção, todos esses fatores, se mostraram favoráveis à extração artesanal de óleos essenciais, os quais podem ser utilizados como pesticidas botânicos por agricultores.

Referências

ANGÉLICO, E.C. **Avaliação das atividades antibacteriana e antioxidante de *Croton Heliotropiifolius* Kuntze e *Croton blanchetianus* Baill.** 2011. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Centro de Saúde e Tecnologia Rural. Universidade Federal de Campina Grande, Patos, Paraíba, 2011. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/2963>. pdf. Acesso em 5 jan. 2020.

ASSUNÇÃO, G. V. de. **Chemical characterization and evaluation of the larvicidal activity front *Aedes aegypti* of the essential oil of the *Citrus sinensis* L. Osbeck (sweet orange) species.** 2013. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Química. Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2013. Disponível em: <https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/tede/954>. pdf. Acesso em 10 fev. 2020.

BOŽOVIĆ, M; NAVARRA, A.; GARZOLI, S.; PEPI, F. RAGNI, R. Essential oils extraction: a 24-hour steam distillation systematic methodology. **Natural Product Research.**v.31, n.20, p.2387-2396, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1309534>. Acesso em: 16 abr. 2020.

CAMPOLO, O.; GIUNTI, G.; RUSSO, A.; PALMERI, V.; ZAPPALÀ, L. Essential Oils in Stored Product Insect Pest Control. Hindawi. **Journal of Food Quality.**, v. 2018. Article ID 6906105, p.18. Doi: 10.1155/2018/6906105.1155/2018/6906105. 2018.

CAZELLA, L. N.; GLAMOCLIJ, J.; SOKOVIĆ, M.; GONÇALVES, J. E.; LINDE, G. A.; COLAUTO, N. B. et al. Antimicrobial activity of essential oil of *Baccharis dracunculifolia* DC (Asteraceae) aerial parts at flowering period. **Frontiers in Plant Science.**, v.10, n. 27, 2019. Doi:10.3389/fpls.2019.00027.

CHAIEB, I.; ZARRAD, K.; SELLAM, R.; TAYEB, W.; HAMMOUDA, A. B.; LAARIF, A.; BOUHACHEM, S. Chemical composition and aphicidal potential of *Citrus aurantium* peel essential oils. **Entomologia Generalis.** v. 37, p. 63-75, 2018. Doi: 10.1127/entomologia/2017/0317.

DOUGOUD, J.; COCK, M.J.W.; EDGINGTON, S.; KUHLMANN, U. A baseline study using plant-wise information to assess the contribution of extension services to the uptake of augmentative biological control in selected low- to lower-middle-income countries. **BioControl.** v. 63, n. 1, p. 117-132, 2018. Doi: 10.1007/s10526-017-9823-y.

ELYEMNI, M.; EL OUADRHIRI, F.; LAHKIMI, A.; ELKAMLI, T.; BOUIA, A.; ELOUTASSI, N. Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Essential Oil of Wild and Cultivated *Rosmarinus officinalis* from Two Moroccan Localities. **Journal of Ecological Engineering.** v. 23, n. 3, p. 214-222, 2022. Doi:10.12911/22998993/145458.

EUROPEAN PHARMACOPOEIA. Part 1. MAISONNEUVE, S.A.; RUFFINE, S. p. V.4.5.8.1983.

FAO Statistical yearbook of the Food and Agricultural Organization of the United Nations. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia.** v.38, n.2, p. 109-112, Lavras, 2014.

HUSSAIN, A.I.; ANWAR, F.; CHATHA, S.A.S.; JABBAR, A.; MAHBOOB, S.; NIGAM, P.S. *Rosmarinus officinalis* essential oil: antiproliferative, antioxidant and antibacterial activities. **Brazilian Journal of Microbiology.** v. 41. n. 4, p. 1070–1078. Doi: 2010. 10.1590/S1517-83822010000400027.

IQBAL, T.; AHMED, N.; SHAHJEER, K.; AHMED, S.; AL-MUTAIRI, K. A.; KHATER, H. F.; ALI, R. F. Botanical Insecticides and their Potential as Anti-Insect/Pests: Are they Successful against Insects and Pests? **Global Decline of Insects**, edited by Hamadttu El-Shafie. London: IntechOpen, 2021. Doi: 10.5772/intechopen.100418.

ISMAN, M.B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**. v. 51, p. 45-66, 2006. Doi: 10.1146/annurev.ento.51.110104.151146.

ISMAN, M.B. Plant essential oils for pest and disease management. **Crop Protection**.v.19, n. 8-10, p. 603–608, 2000.

KAMAL, G.M; ANWAR, F.; HUSSAIN, A.I.; ASHRAF, M.Y. Yield and chemical composition of Citrus essential oils as affected by drying pretreatment of peels. **International Food Research Journal**. V.18, n. 4, p. 1275-1282, 2011. Disponível em: [http://ifrj.upm.edu.my/18%20\(04\)%202011/\(10\)IFRJ-2011-062.pdf](http://ifrj.upm.edu.my/18%20(04)%202011/(10)IFRJ-2011-062.pdf). Acesso em: 01 nov. 2021.

KIM, S.; LEE, D.W. Toxicity of basil and orange essential oils and their components against two coleopteran stored products insect pests. **Journal of Asia-Pacific Entomology**. v. 17, n.1, p. 13–17, 2014. Doi: 10.1016/j.aspen.2013.09.002.

KRZYŻOWSKI, M.; BARAN, B.; ŁOZOWSKI, B.; FRANCIKOWSKI, J. The Effect of Rosmarinus officinalis Essential Oil Fumigation on Biochemical, Behavioral, and Physiological Parameters of *Callosobruchus maculatus*. **Insects**.v.11, n. 6, p. 344. Doi: 10.3390/insects11060344.

LEFEBVRE, T.; DESTANDAU, E.; LESELLIER, E. Selective extraction of bioactive compounds from plants using recent extraction techniques: a Review. **Journal of Chromatography A**. v. 1635, 2020. Doi: 10.1016/j.chroma.2020.461770.

MAURYA, A.; PRASAD, J.; DAS, S.; DWIVEDY, A.K. Essential oils and their application in food safety. **Frontiers in Sustainable Food Systems**. v. 5, n. 653420, p. 133, 2021. Doi: 10.3389/fsufs.2021.65342.

MOSSA, A.T.H. Green pesticides: essential oils as biopesticides in insect-pest management. **Journal of Environmental Science and Technology**. 2016; v. 9, n. 5, p. 354–378, 2016. Doi: 10.3923/jest.2016.354.378.

NIKMARAM, N.; BUDARAJU, S.; BARBAD, F. J.; LORENZOE, J. M.; COX, R. B.; MALLIKARJUNAN, K.; ROOHINEJADC, S. Application of plant extracts to improve the shelf-life, nutritional and health-related properties of ready-to-eat meat products. **Meat Science** v. 145, p. 245–255, 2018. Doi: 10.1016/j.meatsci.2018.06.031. RAUT, J.S.; et al. A status review on the medicinal properties of essential oils. *Ind. Crops Prod.* 2014.

TABASSUM, N.; VIDYASAGAR, G. M. Antifungal investigations on plant essential oils. A review. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**. v. 5, n. 2, p. 19-28, 2014. Disponível em:

[file:///C:/Users/user%20client/Downloads/ReviewofNuzhat%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/user%20client/Downloads/ReviewofNuzhat%20(2).pdf). Acesso em 10 nov. 2021.

PALAZZOLO, E.; LAUDICINA, V.A.; GERMANÀ, M.A. Current and Potential Use of Citrus Essential Oils. **Current Organic Chemistry**. v. 17, n. 24, p. 3042-3049, 2013. Doi: 10.2174/13852728113179990122.

PANDHARIPANDE, S.; MAKODEB, H. Separation of oil and pectin from orange peel and study of effect of pH of extracting medium on the yield of pectin. **Journal of Engineering Research and Studies**. v. 3, n. 2, p. 6–9, 2012. Disponível em: [file:///C:/Users/user%20client/Downloads/SEPARATION_OF_OIL_AND_PECTIN_FROM_ORANGE_PEEL_AND_%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/user%20client/Downloads/SEPARATION_OF_OIL_AND_PECTIN_FROM_ORANGE_PEEL_AND_%20(1).pdf). Acesso em: 20 jun. 2021.

PAPANIKOLAOU, N.E.; KAVALLIERATOS, N.G.; ILIOPOULOS, V.; EVERGETIS, E.; SKOURTI, A.; NIKA, E.P.; HAROUTOUNIAN, S.A. Essential Oil Coating: Mediterranean Culinary Plants as Grain Protectants against Larvae and Adults of *Tribolium castaneum* and *Trogoderma granarium*. **Insects**. v. 13, n. 2, p. 165, 2022. Doi: 10.3390/insects13020165.

PEREIRA, B. P. V. **Estudo dos Constituintes Químicos do Óleo Essencial de *Croton blanchetianus* Baill presentes no povoado olho d'água no município de Paraníba-PI**. 2017. - PI. 51 f. Monografia (Graduação) – Curso de Licenciatura em Química. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Paraníba, 2017. Disponível em: <http://bia.ifpi.edu.br:8080/jspui/bitstream/123456789/348/2/ESTUDO%20DOS%20CONSTITUINTES%20QUIMICOS%20DO%20OLEO%20ESSENCIAL%20DE%20Croton%20blanchetianus.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2020.

PINHEIRO, A. L. **Produção de óleos Essenciais**. Viçosa: CPT, 2003.

PLATA-RUEDA, A.; MARTÍNEZ, L.C.; DOS SANTOS, M.H.; FERNANDES, F.L.; WILCKEN, C.F.; SOARES, M.A.; SERRÃO, J.E. ZANUNCIO, J.C.; Insecticidal activity of garlic essential oil and their constituents against the mealworm beetle, *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae). **Scientific Reports**. v. 7, p. 46406, 2017. Doi: 10.1038/srep46406.

ROH, G.H.; ZHOU, X.; WANG, Y.; CERMAK, S.C.; KENAR, J.A.; LEHMANN, A.; HAN, B.; TAYLOR, D.B.; ZENG, X.; PARK, C.G.; BREWER, G.J.; ZHU, J.J. Spatial repellency, antifeedant activity and toxicity of three medium chain fatty acids and their methyl esters of coconut fatty acid against stable flies. **Society of Chemical Industry Pest Manag Sci**. v. 76, n. 1, p. 405-414, 2020. Doi: 10.1002/ps.5574.

SARTOR, R. B.; 2009. **Modelagem, Simulação e Otimização de uma Unidade Industrial de Extração de Óleos Essenciais por Arraste a Vapor**. Dissertação (Mestrado). – Programa de Pós Graduação em Engenharia. Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/21924/000737903.pdf>. Acesso em 15 jun 2021.

SHARMA, N.; TRIPATHI, A. Effects of *Citrus sinensis* (L.) Osbeck epicarp essential oil on growth and morphogenesis of *Aspergillus niger* (L.) Van Tieghem.

Microbiological Research. v. 163, p.337- 44, 2008. Doi: 10.1016/j.micres.2006.06.009.

SILVA, N. A.; OLIVEIRA, F. F.; COSTA, L. C. B.; BIZZO, H. R.; OLIVEIRA, R. A. Caracterização química do óleo essencial da erva cidreira (*Lippia alba* (Mill. N.E.BR.) cultivada em Ilhéus na Bahia. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v. 8, n.3, p. 52-55, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/290054800_Chemical_characterization_of_erva_cidreira's_essential_oil_Lippia_alba_Mill_N_E_Br_grown_in_Ilheus_Bahia_State_Brazil. Acesso em 18 jun 2021.

SILVA-AGUAYO, G. **Botanical insecticides**. In: Radcliff's IPM World Textbook, University of Minnesota, USA. Retrieved December 10, 2013.

SILVA, A. B.; da, OLIVEIRA, C. R. F.; de, MATOS, C. H. C.; SANTOS, P. É. M. dos; LIRA, C. R. I. de M. BIOATIVIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Croton blanchetianus* Baill (Euphorbiaceae) SOBRE *Callosobruchus maculatus* Fabricius, 1775 (Coleoptera: Chrysomelidae). **Nativa**. v. 8, n. 4, p. 450-455, 2020. Doi: 10.31413/nativa.v8i4.8456.

SILVESTRE, W. P.; LIVINALI, N. F.; BALDASSO, C.; TESSARO, I. C. Pervaporation in the separation of essential oil components: a review. **Trends in Food Science & Technology**. v. 93, p. 42–52, 2019. Doi: 10.1016/j.tifs.2019.09.003.

SMITH, R. L. *et al.*; A procedure for the safety evaluation of natural flavor complexes used as ingredients in food: essential oils. **Food and Chemical Toxicology**. v.43, p.345–363, 2005. Doi: 10.1016/j.fct.2004.11.007.

STEVENSON, P. C.; ISMAN, M. B.; BELMAIN, S. R. Pesticidal plants in Africa: a global vision of new biological control products from local uses. **Industrial Crops and Products**. v. 110, p. 2–9, 2017. Doi: 10.1016/j.indcrop.2017.08.034.

SWAMY, M.K.; AKHTAR, M.S.; SINIAH, U.R. Antimicrobial properties of plant essential oils against human pathogens and their mode of action: an updated review. **Hindawi Publishing Corporation. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**. v. 2016, p. 21, 2016. Doi: 10.1155/2016/3012462.

TORRES, M. S. T.; GERVÁSIO, R. C. R.G.; FILHO, J. A. S.; TORRES, Y. J. S. S. INFLUÊNCIA DA SECAGEM NO RENDIMENTO DE ÓLEO ESSENCIAL DE FOLHAS DE *Croton blanchetianus* Baill. V. III. Congreso Latinoamericano de Agroecología 2020: Memorias Departamento de Sistemas Ambientales. Facultad de Agronomía, Universidad de la República Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. ISBN Volumen III 978-9974-0-1874-7. Montevideo, Uruguay. 2021.

WATERMAN, P.G. **A química dos óleos voláteis**. In: HAY, RKM; WATERMAN, PG (Eds.). *Oleaginosas voláteis: sua biologia, bioquímica e produção*. Harlow: Longman Scientific, Technical, 185p. 1993.

WIŃSKA, K.; MACZKA, W.; ŁYCZKO, J.; GRABARCZYK, M.; CZUBASZEK, A.; SZUMNY, A. Essential oils as antimicrobial agents—myth or real alternative? **Molecules**. v. 24, n. 2130, 2019. Doi: 10.3390/molecules24112130.

WOLFFENBUTTEL, A.N. **Base da Química dos óleos essenciais e aromaterapia: abordagem técnica e científica.** 2º ed. Belo Horizonte, Laszlo, 2016.

YANG, K.; YOU, C.X.; WANG, C.F.; LEI, N.; GUO, S.S.; GENG, Z.F.; DU, S.S.; Ma, P.; DENG, Z.W. Chemical composition and bioactivity of essential oil of *Atalantia guillauminii* against three species stored product insects. **Journal of Oleo Science.** v. 64, n. 10, p. 1101–1109, 2015. Doi: 10.5650/jos.ess15135.

ZIMMERMANN, R.C. *et al.*; Insecticide activity and toxicity of essential oils against two stored product insects. *Crop Protection.* v. 144, n. 05575, 2021. Doi: 10.1016/j.cropro.2021.105575.

CAPÍTULO 4

PROGRAMAS DE MELHORAMENTO GENÉTICO COM ENFOQUE PARTICIPATIVO

GENETIC IMPROVEMENT PROGRAMS WITH PARTICIPATORY APPROACH

DOI: <https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.04>

Submetido em: 23/01/2023

Revisado em: 10/02/2023

Publicado em: 15/02/2023

Demerson Arruda Sanglard

Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros-MG

<http://lattes.cnpq.br/7417873079167401>

Ana Carolina Ataíde Silveira

Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros-MG

<http://lattes.cnpq.br/2466104732305153>

Jefferson Joe Moreira Alves

Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros-MG

<http://lattes.cnpq.br/4133593105061762>

Luan Souza de Paula Gomes

Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros-MG

<http://lattes.cnpq.br/5387425290856112>

Matheus Henrique Teixeira

Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros-MG

<http://lattes.cnpq.br/2443254354962216>

Phelipe Souza Amorim

Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros-MG

<http://lattes.cnpq.br/3729844181884351>

Flávia Échila Ribeiro Batista

Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros-MG

<http://lattes.cnpq.br/9175849604614635>

Resumo

Esta proposta visa promover o desenvolvimento de agricultores familiares do município de Montes Claros-MG, a partir do manejo da diversidade genética de milho com enfoque na agrobiodiversidade, levando em conta critérios de sustentabilidade ambiental. No contexto de um agroecossistema funcional, ambientes marginais possuem uma lógica própria no estabelecimento de espécies e que não se repete em um centro de pesquisa. Portanto, esta proposta prevê a execução de estratégias de avaliação, produção e melhoramento participativo em milho visando o desenvolvimento de variedades adaptadas aos ambientes com estresses específicos. Espécies de adubos verdes serão avaliadas em diferentes sistemas com manejo agroecológico, no qual diferentes culturas, incluindo o milho, serão consorciadas ou cultivadas em rotação. Espera-se que as estratégias de execução promovam a multiplicação de polos locais em comunidades rurais do município, incluindo seus distritos, adotando-se o desenvolvimento local sustentável (DLS). O milho será utilizado como espécie indicadora e de referência metodológica durante a execução das ações que compõem o projeto: (i) Diagnósticos locais participativos; (ii) Manejo da diversidade genética do milho e espécies de adubos verdes em sistemas agroecológicos e; (iii) Cursos de capacitação. O desenvolvimento das ações do projeto contribuirá para a agricultura contextualizada ao semiárido mineiro, resultando em oferta de alimentos saudáveis, de baixo custo e maior segurança alimentar.

Palavras-Chave: áreas marginais, resgate, polos locais descentralizados, diagnósticos participativos, segurança alimentar.

Abstract

This proposal aims to promote the development of family farmers in the municipality of Montes Claros-MG, based on the management of corn genetic diversity with a focus on agrobiodiversity, taking into account environmental sustainability criteria. In the context of a functional agroecosystem, marginal environments have their own logic in establishing species, which is not repeated in a research center. Therefore, this proposal foresees the execution of evaluation, production and participatory improvement strategies in maize aiming at the development of varieties adapted to environments with specific stresses. Green manure species will be evaluated in different systems with agroecological management, in which different crops, including corn, will be intercropped or grown in rotation. It is expected that the execution strategies promote the multiplication of local poles in rural communities of the municipality, including its districts, adopting sustainable local development (DLS). Corn will be used as an indicator species and methodological reference during the execution of the actions that make up the project: (i) Participatory local diagnoses; (ii) Management of genetic diversity of maize and green manure species in agroecological systems and; (iii) Training courses. The development of the project's actions will contribute to agriculture in the context of the semi-arid region of Minas Gerais, resulting in the supply of healthy, low-cost foods and greater food security.

Keywords: marginal areas, rescue, decentralized local poles, participatory diagnoses, food security.

Introdução

O melhoramento genético de plantas é a mais valiosa estratégia para o aumento da produtividade de forma sustentável e ecologicamente equilibrada. Inicialmente era uma arte, pois desde a época dos primeiros agricultores, as sementes dos tipos mais desejáveis foram separadas para as continuidades das espécies (BORÉM *et al.*, 2021).

Atualmente, os vastos conhecimentos científicos têm conduzido o profissional melhorista a resultados previsíveis, acompanhando a evolução tecnológica e contribuindo para o bem-estar da humanidade (MACHADO; MACHADO, 2011; SPAGNUOLO *et al.*, 2016).

Estima-se que metade do incremento da produtividade das principais espécies agronômicas nos últimos 50 anos seja atribuída ao melhoramento genético. Em face da crescente preocupação com a ética ecológica e valorização da agricultura sustentável, o melhorista assume ainda maior responsabilidade na elevação da produção mundial de alimentos, buscando reduzir a quantidade dos insumos artificiais utilizados (MACHADO, 2014).

A pesquisa de novas variedades ganhou um enorme impulso com o arsenal técnico-científico gerado pelo melhoramento convencional e, mais recentemente, com o desenvolvimento da engenharia genética e das culturas *in vitro*. A orientação dessa dinâmica foi, por muitos anos, a obtenção de produtividades máximas, esquecendo-se de outras características atreladas à adaptabilidade das espécies e das variedades (MACHADO; MACHADO, 2009). Os resultados foram surpreendentes, mas, ao privilegiar o aspecto produtividade em detrimento de outros, houve uma redução da variabilidade genética desses novos cultivares, que se tornaram bastante vulneráveis a pragas e doenças, além de muito exigentes em termos de balanço hídrico e fertilizantes químicos industrializados (ALTIERI, 2012). No caso destes últimos, o impacto tornou-se muito evidente através das recentes manchetes internacionais, por circunstâncias do conflito envolvendo Rússia e Ucrânia, principais fornecedores destes insumos no cenário mundial (CAMPELO JUNIOR *et al.*, 2022; DELLAGNEZZE, 2022).

No plano da agrobiodiversidade, esse sistema moderno vem reduzindo aceleradamente o uso de variedades, concentrando-se apenas naquelas de alta resposta ao uso de fertilizantes (ARAÚJO, 2016). Para dar alguns exemplos concretos, 80% das variedades de milho do México (centro de origem dessa planta) desapareceram desde 1930. Na China, em 1949, eram cultivadas aproximadamente 10 mil variedades de trigo. De acordo com Parteniani (2000), na década de 1970, apenas mil variedades continuavam em uso. Nos EUA, 91% das variedades de milho utilizadas no começo do século já desapareceram, e a quase totalidade da produção se apoia em menos de uma dezena de híbridos. Além disso, houve uma profunda concentração das espécies responsáveis pela alimentação da humanidade através da uniformização do mercado de alimentos

(*commodities*), tendo sido desprezadas espécies importantíssimas para a segurança alimentar nos planos local e regional (ANDRADE; MIRANDA, 2008). Enfim, hoje são cultivadas menos espécies e menos variedades, o que representa uma ameaça à segurança alimentar.

Esta erosão genética coincide com o enfraquecimento da agricultura familiar tradicional em todo o mundo (FAO, 2012; 2018). Por múltiplas formas e causas, os agricultores familiares não conseguem manter plantios em suas terras, sendo substituídos por empresas que aplicam o pacote tecnológico moderno das monoculturas agroquímicas e mecanizadas (MACHADO, 2007). Com os pequenos produtores, vão-se, também, variedades locais e o conhecimento tradicional associado dos recursos genéticos – uma perda incalculável para a humanidade (SOARES *et al.*, 1998; ALMEKINDERS; ELINGS, 2001; SPERLING *et al.*, 2001; CLEVELAND; SOLERI, 2002; ELIAS *et al.* 2004; ALTIERI, 2012; KISTLER *et al.*, 2018). Essa perda afeta, inclusive, o próprio melhoramento genético convencional, que não terá mais essas variedades à sua disposição (MACHADO; MACHADO, 2007; MACHADO, 2014) um verdadeiro reservatório de genes que poderiam contribuir na solução das mais diversas problemáticas agrícolas.

Diante do contexto apresentado, propõe-se neste trabalho um levantamento sobre os principais preceitos que caracterizam as dinâmicas de um Programa de Melhoramento de Plantas com Enfoque Participativo, voltado para agroecossistemas específicos.

Metodologia

Programas de Melhoramento Genético Participativos costumeiramente são embasados nos métodos que compõem a pesquisa-ação, a qual, por sua vez, foca na percepção do problema da pesquisa como sendo o mesmo do público participante. Segundo Thiollent (2009), a pesquisa-ação, além de demandar participação e envolvimento do público, resulta em ação planejada sobre os problemas detectados na fase investigativa. Busca-se na pesquisa-ação e nos seus procedimentos, a orientação metodológica para desenvolver-se um trabalho com a pretensão de desempenhar papel ativo na própria realidade dos fatos observados, de forma a estudar dinamicamente os problemas, decisões, ações e tomadas de consciência que ocorrem entre os agentes durante o processo de transformação (THIOLLENT, 1988). Por meio da formação de grupos para convivência com a comunidade, realiza-se uma escuta sensível com o auxílio de visitas domiciliares e entrevistas, as quais visam conhecer os moradores, suas

condições de vida no meio rural e, através destas, interagir com a comunidade e com a academia (WHYTE *et al.*, 1991; ALMEIDA, 1997; ZIEMBOWICZ *et al.*, 2007). Nesta perspectiva, após a análise dos resultados das reuniões com os grupos, as informações e impressões do diálogo com os agricultores familiares serão apresentadas, discutidas e validadas com eles próprios. Posteriormente, nas ocasiões de novos encontros e retornos aos mesmos locais anteriores, gera-se interação e produção de um entendimento coletivo sobre a compreensão da ação cooperativa, por meio do diálogo entre pesquisador e demais atores envolvidos.

Resultados e Discussão

• Relação entre agricultura e biodiversidade

Há mais de 10 mil anos, os homens deram um passo fundamental no seu processo de civilização, quando iniciaram a produção de alimentos através do plantio de espécies selecionadas e da domesticação de certos animais selvagens (ERICKSON *et al.*, 2005; HANCOCK, 2005). Até então, os alimentos eram coletados ou caçados e a sua reprodução/multiplicação seguia as leis naturais de cada espécie e de cada ecossistema (RINDOS, 1984).

Por um longo processo de tentativa e erro, inúmeras gerações de agricultores aprenderam a criar as melhores condições possíveis para a máxima e mais segura produção das espécies que selecionaram para seu uso (DIAMOND, 2002). As formas que adotaram para garantir nutrientes, água e luz para seus plantios – e que variaram segundo as condições ambientais e culturais, com maior ou menor produtividade e durabilidade segundo a seleção e o melhoramento de variedades, dentro de cada espécie – tiveram um papel fundamental (HANCOCK, 2005). Essa diversidade cultural, agindo sobre a enorme diversidade ambiental, proveu a humanidade de uma infinidade de sistemas de produção, baseados em um grande número de espécies e formas de manejo (HARLAN, 1992). De tudo isso, resultou uma produção diversificada de alimentos que garantiu a sobrevivência da humanidade durante séculos.

Esse processo de seleção e melhoramento de variedades permitiu que as espécies domesticadas se adaptassem a condições diversificadas, segundo o nível genético e de diversidade. De acordo com Wright *et al.*, (2005), o milho é um exemplo de espécie que apresenta variabilidade genética tanto intra como intervariedades. Essa variabilidade permite que ele possa ser cultivado em diferentes condições. Podemos observar que há

milhos mais altos e mais baixos, com mais ou menos folhas, de cores e gostos diferentes, mais ou menos resistentes à falta ou ao excesso de água, mais ou menos tolerantes a um sem-número de pragas e doenças ou à carência de determinados nutrientes no solo e, finalmente, com maior ou menor produção de grãos, tudo isso em decorrência da variabilidade (CAMACHO VILLA *et al.*, 2005; CARPENTIERI-PÍPOLO *et al.*, 2010; GIUNTI *et al.*, 2017).

No processo de seleção realizado pelos agricultores ao longo dos séculos, é claro que o critério de maior quantidade de grãos por planta sempre foi determinante, mas nunca foi o único e, muitas vezes, não foi o principal (RINDOS, 1984). De que adianta, por exemplo, uma variedade de alta produção de grãos (alta produtividade), se ela é muito suscetível ao ataque de certas pragas e patógenos? Ou, ainda, se sua resposta é altamente dependente de solos com margens físico-químicas estreitas? Por outro lado, não se despreza a destinação do produto e seu peso crucial nos processos de seleção.

Além dessa relação direta com a biodiversidade, a agricultura tem uma relação indireta que é fundamental para sua existência. Rajão *et al.* (2020) argumentam que a nutrição das plantas, até pouco mais de cem anos, sempre veio quase que essencialmente do solo e, neste, a disponibilidade de nutrientes para absorção pelas raízes das plantas depende da atividade de uma extraordinária variedade de organismos que vão da minhoca a bactérias e fungos. Igualmente, a reprodução de muitas espécies depende de polinizadores como abelhas e outros insetos. Finalmente, o controle de pragas dependeu, por muito tempo, do equilíbrio entre a reprodução dessas pragas e a de seus predadores naturais, equilíbrio esse que está relacionado à existência de nichos de vegetação nativa que o favorecem.

A própria natureza da atividade agrícola implica uma intervenção do homem sobre o meio ambiente, artificializando, em maior ou menor grau, segundo a base tecnológica utilizada, os vários fatores que interferem no desenvolvimento das plantas selecionadas (ROSSET; MARTINEZ-TORRES, 2012; RAJÃO *et al.*, 2020). Ao ponderar as reflexões de Molina *et al.*, (2007) e Kaufmann *et al.*, (2018), nas várias épocas e regiões em que se desenvolvem sociedades agrárias, esses níveis de artificialização do meio ambiente variaram muito, sendo que os sistemas produtivos foram sustentáveis segundo sua capacidade de estabelecer novos níveis de equilíbrio entre esses múltiplos fatores e o próprio ecossistema.

- **Impacto dos modelos agrícolas na biodiversidade**

A expansão da fronteira agrícola, independentemente da base tecnológica que utilizar, far-se-á quase sempre pela substituição da vegetação natural por uma ou por muitas espécies cultivadas (MARICONDA, 2006). Em princípio, portanto, essa expansão é perniciososa à conservação da biodiversidade das espécies silvestres. Na realidade, esse quadro é mais complexo, e a base tecnológica, bem como outras condições como densidade de população ou disponibilidade de terras, vão interferir nessa relação entre a agricultura e a biodiversidade dos sistemas naturais (MACHADO, 2014).

Se tomarmos como exemplo o sistema milenar de cultivo sobre queimadas (conhecido como agricultura itinerante), pode-se afirmar que, havendo disponibilidade suficiente de terras para pousios longos, segundo as necessidades de recuperação da vegetação nativa, o sistema não só conserva, como também enriquece a biodiversidade (CAPORAL; COSTABEBER, 2002). O problema estabelecido é que já não há terra suficiente para completar o ciclo de recuperação, e o sistema entra, paulatinamente, em decadência, podendo, inclusive, levar à completa exaustão dos solos e à total incapacidade de regeneração da cobertura vegetal natural (CLEMENT *et al.*, 2007).

As agriculturas tradicionais, em condições de equilíbrio com os fatores ambientais, tiveram alta durabilidade, sustentando-se ao longo de muitos séculos, como foi no caso das civilizações maia, inca e egípcia (HARLAN, 1992; HANCOCK, 2005). A partir da segunda metade do século XIX, teve início um processo que levou à busca da máxima artificialização do meio ambiente, visando controlar todos os fatores naturais que interferem na produção agrícola.

A pesquisa de novas variedades ganhou um enorme impulso com o arsenal técnico/científico que foi gerado pelo melhoramento convencional e, mais recentemente, com o desenvolvimento da engenharia genética e das culturas *in vitro* (BORÉM *et al.*, 2021). A orientação dessa pesquisa foi, por muitos anos, a obtenção de produtividades máximas, esquecendo-se das outras características de adaptabilidade das espécies e das variedades. Os resultados foram espetaculares, mas, ao privilegiar o aspecto produtividade em detrimento de outros, houve uma redução da variabilidade genética desses novos cultivares, que se tornaram extremamente vulneráveis a pragas e doenças e também exigentes em termos de balanço hídrico e nutricional (LOUAFI *et al.*, 2013). Essa redução da base genética tende a se agravar com a propensão dos melhoristas para

utilizarem somente as próprias variedades comerciais como base para o desenvolvimento de novas variedades (MCKEY *et al.*, 2012). Para compensar essas fragilidades, criou-se um sistema de controles via agrotóxicos, irrigação e adubação química. Mais recentemente, a engenharia genética vem diversificando essas características, introduzindo genes de resistência às pragas ou doenças ou de tolerância ao uso de herbicidas (MAZOYER; ROUDART, 2010; BORÉM *et al.*, 2021).

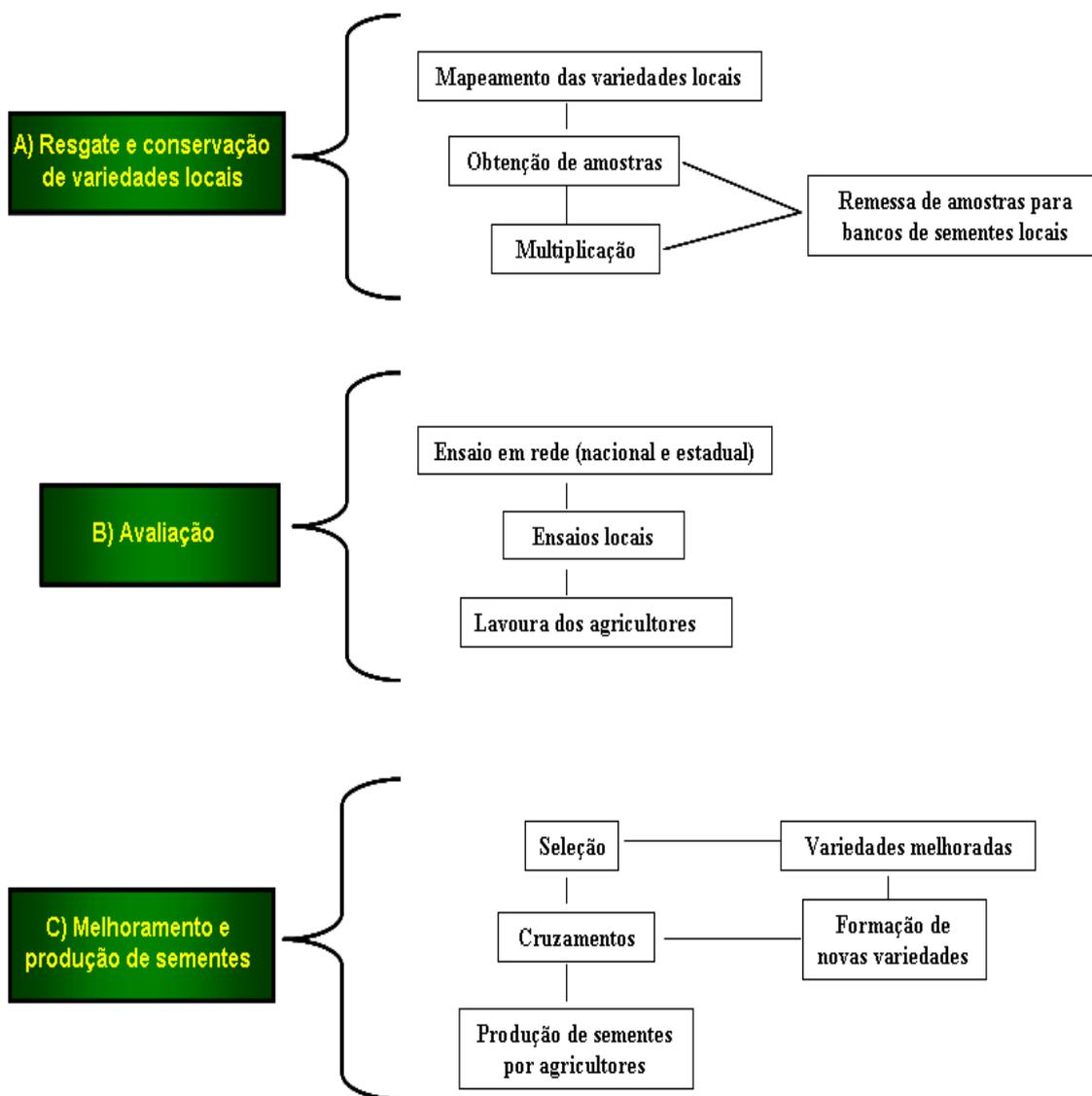
A tendência à extrema artificialização do meio ambiente combinou-se com a busca da máxima produtividade do trabalho via mecanização das práticas agrícolas, o que produziu uma pressão de expulsão de mão-de-obra do campo ao longo do século XX (MCNEELY; SCHROTH, 2006). É importante notar, entretanto, seu impacto sobre a biodiversidade como um todo e, em particular, sobre a agrobiodiversidade. A mecanização pesada reforçou ainda mais a tendência já existente nos sistemas capitalizados – o plantio extensivo de monoculturas (SEVILLA-GÚZMAN, 2002; SCHERR; MCNEELY, 2008). Para Shiva (2016), o excessivo trabalho do solo e uso intensivo de produtos químicos têm efeitos arrasadores sobre a micro e a mesofauna nas áreas cultivadas. Ao mesmo tempo, os pesticidas afetam o equilíbrio das cadeias tróficas e produzem também fortes impactos negativos sobre insetos benéficos, inclusive os polinizadores. Machado (2014) reitera sobre a paisagem transformada pelo sistema agroquímico de mecanização pesada, o que implica na eliminação de toda espécie que não aquele objeto da monocultura. O impacto sobre a cobertura vegetal natural é brutal.

Essa erosão genética coincide com a destruição da agricultura familiar tradicional em todo o mundo (MACHADO *et al.*, 2011). Por múltiplas formas e causas, os agricultores familiares vão sendo expulsos de suas terras e substituídos por empresas que aplicam o pacote tecnológico moderno das monoculturas agroquímicas mecanizadas. Com os pequenos produtores, vão-se, também, variedades locais e o conhecimento dos recursos genéticos – uma perda incalculável para a humanidade (KAUFMANN *et al.*, 2018). Essa perda afeta, inclusive, o próprio melhoramento genético, que não terá mais essas variedades à sua disposição. Machado *et al.*, (2011) apontam ainda que os artífices da Revolução Verde alegam ter resolvido esse problema com a criação de bancos de germoplasma, mas suas insuficiências tecnológicas (vulnerabilidade a catástrofes etc.), políticas (os recursos deixam de ser das comunidades locais) e de concepção (congela-se a evolução das variedades conservadas) permitem afirmar que a erosão genética nos bancos é tão grave quanto no campo.

Os pequenos produtores que sobrevivem sofrem várias pressões para aderir ao sistema da Revolução Verde. Uma das formas mais perigosas de penetração desse modelo são justamente, os programas políticos de distribuição de sementes, que provocam a substituição das variedades tradicionais pelas “melhoradas”. As vantagens aparentes destas últimas quase sempre desaparecem, quando os agricultores são obrigados a suportar os custos reais do sistema de cultivo que tais variedades exigem para render o que prometem (FRANCO *et al.*, 2013). Mesmo quando, excepcionalmente, algum agricultor familiar consegue apropriar-se desse pacote e financiar seu uso, ele quase sempre estará em desvantagem na concorrência com os grandes (BEVILAQUA *et al.*, 2014) – ou porque sua área não permite maximizar o uso dos implementos, ou a qualidade do seu solo é inferior, ou, finalmente, por ter mais dificuldades no acesso ao crédito.

Mas, uma vez perdidas as variedades tradicionais, o retorno a um sistema diferenciado, com policultivos e criações, combinando espécies anuais com perenes e integrados com a vegetação nativa, torna-se difícil, pois as variedades desenvolvidas sob o paradigma do melhoramento convencional, bem como os recursos genéticos engenheirados, não se adaptam a essas condições (MCNEELY; SCHROTH, 2006; MOLINA *et al.*, 2007; MURPHY, 2007; SCHERR; MCNEELY, 2008). O surgimento dos cultivares oriundos da engenharia genética traz riscos ainda não totalmente conhecidos no que se refere ao impacto ambiental. Assim como as variedades convencionais contribuíram para o desaparecimento das variedades tradicionais, as engenheiradas poderão fazer o mesmo pela substituição ou pela contaminação de outras variedades (no caso daquelas de polinização aberta) ou até mesmo parentes silvestres (MACHADO; MACHADO, 2009). Para Silva *et al.* (2017) essa situação é particularmente grave, uma vez que a pressão de liberação do plantio de novos organismos em território brasileiro é tão forte quanto o desconhecimento da sociedade sobre seus perigos e a falta de discussão aberta dos diversos aspectos em torno da biossegurança. Seguem os principais elementos de um Programa de Melhoramento Genético Participativo (Figura 1), com embasamento em Machado e Machado (2007) e Machado (2014):

Figura 1: Síntese das etapas que caracterizam um Programa de Melhoramento de Plantas Participativo, com enfoque nas agrobiodiversidades locais.



Fonte: Adaptado de Machado; Machado (2007).

Características

- Variedades tradicionais, locais ou crioulas (maior diversidade);
- Adaptabilidade às condições locais;
- Seleção na roça (estresses ambientais);
- Descentralizado;
- Produção de subsistência (níveis moderados, porém sustentáveis);
- Foco em caracteres secundários (sabor, empalhamento, armazenamento, etc);

- Diversificação dos sistemas produtivos;
- Incentivo aos mercados locais e regionais;
- Segurança alimentar (controle e intercâmbio de sementes).

Diagnóstico Ambiental

- Região específica onde o programa vai trabalhar, suas dimensões, topografia, recursos hídricos, fauna, cobertura natural e clima;
- Qualidade dos solos locais e quais cuidados são tomados em relação a eles;
- O que as pessoas buscam no meio ambiente?
- Em que quantidades estão disponíveis esses recursos?
- Quais os riscos ecológicos?
- A agricultura da região do programa é homogênea?

Diagnóstico Cultural

- Correspondência das técnicas agrícolas com a cultura local;
- Incorporação do conhecimento local nas formas de manejo;
- Resgate e aplicação de saberes locais sobre biodiversidade;
- Resgate e respeito aos hábitos culturais que tenham relação com etapas de processos produtivos;
- Observação de elementos culturais determinantes da diversificação da produção e sua relação com a segurança alimentar;
- Valores culturais e sua relação com o calendário de trabalho;
- Tradições folclóricas, festas, celebrações.

Diagnóstico Social

- Histórico da propriedade e forma de acesso a terra
- Participação da família nas atividades produtivas, destacando o número e idade de filhos, questões de gênero, entre outros;
- Qualidade de vida e acesso a serviços básicos;
- Valores alimentares e medicinais.

Diagnóstico econômico

- Melhoria da renda familiar;
- Garantia de produção de alimentos;
- Estabilidade de produção e produtividade (níveis moderados, porém sustentáveis; diversificação dos sistemas de manejo e de espécies);
- Redução de externalidades negativas que implica em custos para a recuperação e manutenção do agroecossistema;
- Ativação da economia local e regional;
- Agregação de valor à produção primária;
- Presenças de estratégias de pluriatividade (diversificação);
- Autossuficiência de alimentos e insumos, considerando as entradas e saídas do sistema.

Diagnóstico da agrobiodiversidade

- Diversidade entre animais (inter e intraespecífica);
- Diversidade de plantas (inter e intraespecífica);
- Diversidade de insetos (inter e intraespecífica);
- Diversidade de organismos do solo.

Considerações Finais

Os processos de domesticações das plantas realizados pelas civilizações humanas, estimados em torno de 15.000 anos, geraram as variabilidades e utilidades ao longo do tempo; mas que, nas últimas décadas, vêm passando por fortes pressões de homogeneização (erosões genéticas). Por tudo isso, são extremamente importantes mitigações que possibilitem a recuperação do que ainda resta de natureza crioula, além de que estes materiais se mantenham em circulação e exposição à seleção natural, em acompanhamento à dinamicidade dos agroecossistemas.

Agradecimentos

Esse trabalho foi fomentado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG, relativo ao projeto "Melhoramento Participativo de Milho

com Enfoque na Agrobiodiversidade do Semiárido Mineiro". (FAPEMIG APQ-03554-14), Edital 07/2014 - Apoio a Projetos de Extensão em Interface com a Pesquisa.

Referências

ALMEIDA, Jalcione. Da ideologia do progresso à idéia de desenvolvimento (rural) sustentável. 1995.

ALMEKINDERS, C. J. M.; ELINGS, A. Collaboration of farmers and breeders: Participatory crop improvement in perspective. **Euphytica**

ALTIERI, Miguel. Bases científicas para uma agricultura sustentável. **São Paulo. Expressão popular**, 2012.

ANDRADE, João Antonio da Costa; MIRANDA FILHO, José Branco de. Quantitative variation in the tropical maize population, ESALQ-PB1. **Scientia Agricola**, v. 65, p. 174-182, 2008.

DOS SANTOS ARAÚJO, Gracieda. Soberania alimentar e políticas públicas para a agricultura familiar na América Latina: o caso do Brasil e da Argentina. **Revista NERA**, v. 19, n. 32, 2016.

BEVILAQUA, Gilberto Antônio Peripolli et al. Agricultores guardiões de sementes e ampliação da agrobiodiversidade. **Embrapa Clima Temperado-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2014.

BORÉM, Aluizio; MIRANDA, Glauco V.; FRITSCHÉ-NETO, Roberto. **Melhoramento de plantas**. Oficina de Textos, 2021.

VILLA, Tania Carolina Camacho et al. Defining and identifying crop landraces. **Plant genetic resources**, v. 3, n. 3, p. 373-384, 2005.

CAMPELO JUNIOR, Aloísio et al. A guerra intensifica o choque inflacionário. 2022.

CAPORAL, Francisco Roberto; COSTABEBER, José Antonio. Análise multidimensional da sustentabilidade. **Agroecología e desenvolvimento rural sustentável**, v. 3, n. 3, p. 70-85, 2002.

CARDOSO, Antonio Ismael I.; JOVCHÉLEVICH, Pedro; MOREIRA, Vladimir. PRODUÇÃO DE SEMENTES E MELHORAMENTO DE HORTALIÇAS PARA A AGRICULTURA FAMILIAR EM MANEJO ORGÂNICO. **Revista Nera**, n. 19, pág. 162-169, 2012.

CARPENTIERI-PÍPOLO, Valéria et al. Avaliação de cultivares de milho crioulo em sistema de baixo nível tecnológico. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, p. 229-233, 2010.

NASS, Luciano Lourenço (Ed.). **Recursos genéticos vegetais**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007.

CLEVELAND, D. A. et al. Farmers, scientists and plant breeding: knowledge, practice and the possibilities for collaboration. **Farmers, scientists and plant breeding: Integrating knowledge and practice**, p. 1-18, 2002.

DELLAGNEZZE, René. O CONFLITO RÚSSIA E A UCRÂNIA. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, p. 12-79, 2022.

DIAMOND, Jared. Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. **Nature**, v. 418, n. 6898, p. 700-707, 2002.

ELIAS, Haroldo Tavares et al. Variabilidade genética em germoplasma tradicional de feijão-preto em Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1443-1449, 2007.

ERICKSON, David L. et al. An Asian origin for a 10,000-year-old domesticated plant in the Americas. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 102, n. 51, p. 18315-18320, 2005.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **International Technical Conference on Plant Genetic Resources**. 2012. Disponível em: <http://www.fao.org/index_en.htm> Acessado em maio de 2022.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Protagonismo em defesa dos babaçuais: mulheres rurais são vencedoras do prêmio de boas práticas de sistemas agrícolas tradicionais**. 2018. Disponível em: <www.fao.org/brasil/noticias/detailevents/en/c/1141751/>. Acessado em maio de 2022.

FRANCO, Carina Dias; CORLETT, Francisco Marinaldo Fernandes; DE ALMEIDA SCHIAVON, Greice. A percepção de agricultores familiares sobre as dificuldades na produção e conservação de sementes crioulas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, 2013.

GIUNTI, Otavio Duarte et al. Desempenho agrônomo de variedades comerciais e crioulas de milho em sistema orgânico. **Revista Cultura Agrônômica**, v. 26, n. 3, p. 417-432, 2017.

HANCOCK, James F. Contributions of domesticated plant studies to our understanding of plant evolution. **Annals of Botany**, v. 96, n. 6, p. 953-963, 2005.

HARLAN, Jack Rodney et al. **Crops and man**. American Society of Agronomy, 1992.

KAUFMANN, Marielen Priscila; REINIGER, Lia Rejane Silveira; WIZNIEWSKY, José Geraldo. A CONSERVAÇÃO INTEGRADA DA AGROBIODIVERSIDADE CRIOLA. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 13, não. 2, 2018.

KISTLER, Logan et al. Multiproxy evidence highlights a complex evolutionary legacy of maize in South America. **Science**, v. 362, n. 6420, p. 1309-1313, 2018.

LOUAFI, Sélim; BAZILE, Didier; NOYER, Jean-Louis. Conserving and cultivating agricultural genetic diversity: transcending established divides. In: **Cultivating biodiversity to transform agriculture**. Springer, Dordrecht, 2013. p. 181-220.

MACHADO, Altair. Construção do melhoramento genético de plantas: do convencional ao participativo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 9, n. 1, 2014.

MACHADO, Altair et al. Manejo da diversidade genética de milho em sistemas agroecológicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, 2007.

MACHADO, A. T.; MACHADO, CT de T. Melhoramento participativo de cultivos no Brasil. **biodiversidade e agricultores: fortalecendo o manejo comunitário**. Porto Alegre: L&PM, p. 93-102, 2007.

MACHADO, Altair Toledo; MACHADO, Cynthia Torres de Toledo; NASS, Luciano Lourenço. Manejo da diversidade genética e melhoramento participativo de milho em sistemas agroecológicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 1, p. 127-136, 2011.

MARICONDA, Pablo Rubén. O controle da natureza e as origens da dicotomia entre fato e valor. **Scientiae Studia**, v. 4, p. 453-472, 2006.

MAZOYER, Marcel; ROUDART, Laurence. **Histórias das agriculturas no mundo. Do neolítico à crise contemporânea**. IICA, 2010.

MCKEY, Doyle et al. Ecological approaches to crop domestication. 2010.

MCNEELY, Jeffrey A.; SCHROTH, Götz. Agroforestry and biodiversity conservation—traditional practices, present dynamics, and lessons for the future. **Biodiversity & Conservation**, v. 15, n. 2, p. 549-554, 2006.

MOLINA, Silvia Maria Guerra; LUI, Gabriel Henrique; DA SILVA, Mariana Piva. A ecologia humana como referencial teórico e metodológico para a gestão ambiental. **OLAM Ciência Tecnol**, v. 7, p. 19-40, 2007.

MURPHY, Denis J. **People, plants & genes: the story of crops and humanity**. Oxford University Press on Demand, 2007.

UDRY, Consolación V.; DUARTE, Wilton. **Uma história brasileira do milho: o valor dos recursos genéticos**. Paralelo 15, 2000.

RAJÃO, Raoni et al. The rotten apples of Brazil's agribusiness. **Science**, v. 369, n. 6501, p. 246-248, 2020.

RINDOS, David. **As origens da agricultura: uma perspectiva evolutiva**. Editora Acadêmica, 2013.

ROSSET, Peter M.; MARTÍNEZ-TORRES, Maria Elena. Rural social movements and agroecology: context, theory, and process. **Ecology and society**, v. 17, n. 3, 2012.

SCHERR, Sara J.; MCNEELY, Jeffrey A. Biodiversity conservation and agricultural sustainability: towards a new paradigm of 'ecoagriculture' landscapes. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 363, n. 1491, p. 477-494, 2008.

SEVILLA GUZMÁN, Eduardo. A perspectiva sociológica em Agroecologia: uma sistematização de seus métodos e técnicas. **Agroecol. e Desenvol. Rural Sustent**, v. 3, p. 18-28, 2002.

SILVA, Maria José Ramos da et al. Agricultores familiares e cientistas: diálogo de saberes sobre as variedades crioulas de milho no estado da Paraíba. **Ciência e Cultura**, v. 69, n. 2, p. 34-37, 2017.

SHIVA, Vandana. **The violence of the green revolution: third world agriculture, ecology and politics**. Zed Books, 1991.

MACHADO, A. T. et al. Milho crioulo: conservação e uso da biodiversidade. **Rio de Janeiro: AS-PTA, 185p**, p. 93-103, 1998.

SPAGNUOLO, Felipe A. et al. Melhoramento participativo do tomateiro sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 183-188, 2016.

SPERLING, Louise et al. A framework for analyzing participatory plant breeding approaches and results. **Euphytica**, v. 122, n. 3, p. 439-450, 2001.

WHYTE, William Foote; GREENWOOD, Davydd J.; LAZES, Peter. Participatory action research: Through practice to science in social research. **Participatory action research**, v. 32, n. 5, p. 19-55, 1991.

WRIGHT, Stephen I. et al. The effects of artificial selection on the maize genome. **Science**, v. 308, n. 5726, p. 1310-1314, 2005.

ZIEMBOWICZ, Jair André et al. SEMENTES CRIOULAS: SEGURANÇA ALIMENTAR PELA DIVERSIDADE. **Cadernos de Agroecologia**, v. 2, n. 1, 2007.

CAPÍTULO 5

EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO ÓLEO DE RESÍDUOS DE PEIXES MARINHOS COMERCIALIZADOS EM SÃO LUÍS-MA

EXTRACTION AND PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF OIL FROM MARINE FISH WASTE COMMERCIALIZED IN SÃO LUÍS-MA

DOI: <https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.05>

Submetido em: 09/03/2023

Revisado em: 10/04/2023

Publicado em: 17/04/2023

Fabiana Frazão Frazão

Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Programa de Pós-graduação em Biotecnologia, São Luís-Maranhão

<http://lattes.cnpq.br/8620019173929647>

Ricardo Henrique Nascimento Frazão

Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Programa de Pós-graduação em Química, São Luís-Maranhão

<http://lattes.cnpq.br/5298980215553561>

Karen Caroline Cantanhede Chaves

Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Graduação em Química, São Luís-Maranhão

<http://lattes.cnpq.br/7880665698376515>

Bennesson Nascimento Almeida

Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Curso de Formação de Oficiais BM, São Luís – Maranhão

<http://lattes.cnpq.br/9435659352539185>

Gessiane de Jesus Lima Sanches

Licenciada em Química

<http://lattes.cnpq.br/0327231971193512>

Fernanda Carneiro Bastos

Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Engenharia Química, São Luís –
Maranhão

<http://lattes.cnpq.br/0763063735576792>

Cáritas de Jesus Silva Mendonça

Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Programa de Pós-Graduação em Energia e
Ambiente- PPGEA, São Luís-Maranhão

<http://lattes.cnpq.br/6240735051211119>

Adeilton Pereira Maciel

Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Departamento de Química, São Luís-
Maranhão

<http://lattes.cnpq.br/4957262830051547>

Resumo

Objetivou-se descrever sobre a extração e caracterização físico-química do óleo de resíduos de peixes marinhos comercializados em São Luís - MA. A extração e caracterização foi realizada no Laboratório do Núcleo de Combustíveis, Catálise e Ambiental (NCCA-UFMA). As análises de caracterização do óleo foram: índice de acidez, iodo, saponificação e peróxidos. Os parâmetros foram avaliados segundo a metodologia descrita no *American Oil Chemists' Society* (AOCS). Os valores referentes aos parâmetros foram: índice de saponificação (IS) = $296,09 \pm 1,2$, índice de peróxido (IP) = $15,9 \pm 0,1$, índice de acidez (IA) = $20,57 \pm 0,09$ mg KOH/g e índice de iodo (II) = $99 \pm 0,54$. Diante disto, pode-se concluir que a maioria dos parâmetros físico-químicos do óleo de peixes marinhos estavam de acordo com as normas de referências nacionais e internacionais. O trabalho é promissor para estudos na área de biotecnologia, visto que o mesmo pode ser uma alternativa a produção de biodiesel, uso na aquicultura e fins nutricionais.

Palavras-chave: *Macrodon ancylodon*; *Bagre bagre*; Corvina; Índice de acidez; saponificação.

Abstract

The objective was to describe the extraction and physical-chemical characterization of marine fish oil commercialized in São Luís - MA. The extraction and characterization was performed at the Laboratory of the Center for Fuel, Catalysis and Environment (NCCA-UFMA). The oil characterization analyses were: acidity index, iodine, saponification and peroxides. The parameters were evaluated according to the methodology described in the American Oil Chemists' Society (AOCS). The values for the parameters were: saponification index (SI) = 296.09 ± 1.2 , peroxide index (PI) = 15.9 ± 0.1 , acidity index (AI) = 20.57 ± 0.09 mg KOH/g and iodine index (II) = 99 ± 0.54 . In view of this, it can be concluded that most of the physicochemical parameters of marine fish oil were in accordance with national and international reference standards. The work is promising for studies in the area of biotechnology, since it can be an alternative to biodiesel production, use in aquaculture and nutritional purposes.

Keywords: *Macrodon ancylodon*; Catfish; Corvina; Acidity index; Saponification.

Introdução

O termo “pescado” engloba os peixes, crustáceos, moluscos, anfíbios e outros animais de ambientes aquáticos que fazem parte da alimentação humana (BRASIL,

2017). Os peixes têm benefício diretamente associado a nutrição humana devido a qualidade do seu conteúdo lipídico, onde os ácidos graxos que o compõe estão associados a prevenção de distúrbios vasculares (GONÇALVES, 2011).

Na região Nordeste, o Estado do Maranhão destaca-se como um dos principais produtores de pescado de origem extrativista, com recursos pesqueiros de grande impacto econômico para o estado, entre eles a pescada amarela (*Cynoscion acoupa*), corvina (*Macrodon ancylodon*) e bandeirado (*Bagre bagre*) (ALMEIDA, 2011; LOPES, 2012).

Segundo Pereira *et al.* (2010), a corvina e o bandeirado, assim como outros pescados, chegam a São Luís - MA, em embarcações provenientes de vários locais de pesca, ou em caminhões frigoríficos de outros Estados, e é distribuída em diversos estabelecimentos comerciais na capital maranhense. Os principais locais de distribuição são as feiras, mercados, supermercados e restaurantes. Estes autores verificaram ausência de infraestrutura e condições higiênico-sanitárias adequadas para realização do manuseio do pescado, além da presença de depósitos de lixo a céu aberto e esgotos, principalmente na área do Portinho, causando impacto ambiental com a carga de resíduos de pescado lançados diariamente de maneira inadequada.

Visando a redução de impactos ambientais, os resíduos de pescado podem ser destinados a elaboração de subprodutos não comestíveis. Para o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), os subprodutos não comestíveis de pescado são aqueles obtidos a partir de pescado inteiro, de suas partes ou de qualquer resíduo destes não aptos ao consumo humano (BRASIL, 2017). Os resíduos não comestíveis são cabeças, escamas, nadadeiras, peles, vísceras e espinhas (PINTO *et al.*, 2017). E dentre os subprodutos não comestíveis à base de pescado se tem a farinha, óleo, cola, adubo de pescado e solúvel concentrado de pescado (BRASIL, 2017).

A fabricação de farinha e óleo de pescado para alimentação animal é a principal via de aproveitamento dos subprodutos que tradicionalmente se tem utilizado. A exemplo, no ano de 2018, foram mais 5 milhões de toneladas anuais de óleo de peixe produzidos (FAO, 2018).

O óleo é a principal fonte de ácidos graxos de alto valor nutricional como eicosapentaenoico (C20:5 EPA), docosapentaenoico (C22:5 DPA) e docosaheptaenoico (C22: 6 DHA) (MEDEIROS-JUNIOR *et al.*, 2017). O ácido ômega-3 que é proveniente do óleo de peixe, também vem sendo incorporado em suplemento e fortificação pelas indústrias do ramo farmacêutico e alimentício. Nesta última, vem sendo utilizado como

óleo enlatado, cuja aplicação está na produção de margarina e maionese (HERNANDEZ, 2011).

A matéria-prima para obtenção do óleo tem em sua composição peixes não viáveis para a economia e/ou resíduos do processamento da indústria da pesca ou resíduos de pescado comercializados em feiras, supermercado e mercados. Sua aplicação também tem sido um dos constituintes na produção de ração para animais oriundos da aquicultura, produção de tintas, vernizes, acabamento de couro, substrato de fermentação e usado no preparo de defensivos naturais como inseticidas (PIRES *et al.*, 2014).

Segundo Feltes et al. (2010), o óleo de peixe apresenta grande potencial para ser utilizado como substrato para a produção de biodiesel, não só devido à sua composição lipídica, rica em ésteres metílicos de ácidos graxos de cadeia longa, mas também por se tratar de uma matéria-prima abundante no Brasil.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi descrever sobre a extração e caracterização físico-química do óleo de peixes marinhos comercializados em São Luís - MA.

Material e Métodos

Os resíduos de peixe marinhos (cabeça, nadadeiras, pele, escamas, vísceras e espinhas) usados na produção de óleo bruto foram obtidos no Mercado do Peixe, localizado no Portinho, considerado um dos principais mercados públicos de São Luís - MA. As espécies de peixe utilizadas para a extração de óleo foram corvina (*Macrodon ancylodon*) e bandeirado (*Bagre bagre*).

Todos os experimentos foram realizados no laboratório do Núcleo de Combustíveis, Catálise e Ambiental (NCCA).

• Métodos de extração de óleo

A extração de óleo bruto dos resíduos coletados foi adaptada de acordo com a metodologia descrita por Martins (2012).

Para a obtenção do óleo, 8 kg de resíduo foi cozido em uma panela de pressão, em alta temperatura ($110\pm 10^{\circ}\text{C}$) e por um tempo médio de 45 minutos. Após o cozimento, o material foi prensado, obtendo-se o óleo, água e a torta de prensa (que foi descartada). A fase líquida foi conduzida à refrigeração. Para melhor separação da fase óleo/água, passou-se a amostra pelo funil de decantação. Após a obtenção do óleo o material foi levado a estufa a $60\pm 10^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, para a retirada do excesso de água. O óleo foi

purificado com 2 g de carvão ativado, sendo conduzidos com uma agitação fixa de 120 rpm e inicialmente com a temperatura constante (30°C) durante 3 horas (h), conforme metodologia adaptada de Lima (2015). Após esta etapa as amostras foram filtradas através de um Kitassato de 125 mL e conectado à bomba vácuo para separação do carvão ativado do óleo (Figura 1).

Figura 1: Fluxograma das etapas de extração e purificação com carvão ativado do óleo de peixes marinhos.



Fonte: Própria autoria, 2023.

• Caracterização do óleo

As análises de caracterização do óleo foram: índice de acidez, iodo, saponificação e peróxidos. Os quatro primeiros parâmetros foram avaliados segundo a metodologia descrita no *American Oil Chemists' Society* (AOCS, 2004). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Resultados e Discussão

• 3.1 Análise físico-química do óleo de peixes marinhos.

Os resultados das análises físico-químicas estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Caracterização dos parâmetros físico-químicos do óleo de resíduos de peixes marinhos e comparativos com legislação vigente.

Índices	Resultado*	Unidade	Valores de referências		
			CODEX/FAO (2017)	EFSA (2010)	MAPA/BRASIL
Índice de acidez	de 20,57± 0,09	mg KOH / g	≤ 3	≤ 13,93	ND
Índice de iodo	de 99 ± 0,54	gI ₂ /100g	ND	120 a 200	200
Índice de peróxido	de 15,9 ± 0,1	meqO ₂ /kg	≤ 5	3 a 20	ND
Índice de saponificação	de 296,09 ± 1,2	KOH/g	ND	ND	ND

Legenda: ND – Não Determinado para óleo de peixe. *Valores médios ± desvio padrão encontrados

O valor do índice de acidez observado, no presente estudo, para o óleo extraído foi de 20,57± 0,09 mg KOH /g (equivalente a 10,34% em ácido oleico) (sem etapa de neutralização), superior em óleo extraído de vísceras de atum (4,0%) (OLIVEIRA, 2015) e carpa (*Cyprinus carp*), obtido pelo método de Bligh Dyer (4,26 % ácido oleico) (PINTO, 2009). Acidez em óleo é um parâmetro de qualidade importante relacionada à presença de ácidos graxos livres (AGL) e outros compostos de ácidos não lipídicos (RUBIO-RODRÍGUEZ *et al.*, 2012).

O óleo dos peixes marinhos estudados apresentou um índice de acidez acima do padronizado adotado pelos órgãos de referência CODEX/FAO (2017) e EFSA (2010), e de outros artigos encontrados na literatura (OLIVEIRA, 2015; PINTO, 2009).

Entretanto, outros autores (BRELAZ, 2019; FELTES *et al.*, 2010; FERNANDES, 2016) também observaram elevado índice de acidez nos óleos estudados. Associaram esses resultados ao armazenamento da matéria prima até o momento do processamento. Indicaram que, para que os óleos tenham melhor qualidade o aproveitamento dos resíduos deve ser o mais breve possível após o processamento dos peixes.

De acordo com Martins (2012), em seu trabalho com óleo de tilápia verificou que um dos principais motivos de índice de acidez elevado é a alta concentração de vísceras durante a produção de óleo. Segundo Valle *et al.* (2011), o elevado índice de acidez em óleo de peixes pode ser em função da presença da vesícula biliar.

Estas informações corroboram com a pesquisa, visto que não houve seleção prévia dos resíduos para o preparo do óleo. Portanto, além de estado de frescor dos peixes já estarem em fase de deterioração avançada, vale ressaltar que a vesícula biliar e outros

órgãos internos que compõe as vísceras permitiram conseqüentemente que o índice de acidez fosse elevado, conforme o resultado exposto na Tabela 1. Outro ponto a ser considerado é o tempo de exposição que o pescado fica exposto em feiras e mercados da capital maranhense, sendo comprometida o armazenamento adequado da matéria prima até o momento do processamento interferindo na qualidade do pescado.

Quanto ao índice de iodo, o óleo estudado apresentou 99 gI₂/100g, sendo que este índice se enquadrou no preconizado adotado pelo órgão de referência MAPA/BRASIL (2020) que estipula para óleos de peixes bruto os valores para índice de iodo até 200 gI₂/100g.

Os valores do índice de iodo estão associados ao grau de ácidos graxos insaturados (CREXI; SOUZA-SOARES; PINTO, 2009). Valores elevados para o índice de iodo podem indicar maior propensão à ocorrência de processos oxidativos na molécula do ácido graxo insaturado (ENDO, TAGIRI-ENDO, KIMURA, 2005; OLIVEIRA, 2015).

O baixo índice de iodo em óleo, indica tratar-se de óleos mais saturados, o que diminui a possibilidade de oxidação lipídica durante o aquecimento. Lemos (2015) declara que o baixo valor do índice de iodo pode ter sido promovido pela dieta alimentar que o peixe está sujeito, e que podem não favorecer um perfil lipídico rico em ácidos graxos insaturados.

O óleo estudado apresentou um índice de saponificação de 296,09 ± 0,00 mg KOH/g, o que indica que o óleo apresenta ácidos graxos poli-insaturados em grande proporção. Este valor está de acordo com o preconizado adotado pelas normas de referência supracitadas. O índice de saponificação (IS) é uma medida do peso molecular e definida como a quantidade de álcali necessária para saponificar ácidos graxos em uma determinada massa de óleo (BORAN; KARAÇAM; BORAN, 2006). Também segundo Hernandez (2011), o índice de saponificação é definido como o número de miligramas de hidróxido de potássio necessário para neutralizar os ácidos graxos resultantes da hidrólise completa de 1g da amostra.

Valores reportados na literatura para saponificação foram semelhantes oriundos de óleo de peixes marinhos e duciaquícolas pelo método industrial como o atum (*Thunnus albacares*) (181,01 mg KOH/g) (OLIVEIRA, 2015), tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e surubim híbrido (*Pseudoplatystoma corruscans* X *P. fasciatum*) (194,9676 mg KOH/g e 212,3032 mg KOH/g, respectivamente) (MENEGAZZO; PETENUCCI; FONSECA, 2014).

No trabalho desenvolvido por Bery et al. (2012), o óleo extraído de vísceras de peixes marinhos como Arabaiana (*Seriola dumerlii*), atum (*Thunnus spp.*), cavala (*Scomberomorus cavala*) e cação (*Carcharhinus spp.*) apresentaram valores de 180 mg KOH/g para índice de saponificação.

Índice de peróxido indica oxidação lipídica. Devido ao seu elevado teor de ácidos graxos poli-insaturados, incluindo o ácido eicosapentaenoico (EPA) e ácido docosahexaenoico (DHA), a taxa de oxidação do óleo de peixe é significativamente diferente da de outros óleos. A presença destes ácidos graxos do óleo de peixe torna-o susceptíveis a processos oxidativos, que afetam as suas características e valor nutricional quando submetidos a diferentes temperaturas e luminosidades durante o processamento e armazenamento (OLIVEIRA, 2015). O valor encontrado para o índice de peróxido (15,9 meq O₂/kg de óleo) encontra-se adequado conforme norma da EFSA (2010). Em óleo de peixe agulha (*Belone belone*) (10,60 meq O₂/kg de óleo) e óleo de tainha (*Mugil auratus*) (11,3 meq O₂/kg de óleo) foram obtidos valores satisfatórios quanto ao índice de peróxido (CREXI; SOUZA-SOARES; PINTO, 2009; OLIVEIRA, 2015).

Conclusão

A maioria dos parâmetros físico-químicos do óleo de peixes marinhos estavam de acordo com as normas de referência. Para a redução do índice de acidez sugere-se fazer neutralização. O trabalho é promissor para estudos na área de biotecnologia, visto que o mesmo pode ser uma alternativa a produção de biodiesel, uso na aquicultura e fins nutricionais (humano e animal).

Referências

- ALMEIDA, N. M.; BUENO FRANCO, M. R. Influência da dieta alimentar na composição de ácidos graxos em pescado: aspectos nutricionais e benefícios à saúde humana. *Rev Inst Adolfo Lutz*, 65(1):7-14, 2006.
- ALMEIDA, Z. da S.; ISAAC, V. J.; PAZ, A. C.; MORAIS, G. C.; PORTO, H. L. R. 2011 Avaliação do potencial de produção pesqueira do sistema da pescada-amarela (*Cynoscion acoupa*) capturada pela frota comercial do Araçagi, Raposa, Maranhão. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 24(2): 35-42.
- BERY, C. C. S.; NUNES, M. L.; SILVA, G. F.; SANTOS, J. A. B.; BERY, C. S. ESTUDO DA VIABILIDADE DO ÓLEO DE VÍSCERAS DE PEIXES MARINHOS (*Seriola Dumerlii* (ARABAIANA), *Thunnus ssp* (ATUM), *Scomberomorus cavala* (CAVALA) e *Carcharhinus spp* (CAÇÃO)) COMERCIALIZADOS EM ARACAJU-SE PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL. *Revista GEINTEC – ISSN: 2237-0722*.

São Cristóvão/SE – 2012. Vol. 2/n. 3/ p.297-306 D.O.I.:10.7198/S2237-0722201200030009

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto 9.013 de 29 de março de 2017. **Dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal.** Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3198817/mod_resource/content/1/DECRETO-N%C2%BA-9.013-DE-29-DE-MAR%C3%87O-DE-2017_RIISPOA.pdf>. Acesso em: 26 de março de 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. INSTRUÇÃO NORMATIVA No 110, DE 24 DE NOVEMBRO DE 2020 Publica a lista de matérias-primas aprovadas como ingredientes, aditivos e veículos para uso na alimentação animal. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos/alimentacao-animal/copy2_of_IN1102020LISTADEMATERIASPRIMAS.pdf. Acesso em: 02 de março de 2023.

Codex Alimentarius (2017). STANDARD FOR FISH OILS CODEX STAN 329-2017. Disponível em: <https://www.iffco.net/system/files/Codex%20Standard%20for%20Fish%20Oils%20CX%20S_329e_Nov%202017.pdf>. Acesso em: 28 de março de 2020.

FAO. 2018. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Roma
<http://www.fao.org/3/i9540es/I9540ES.pdf>

FELTES, M. M. C., CORREIA, J. F. G., BEIRÃO, L. H., BLOCK, J. M., NINOW, J. L., & SPILLER, V. R. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Vol.14, No.6, pp. 669-677, ISSN 1415-4366. 2010

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). The State of World Fisheries and Aquaculture: contributing to food security and nutrition for all. Roma, FAO, 200 p, 2016.

GONÇALVES, A. A. Tecnologia do Pescado: Ciência, Tecnologia, Inovação e Legislação. São Paulo: Editora Atheneu, 2011. 608 p.

LIMA, ANA KAROLINA MAYER DE. PURIFICAÇÃO DO ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA POR CARVÃO ATIVADO VISANDO A PRODUÇÃO DE BIODIESEL. Engenharia Química do Departamento Acadêmico de Engenharia Química, do Câmpus Ponta Grossa, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. PONTA GROSSA 2015. 45f.

LOPES, I. S., FERREIRA, E. M., PEREIRA, D. M., PEREIRA, L. S., CUNHA, M. C. S., COSTA, F. N. 2012 Pescada amarela (Cynoscion acoupa) desembarcada: características microbiológicas e qualidade do gelo utilizado na sua conservação. Revista Instituto Adolfo Lutz, 71(4):77-84.

MARTINS, GISLAINE IASTIAQUE. Potencial de extração de óleo de peixe para produção de biodiesel. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do

Paraná. Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Energia na Agricultura. Cascavel, PR: UNIOESTE, 2012. 81 p.

MEDEIROS-JUNIOR, E. F.; EIRAS, B. J. C. F. & ALVES, M. M. Propriedade físico-química do óleo de vísceras de corvina *Cynoscion virescens*. ActaFish (2017) 5 (2): i-iv. DOI 10.2312/ActaFish.2017.5.2.i-iv

PEREIRA, T. de J. F.; FERREIRA, L. K. S.; EVERTON, F. A.; FRAZÃO, F. B.; LIMA, M. de F. V. 2010 Comercialização de pescado no Portinho em São Luís, Estado do Maranhão, Brasil: uma abordagem socioeconômica dos trabalhadores. Revista Brasileira de Engenharia de Pesca, 5(3): 1-8.

PINTO, BRUNO VILARINHO VICTORINO; BEZERRA, AMANDA ESTEVES; AMORIM, ELIZETE; VALADÃO, RÔMULO CARDOSO; OLIVEIRA, GESILENE MENDONÇA DE. O resíduo de pescado e o uso sustentável na elaboração de coprodutos. Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias. Curitiba, PR, v.2, n.2, 15, jul./dez., 2017.

PIRES, D. R; MORAIS, A. G. N; COSTA. J. F; GOES, L.C.D.S.A; OLIVEIRA, G.M. Aproveitamento do resíduo comestível do pescado: Aplicação e viabilidade. Revista Verde, v 9, n.5, p.34 - 46, 2014.

CAPÍTULO 6

INTERSECÇÕES ENTRE CIDADANIA E MEIO AMBIENTE: NOVOS DIREITOS E ATORES AMBIENTAIS

INTERSECTIONS BETWEEN CITIZENSHIP AND THE ENVIRONMENT: NEW RIGHTS AND ENVIRONMENTAL ACTORS

DOI: <https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.06>

Submetido em: 20/06/2023

Revisado em: 26/06/2023

Publicado em: 09/07/2023

Reinaldo Dias

Doutor em Ciências Sociais e Mestre em Ciência Política pela UNICAMP

<http://lattes.cnpq.br/5937396816014363>

Resumo

Este estudo explora a intrincada relação entre cidadania e meio ambiente, focalizando três áreas-chave: novos direitos ambientais, atores e ação ambiental, e cidadania ambiental ativa. Uma revisão sistemática e análise secundária de dados foram empregadas para fornecer uma perspectiva abrangente sobre esses aspectos. A pesquisa revela a emergência de novos direitos ambientais, reconhecendo o valor intrínseco da natureza e a interconexão da saúde humana e ecológica. O estudo identifica diversos atores, incluindo indivíduos, ONGs, governos e corporações, contribuindo para a ação ambiental. Discute-se a natureza multinível de atores ambientais, incluindo organizações internacionais, agências nacionais e organizações locais. A cidadania ambiental ativa é ressaltada como um aspecto crucial da governança e ação ambiental, envolvendo várias formas de participação, desde comportamentos sustentáveis até ações coletivas. O artigo conclui enfatizando a necessidade de abordagens mais inclusivas e participativas para a governança ambiental, contribuindo para um mundo mais sustentável e justo.

Palavras-chave: Novos direitos ambientais. Atores ambientais. Cidadania. Governança

Abstract

This study explores the intricate relationship between citizenship and environment, focusing on Three key areas: new environmental rights, actors and environmental action, and active environmental citizenship. A systematic review and secondary data analysis was employed to provide a comprehensive perspective on these aspects. The research uncovers the emergence of new environmental rights, recognizing the intrinsic value of nature and the interconnectedness of human and ecological health. The study identifies diverse actors, including individuals, NGOs, governments, and corporations, contributing to environmental action. The multi-level nature of environmental entities, including international organizations, national agencies, and local organizations, is discussed. Active environmental citizenship is underscored as a crucial aspect of environmental governance and action, involving various forms of participation from sustainable behaviors to collective action. The paper concludes by emphasizing the need for more inclusive and participatory approaches to environmental governance, ultimately contributing to a more sustainable and just world.

Keywords: New environmental rights. Environmental actors. Citizenship. Governance

Introdução

O nexos entre cidadania e meio ambiente é um campo de estudo em expansão que requer uma exploração robusta e abrangente. As repercussões da degradação ambiental e das mudanças climáticas desafiam não apenas o mundo físico e biológico, mas também o tecido social e as estruturas políticas que governam e definem a sociedade. Este capítulo enfoca três áreas centrais dentro desse campo: novos direitos ambientais, atores da ação ambiental, e cidadania ambiental ativa.

Novos direitos ambientais surgiram como resposta à escalada das crises ambientais. Boyd (2017) postula que esses direitos estão remodelando o cenário jurídico, social e político, ampliando as noções tradicionais de cidadania para abranger aspectos ambientais. A afirmação de tais direitos reflete o crescente reconhecimento de que um ambiente saudável é parte integrante do bem-estar e da sobrevivência humana. Este capítulo aprofundará esses direitos emergentes e suas implicações para a cidadania e a proteção ambiental.

Paralelamente à evolução dos direitos ambientais, diversos atores têm ocupado o protagonismo da ação ambiental. Esses atores vão desde indivíduos e organizações não governamentais (ONGs) até governos e corporações (DRYZEK *et al.*, 2013). Os papéis, responsabilidades e impacto desses atores são multifacetados e complexos, necessitando de um exame abrangente para compreender sua interação e influência mútua.

Além disso, atores ambientais, incluindo organizações governamentais e não governamentais, bem como entidades privadas, desempenham papéis significativos na formulação de políticas e ações ambientais (BULKELEY; BETSILL, 2003). A análise dessas entidades e de seus papéis é crucial para a compreensão dos mecanismos de governança ambiental e suas implicações para a cidadania.

Por último, o conceito de cidadania ambiental ativa reflete o potencial e o poder dos cidadãos para contribuir para a proteção do ambiente e para a elaboração de políticas. A cidadania ativa no contexto ambiental transcende direitos e responsabilidades passivas, promovendo a participação ativa na ação ambiental e nos processos decisórios. Este capítulo explorará as oportunidades e desafios associados à cidadania ambiental ativa.

A interconexão entre cidadania e meio ambiente é importante no contexto atual de desafios ambientais. Ao explorar novos direitos ambientais, os papéis de diversos atores e entidades na ação ambiental e o conceito de cidadania ambiental ativa, este estudo busca lançar luz sobre como cidadania e meio ambiente se entrelaçam diante das crises ambientais. Os resultados deste estudo não apenas poderão contribuir no campo acadêmico, mas também fornecerão insights para a formulação de políticas e práticas em governança ambiental.

Metodologia

A metodologia de pesquisa para este estudo emprega uma revisão sistemática e análise de dados secundários. Essa abordagem está alinhada com o objetivo do estudo de explorar os domínios que se cruzam entre cidadania e meio ambiente, particularmente no contexto de novos direitos ambientais, atores da ação ambiental, e cidadania ambiental ativa.

Uma revisão sistemática é uma abordagem rigorosa e robusta para revisar a literatura existente, oferecendo um alto nível de transparência, replicabilidade e abrangência (PETTICREW; ROBERTS, 2006). Este método permite uma exploração aprofundada da literatura diversificada relacionada a cada uma das áreas de enfoque. Ao identificar, selecionar e avaliar sistematicamente todas as pesquisas relevantes, pode-se tirar conclusões confiáveis sobre o estado atual do conhecimento, identificar lacunas na literatura e sugerir direções para pesquisas futuras (MOHER *et al.*, 2009).

O uso de dados secundários, que incluem estudos anteriores, relatórios e artigos acadêmicos, justifica-se pela grande quantidade de dados existentes sobre o tema. A análise de dados secundários pode fornecer uma perspectiva mais ampla, transcendendo as restrições de tempo, local e recursos que a coleta de dados primários frequentemente encontra (JOHNSTON, 2014). Dada a natureza multifacetada de nossas áreas de pesquisa, os dados secundários nos permitem explorar uma ampla gama de fontes, aumentando assim a riqueza e a diversidade do conjunto de dados. Além disso, a análise de dados secundários é um método prático e eficiente, pois elimina a necessidade de coleta de dados demorada e muitas vezes dispendiosa (VARTANIAN, 2011).

Para garantir a qualidade e confiabilidade dos dados secundários utilizados, serão aplicados critérios rígidos de inclusão e exclusão, com foco em artigos revisados por pares, relatórios oficiais e publicações de fontes confiáveis. Também foi considerada a data de publicação, dando preferência a dados mais recentes para garantir a relevância e

atualidade dos resultados. Além disso, foi avaliada criticamente cada fonte quanto à sua solidez metodológica e relevância para as questões de pesquisa.

Revisão de Literatura

Uma revisão sistemática da literatura revela uma complexa e evolutiva relação entre cidadania e meio ambiente, encapsulada em três áreas principais: novos direitos ambientais, atores da ação ambiental e cidadania ambiental ativa.

1.1. Os novos direitos ambientais

A emergência de novos direitos ambientais marca uma significativa mudança de paradigma na compreensão e alcance da cidadania. Esses direitos englobam uma gama de reivindicações legais e morais que expandem as noções tradicionais de cidadania para incluir aspectos ambientais. A emergência de novos direitos ambientais marca uma mudança significativa na conceituação de cidadania. O trabalho seminal de Barry (2006) delineia como esses direitos, incluindo o direito a um meio ambiente limpo e saudável, estão expandindo as noções tradicionais de cidadania. Eles estão transformando o cenário jurídico, social e político, reconhecendo a necessidade de um ambiente saudável para o bem-estar e a sobrevivência humana. No entanto, a implementação desses direitos levanta questões de acesso e equidade, pois alguns grupos podem não ter recursos ou capacidades para fazer valer esses direitos de forma efetiva (BARRY, 2006). Esse desafio ressalta a necessidade de uma maior exploração de como os novos direitos ambientais são realizados na prática.

Nesta seção, discutimos a evolução dos direitos ambientais, seus principais componentes e suas implicações para a cidadania e a proteção ambiental.

1.1.1. Evolução dos Direitos Ambientais

A emergência dos direitos ambientais remonta ao crescente reconhecimento do impacto humano no meio ambiente e à subsequente necessidade de proteção ambiental. A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo em 1972, marcou um ponto de inflexão na política ambiental internacional e lançou as bases para o desenvolvimento dos direitos ambientais. A conferência enfatizou a conexão entre direitos humanos e proteção ambiental e pediu maior cooperação internacional para enfrentar os desafios ambientais.

Nos anos seguintes, uma série de acordos e convenções internacionais, como a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) e a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), reconheceram e desenvolveram os direitos ambientais (BODANSKY, 2011). Os governos nacionais também incorporaram os direitos ambientais em suas constituições e sistemas jurídicos, refletindo o crescente consenso global sobre a importância da proteção ambiental.

No Brasil, a promulgação da Constituição Federal de 05 de outubro de 1988 foi o coroamento de um processo evolutivo no trato das questões ambientais. Considerada como sendo talvez uma das mais avançadas do mundo na questão ambiental, tema que além de ser tratado num capítulo específico sobre o meio ambiente (art. 225), aparece em vários outros artigos não diretamente relacionados.

Uma mudança significativa na nova Constituição foi a inclusão do meio ambiente, pela primeira vez, como um direito humano básico, não sendo mais considerado apenas uma responsabilidade de agências ou entidades públicas, como ocorria em constituições anteriores. (SILVA, 2019)

A inclusão dos novos direitos ambientais na Constituição de 1988, deveu-se a vários fatores que se conjugaram tornando possível uma realidade legal que, todavia, não encontrava correspondência no âmbito social- na realidade a ampla maioria do povo brasileiro desconhecia os novos direitos ambientais inseridos na Constituição.

Ocorre que após a promulgação da Constituição, a comunidade foi aos poucos tomando consciência destes novos direitos, buscando gradativamente torná-los efetivos, através de ações tanto individuais, como coletivas. Ações estas motivadas tanto por agentes ambientalmente motivados, como por entidades ambientalistas- formalizadas ou não.

1.1.2. Principais componentes dos direitos ambientais

Os direitos ambientais podem ser amplamente categorizados em três componentes principais: direitos substantivos, direitos processuais e abordagens baseadas em direitos para a proteção ambiental (KNOX; PEJAN, 2018).

- a) Direitos substantivos: Esses direitos dizem respeito ao acesso e gozo de bens ambientais específicos, como ar puro, água limpa e um meio ambiente saudável. O direito a um meio ambiente saudável, por exemplo, está consagrado nas constituições de mais de 100 países e foi reconhecido por tribunais regionais de direitos humanos.

- b) **Direitos processuais:** Os direitos processuais referem-se aos processos de tomada de decisão e governança ambiental, garantindo que os cidadãos possam participar e influenciar decisões que afetam seu meio ambiente. Os principais direitos processuais incluem os direitos de acessar informações ambientais, participar da tomada de decisões ambientais e buscar reparação por danos ambientais. A Convenção de Aarhus, um tratado regional na Europa, é um exemplo notável de instrumento que consagra esses direitos processuais.
- c) **Abordagens baseadas em direitos para a proteção ambiental:** Essas abordagens integram princípios e padrões de direitos humanos em políticas e práticas ambientais, colocando as pessoas no centro da governança ambiental. Exemplos incluem os direitos dos povos indígenas a suas terras e recursos tradicionais e os direitos das gerações futuras de herdar um meio ambiente saudável e sustentável.

1.1.3. Implicações para a Cidadania e Proteção Ambiental

A emergência dos direitos ambientais tem várias implicações para a cidadania e a proteção ambiental:

- d) **Ampliação do âmbito da cidadania:** Os direitos ambientais ampliam as noções tradicionais de cidadania, incorporando aspectos ambientais aos direitos e responsabilidades dos cidadãos. Essa expansão redefine o contrato social entre os cidadãos e o Estado, reconhecendo a importância da proteção ambiental como um bem público e uma responsabilidade compartilhada.
- e) **Empoderamento dos cidadãos:** Os direitos ambientais capacitam os cidadãos a participar dos processos de tomada de decisão ambiental e responsabilizam os governos e outros atores por suas ações. Esse empoderamento promove uma forma mais inclusiva e democrática de governança ambiental, promovendo a cidadania ambiental ativa (DOBSON, 2004).
- f) **Enfrentar as injustiças ambientais:** Os direitos ambientais têm o potencial de abordar as injustiças ambientais, garantindo que grupos vulneráveis e marginalizados tenham acesso a bens e serviços ambientais e possam participar de decisões que afetam seu meio ambiente. No entanto, a realização desses direitos depende da capacidade desses grupos de fazer valer e exercer seus direitos efetivamente (SCHLOSBERG, 2013).

- g) Promoção da proteção do ambiente: Os direitos ambientais podem servir como instrumentos poderosos para promover a proteção do ambiente, ligando o bem-estar humano à saúde do ambiente. Esses direitos destacam a interdependência entre direitos humanos e sustentabilidade ambiental, enfatizando a necessidade de uma abordagem holística e integrada da governança ambiental (BOYD, 2019).

Os novos direitos ambientais representam um avanço crítico na intersecção entre cidadania e discurso ambiental. Eles ampliam os limites da cidadania tradicional, capacitam os cidadãos, abordam injustiças ambientais e promovem a proteção ambiental. No entanto, a efetividade desses direitos para alcançar esses objetivos depende de uma série de fatores, incluindo a disposição e a capacidade dos Estados e outros atores para reconhecer e implementar esses direitos, e a capacidade dos cidadãos de afirmar e exercer seus direitos de forma eficaz.

Embora esses direitos sejam uma promessa significativa para redefinir a cidadania e melhorar a proteção ambiental, eles também representam desafios e levantam questões que merecem maior exploração. Por exemplo, como resolver os potenciais conflitos entre direitos ambientais e outros direitos, como direitos de propriedade ou direitos de desenvolvimento? Como garantir na prática a efetivação dos direitos ambientais, particularmente para grupos vulneráveis e marginalizados? E como esses direitos podem contribuir para os objetivos mais amplos de sustentabilidade ambiental e justiça social? Ao abordar essas questões, pesquisas futuras podem contribuir para uma compreensão mais profunda e matizada do papel dos direitos ambientais no nexo entre cidadania e meio ambiente.

1.2. Atores e ação ambiental

Os atores ambientais são geralmente categorizados em três grandes grupos:

Setor público/governamental: Este grupo inclui órgãos e departamentos governamentais em todos os níveis (local, regional, nacional e internacional) responsáveis por desenvolver e implementar políticas ambientais.

1.2.1 Governos

Os governos, em todos os níveis, têm um papel central na ação ambiental. Eles desenvolvem e implementam políticas e regulamentações ambientais, gerenciam recursos públicos e coordenam respostas aos desafios ambientais (BULKELEY E BETSILL,

2003). Os governos podem usar várias ferramentas políticas, como legislação, tributação e incentivos, para promover a proteção ambiental e a sustentabilidade.

Organizações Internacionais são formadas por governos que influenciam e adotam políticas internacionais na área do meio ambiente. Organizações internacionais, como o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), desempenham um papel fundamental na facilitação da cooperação e ação globais em questões ambientais. Eles fornecem uma plataforma para que os países negociem e adotem acordos internacionais, estabeleçam padrões globais e compartilhem conhecimento e melhores práticas (BIERMANN; PATTERBERG, 2008).

As organizações internacionais também desempenham um papel crucial na geração e disseminação de conhecimento ambiental. Por exemplo, os relatórios de avaliação do IPCC têm sido fundamentais para moldar a compreensão global das mudanças climáticas e informar as decisões políticas em vários níveis (HULME; MAHONY, 2010).

No entanto, a eficácia das organizações internacionais é muitas vezes limitada pelos interesses e capacidades divergentes dos seus Estados-Membros. Alcançar um consenso entre os países pode ser um desafio, particularmente em questões controversas, como a mitigação das mudanças climáticas e a adaptação.

Os governos muitas vezes enfrentam desafios para equilibrar as metas ambientais com outras prioridades, como o desenvolvimento econômico e a equidade social. A efetividade da ação governamental também depende da vontade política, da capacidade institucional e do apoio público (BULKELEY; BETSILL, 2003).

As agências nacionais, como a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos e o Departamento de Meio Ambiente, Alimentação e Assuntos Rurais do Reino Unido, são responsáveis pela implementação de políticas e regulamentações ambientais em nível nacional. Eles desenvolvem e aplicam regulamentos, gerenciam recursos públicos e prestam serviços relacionados à proteção e conservação ambiental (JORDAN; LENSCHOW, 2010).

No Brasil, o exemplo é a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) que é a responsável pela implementação e coordenação da gestão compartilhada dos recursos hídricos, regular o acesso à água, e promover a segurança hídrica visando o desenvolvimento sustentável. A instalação da ANA propiciou condições para a governabilidade dos recursos hídricos no Brasil (MATOS, 2020).

As agências nacionais desempenham igualmente um papel fundamental na facilitação da participação do público na tomada de decisões em matéria de ambiente. Eles se envolvem com várias partes interessadas, incluindo cidadãos, ONGs e empresas, por meio de consultas públicas, comitês consultivos e outros mecanismos participativos (JORDAN; LENSCHOW, 2010).

No entanto, a eficácia das agências nacionais pode ser influenciada por uma série de fatores, incluindo liderança política, capacidade institucional e apoio público. A independência e a responsabilidade dessas agências também são fundamentais para sua credibilidade e legitimidade.

Setor privado: Este grupo é composto por empresas e indústrias que têm um impacto direto ou indireto no meio ambiente através das suas operações. Muitas vezes, eles são regulados pelas políticas governamentais, mas também podem desempenhar um papel na promoção da sustentabilidade através de práticas de negócios responsáveis.

As empresas são cada vez mais reconhecidas como atores importantes na ação ambiental. Embora tenham sido tradicionalmente vistas como parte do problema, devido às suas pegadas ambientais substanciais, as empresas estão se tornando cada vez mais parte da solução. Por meio de iniciativas de responsabilidade social corporativa (RSC), muitas empresas estão integrando considerações ambientais em suas estratégias e operações de negócios (CARROLL; SHABANA, 2010).

As empresas podem contribuir para a ação ambiental reduzindo seus impactos ambientais, investindo em tecnologias sustentáveis e promovendo práticas sustentáveis entre seus fornecedores, clientes e comunidades. No entanto, a ação ambiental corporativa é frequentemente impulsionada por incentivos de mercado e pressões regulatórias, e sua eficácia pode variar amplamente em diferentes setores e contextos (CARROLL; SHABANA, 2010).

Sociedade civil: Este grupo inclui organizações não governamentais (ONGs), grupos de defesa ambiental, comunidades e indivíduos. Esses atores podem influenciar as políticas ambientais através de ativismo, educação, pesquisa e outras formas de envolvimento.

1.2.2 Indivíduos

Os indivíduos, enquanto cidadãos, têm um papel crucial na condução da ação ambiental. Eles influenciam os resultados ambientais por meio de suas decisões e comportamentos diários, como suas escolhas de consumo, práticas de descarte de

resíduos e uso de energia (STERN, 2000). Através de ações individuais, como a reciclagem, a redução do consumo de energia e o apoio a empresas sustentáveis, os cidadãos contribuem para a proteção ambiental e a sustentabilidade.

Além disso, os indivíduos podem exercer influência por meio de sua participação em processos políticos, como votação, lobby e manifestações públicas. Por exemplo, as greves climáticas globais lideradas por jovens destacaram o poder dos indivíduos para mobilizar a opinião pública e exigir ação sobre questões ambientais (NEAS, WARD; BOWMAN, 2022). No entanto, a capacidade dos indivíduos de efetuar mudanças é frequentemente limitada por fatores estruturais, como condições socioeconômicas e arranjos institucionais, ressaltando a necessidade de políticas e sistemas de apoio.

1.2.3 Organizações Não Governamentais (ONGs)

As ONGs desempenham um papel crucial na ação ambiental por meio de realização de lobbies, pesquisa, educação e ação direta. Eles atuam monitorando as atividades de governos e corporações, e responsabilizando-os por seus impactos ambientais (FISHER, 2010). As ONGs também fornecem uma plataforma para que os cidadãos se envolvam em ações ambientais, muitas vezes mobilizando apoio popular para causas ambientais.

Além disso, as ONG contribuem para os processos de elaboração de políticas, fornecendo conhecimentos especializados e representando os interesses de várias partes interessadas. Muitas vezes, atuam como intermediários entre cidadãos e tomadores de decisão, amplificando as vozes de grupos marginalizados e garantindo que suas preocupações sejam incluídas nas discussões políticas (FISHER, 2010).

1.2.4 Organizações Comunitárias Locais

Organizações comunitárias locais, como grupos ambientais de base e iniciativas de conservação baseadas na comunidade, desempenham um importante papel na ação ambiental em nível local. Eles mobilizam recursos e conhecimentos locais, engajam os membros da comunidade na gestão ambiental e defendem os interesses ambientais locais (PRETTY; SMITH, 2004).

As organizações comunitárias locais geralmente adotam uma abordagem baseada no local para a ação ambiental, concentrando-se nos desafios e oportunidades ambientais específicos em suas comunidades. Essa abordagem permite que eles adaptem suas ações

aos contextos locais, promovendo a apropriação e a resiliência da comunidade (PRETTY; SMITH, 2004).

No entanto, essas organizações geralmente enfrentam desafios no acesso a recursos, na influência de decisões políticas e no gerenciamento de conflitos dentro das comunidades. O sucesso de seus esforços geralmente depende de suas relações com outros atores, como governos locais, ONGs e empresas.

1.3. Cidadania ambiental ativa

A cidadania ambiental ativa representa o engajamento proativo de indivíduos e comunidades na tomada de decisões e ações ambientais. O conceito de cidadania ambiental ativa vai além dos direitos e responsabilidades passivas, enfatizando a participação ativa na ação ambiental e nos processos decisórios. Segundo Dobson (2004), a cidadania ambiental ativa pode se manifestar de várias formas, desde comportamentos individuais e escolhas de estilo de vida até a participação em iniciativas comunitárias e processos de formulação de políticas. Esta forma de cidadania pode capacitar os cidadãos a influenciar os resultados ambientais e contribuir para a governação ambiental. No entanto, também apresenta desafios, como a necessidade de conhecimento ambiental e o potencial de conflito entre interesses individuais e metas ambientais coletivas (DOBSON, 2004). As oportunidades e desafios associados à cidadania ambiental ativa constituem uma área rica para futuras pesquisas.

A literatura revela uma relação multifacetada entre cidadania e meio ambiente, caracterizada pela emergência de novos direitos ambientais, pelo envolvimento de diversos atores na ação ambiental, pelo papel que exercem e pelo conceito de cidadania ambiental ativa. No entanto, mais pesquisas são necessárias para entender como essas áreas se cruzam e influenciam umas às outras, e como elas moldam o cenário mais amplo da governança ambiental.

Através da análise dessa literatura, torna-se evidente que cidadania e meio ambiente estão profundamente ligados, e a relação entre ambos está evoluindo à medida que a compreensão das questões ambientais se aprofunda e se diversifica. Os vários atores, incluindo indivíduos, ONGs, governos e corporações, desempenham papéis únicos na formação dessa relação. Em particular, a mudança para uma cidadania ambiental ativa representa uma mudança transformadora na forma como os indivíduos interagem e influenciam o seu ambiente.

No entanto, existem lacunas em na compreensão de como esses diferentes elementos interagem e influenciam uns aos outros. Por exemplo, embora os papéis de vários atores na ação ambiental estejam bem documentados, há pesquisas limitadas sobre como esses papéis são influenciados por novos direitos ambientais e como eles contribuem para uma cidadania ambiental ativa. Da mesma forma, embora se reconheça a importância dos atores ambientais na formulação da política e da ação ambiental, há necessidade de uma compreensão mais matizada de seus papéis, particularmente em relação aos novos direitos ambientais e à cidadania ambiental ativa.

Além disso, a literatura tende a examinar esses elementos isoladamente, ignorando as potenciais sinergias e tensões entre eles. Uma abordagem mais integrativa, que veja a cidadania e o meio ambiente como interconectados e dinâmicos, é necessária para captar toda a complexidade dessa relação.

Este capítulo busca suprir essas lacunas por meio de uma revisão sistemática e análise de dados secundários, com o objetivo de fornecer uma compreensão abrangente e matizada da relação entre cidadania e meio ambiente. Os resultados deste estudo não apenas podem contribuir para o campo acadêmico, mas também fornecerão insights para a formulação de políticas e práticas em governança ambiental.

1.3.1 Conceito e Importância

A cidadania ambiental ativa vai além do conhecimento passivo ou da preocupação com o meio ambiente. Envolve a tomada de medidas para proteger e melhorar o meio ambiente, seja por meio de comportamentos individuais, ação coletiva, participação política ou outras formas de engajamento (DOBSON, 2004). Cidadãos ambientais ativos não são apenas consumidores ou eleitores, mas agentes de mudança que contribuem para a sustentabilidade ambiental.

A cidadania ambiental ativa é crucial para enfrentar os desafios ambientais. Pode promover comportamentos mais sustentáveis, influenciar decisões políticas e promover a justiça ambiental. Também incorpora o princípio democrático da participação, permitindo que os cidadãos tenham voz nas decisões que afetam suas vidas e o meio ambiente (DOBSON, 2004).

1.3.2. Promoção da Cidadania Ambiental Ativa

Uma série de estratégias pode promover uma cidadania ambiental ativa. A educação é uma estratégia-chave, ajudando os cidadãos a entender as questões

ambientais, desenvolver habilidades para a ação e cultivar valores de administração e responsabilidade (BARR, 2007). Os programas de educação ambiental, formais e informais, podem atingir vários públicos, incluindo estudantes, adultos e grupos específicos, como agricultores ou líderes empresariais.

Mecanismos de participação pública, como consultas públicas, júris de cidadãos e orçamento participativo, também podem promover a cidadania ambiental ativa. Eles oferecem oportunidades para que os cidadãos se envolvam na tomada de decisões ambientais, expressem suas preocupações e influenciem os resultados das políticas (IRVIN; STANSBURY, 2004).

Além disso, ONGs e organizações comunitárias podem promover a cidadania ambiental ativa, mobilizando ações de base, defendendo os direitos dos cidadãos e fornecendo plataformas para o engajamento dos cidadãos. As tecnologias digitais e as mídias sociais também podem facilitar a cidadania ambiental ativa, permitindo o ativismo online, o crowdsourcing e a colaboração virtual (BENNETT; SEGERBERG, 2012).

1.3.3 Promulgando a cidadania ambiental ativa

A cidadania ambiental ativa é promulgada de várias maneiras, refletindo os diversos interesses, capacidades e contextos dos cidadãos. Alguns cidadãos adotam comportamentos sustentáveis, como reciclagem, compostagem ou consumo verde. Outros participam de ações coletivas, como limpezas comunitárias, plantio de árvores ou greves climáticas.

Alguns cidadãos ambientais ativos se envolvem em processos políticos, como lobby, votação ou candidatura, para influenciar as políticas ambientais. Outros se engajam em ações diretas, como desobediência civil ou ecosabotagem, para protestar contra injustiças ambientais ou práticas insustentáveis (SCHLOSBERG, 2007).

A cidadania ambiental ativa também pode envolver formas cotidianas de resistência e resiliência, como criar e compartilhar narrativas alternativas, construir hortas comunitárias ou recuperar espaços públicos. Essas formas de ação podem ser menos visíveis ou dramáticas, mas podem desafiar paradigmas dominantes, promover a resiliência local e contribuir para transformações sociais e ambientais mais amplas (GIBSON-GRAHAM, 2006).

A cidadania ambiental ativa é uma força poderosa para a mudança ambiental. Envolve diversas formas de ação, e pode ser fomentada e implementada de várias maneiras. No entanto, mais pesquisas são necessárias para compreender a dinâmica da

cidadania ambiental ativa, seus impactos e as condições que a possibilitam ou restringem. Por exemplo, como fatores estruturais, como condições socioeconômicas ou arranjos institucionais, influenciam a cidadania ambiental ativa? Como diferentes formas de cidadania ambiental ativa se cruzam e interagem? E como a cidadania ambiental ativa pode contribuir para os objetivos mais amplos de sustentabilidade ambiental e justiça social?

O fato é que a cidadania ambiental ativa é um componente crucial da governança ambiental, representando o engajamento ativo dos cidadãos na tomada de decisões e ações ambientais. É um conceito multifacetado, que incorpora diversas formas de participação e ação em diferentes níveis, desde comportamentos individuais até ações coletivas e políticas. Mais pesquisas são necessárias para compreender a dinâmica da cidadania ambiental ativa, seus impactos e como ela pode ser efetivamente fomentada e apoiada.

À guisa de conclusão desta seção, ficou evidenciado que a ação ambiental é um empreendimento coletivo, envolvendo diversos atores, cada um com seus papéis, responsabilidades e impactos distintos. Tem papel vital na governança e ação ambiental, cada um operando em diferentes níveis e trazendo forças e desafios únicos. Eles são fundamentais na interação entre cidadania e meio ambiente, influenciando os papéis, direitos e responsabilidades dos cidadãos em relação à proteção ambiental. Esses atores interagem de formas complexas e, muitas vezes, imprevisíveis, moldando a trajetória da ação ambiental. A compreensão dessas interações é crucial para o desenvolvimento de estratégias efetivas de proteção ambiental e sustentabilidade.

Embora seus esforços sejam fundamentais para enfrentar os desafios ambientais, as complexidades das questões ambientais exigem uma abordagem coordenada e integrada envolvendo todos esses atores. Novas pesquisas são necessárias para compreender a dinâmica entre esses diversos atores, sua eficácia na promoção da cidadania ambiental e como elas podem contribuir coletivamente para um futuro mais sustentável.

Os atores da ação ambiental abrangem um amplo espectro, desde indivíduos e ONGs até governos e corporações. Esses atores, com seus distintos papéis, responsabilidades e impactos, contribuem para o dinamismo e a complexidade da ação ambiental. Cidadãos individuais, através de suas decisões e comportamentos diários, podem influenciar os resultados ambientais. As ONGs muitas vezes desempenham um papel mediador, defendendo causas ambientais e influenciando políticas. Governos e corporações, embora tradicionalmente vistos como parte do problema, são cada vez mais

reconhecidos como parte da solução, com seus recursos substanciais e capacidade de efetuar mudanças. As interações entre esses atores são intrincadas e multifacetadas, necessitando de mais pesquisas para compreender suas implicações para a governança ambiental.

Cada um desses atores desempenha um papel único na gestão e proteção do meio ambiente, e a cooperação entre eles é essencial para alcançar os objetivos de sustentabilidade. Esses atores desempenham papéis significativos na formulação de políticas e ações ambientais. Arts (2000) sugere que essas entidades servem como mecanismos cruciais de governança ambiental, influenciando o desenvolvimento e a implementação de políticas ambientais. As organizações governamentais geralmente têm o mandato e os recursos para fazer cumprir as regulamentações ambientais. As ONGs, por outro lado, atores vigilantes, responsabilizando outros atores e defendendo causas ambientais. Entidades privadas, incluindo corporações, estão cada vez mais engajadas em ações ambientais, impulsionadas por uma combinação de pressão regulatória, incentivos de mercado e expectativas da sociedade (ARTS, 2000).

Discussão

A exploração da relação entre cidadania e meio ambiente, através das lentes de novos direitos ambientais, atores-chave, e cidadania ambiental ativa, fornece uma rica abordagem de insights e perspectivas. Cada uma dessas áreas contribui para uma compreensão holística da cidadania ambiental, destacando a diversidade de papéis, direitos, responsabilidades e ações na governança e ação ambiental.

Os novos direitos ambientais representam uma mudança de paradigma no direito e na política ambiental. Ampliam a concepção tradicional de direitos de cidadania, reconhecendo o direito a um meio ambiente saudável e os direitos da natureza (BOYD, 2011). Esses direitos ressaltam o valor intrínseco do meio ambiente e a interconexão da saúde humana e ecológica. Eles também fornecem uma base jurídica para que os cidadãos e as comunidades exijam e apliquem a proteção ambiental.

Os atores da ação ambiental, ou seja, indivíduos, ONGs, governos e corporações, trazem perspectivas e capacidades únicas. Eles se envolvem em uma ampla gama de ações, desde comportamentos sustentáveis e responsabilidade social corporativa até formulação de políticas e lobbies (STERN, 2000; HOFFMAN; JENNINGS, 2015). Suas ações são moldadas por vários fatores, incluindo valores pessoais, normas institucionais,

condições socioeconômicas e contextos políticos (DIETZ, STERN; GUAGNANO, 1998; DUNLAP; McCRIGHT, 2012).

Atores ambientais, como organizações internacionais, agências nacionais e organizações comunitárias locais, desempenham papéis cruciais na governança e ação ambiental. Eles operam em diferentes níveis, refletindo a natureza multinível das questões ambientais. Eles também enfrentam vários desafios, incluindo interesses divergentes, restrições institucionais e limitações de recursos (BIERMANN; PATTBERG, 2008; JORDAN; SCHOUT, 2006; KOOIMAN E JENTOFT, 2009).

A cidadania ambiental ativa representa o engajamento proativo dos cidadãos na tomada de decisões e ações ambientais. Vai além do conhecimento passivo ou da preocupação com o meio ambiente, envolvendo diversas formas de ação, desde comportamentos sustentáveis e ação coletiva até a participação política e a resistência cotidiana (DOBSON, 2004; BARR, 2007; BENNETT; SEGERBERG, 2012; SCHLOSBERG, 2007; GIBSON-GRAHAM, 2006).

Tomadas em conjunto, essas áreas fornecem um quadro multifacetado de cidadania ambiental. Elas destacam a interação entre direitos, atores, entidades, governança e ação ambiental. Ressaltam também a complexidade e o dinamismo da cidadania ambiental, refletindo a natureza complexa e interconectada das questões ambientais.

Abordando as questões de pesquisa apresentadas na introdução, esta revisão indica que a cidadania ambiental envolve uma ampla gama de direitos, atores, entidades e ações. Não é um conceito fixo ou homogêneo, mas um fenômeno dinâmico e pluralista que varia entre os contextos e evolui ao longo do tempo. Os papéis e impactos da cidadania ambiental são moldados por vários fatores, incluindo normas legais, arranjos institucionais, condições socioeconômicas, valores culturais e desenvolvimentos tecnológicos.

Em termos de como a cidadania ambiental pode contribuir para a sustentabilidade ambiental, esta revisão sugere que a cidadania ambiental pode promover comportamentos mais sustentáveis, influenciar decisões políticas, promover justiça ambiental e facilitar a ação coletiva e a mudança social. No entanto, a eficácia da cidadania ambiental depende de uma série de fatores, incluindo o reconhecimento e a aplicação dos direitos ambientais, as capacidades e motivações dos atores ambientais, os recursos e estratégias das organizações e as oportunidades e apoios para uma cidadania ambiental ativa.

Esta revisão fornece uma compreensão abrangente e matizada da cidadania ambiental, destacando sua complexidade, diversidade e dinamismo. Também ressalta a necessidade de mais pesquisas para explorar os papéis e impactos da cidadania ambiental, as condições que a possibilitam ou restringem e as estratégias que podem promovê-la e apoiá-la. Tais pesquisas podem contribuir para uma governança ambiental mais efetiva e inclusiva e, em última análise, para um mundo mais sustentável e justo

Essa discussão enfatiza a diversidade e a complexidade da cidadania ambiental, destacando a interação entre direitos, atores, entidades e ações. Também identifica questões-chave de pesquisa para exploração futura, incluindo os papéis e impactos da cidadania ambiental, as condições que a permitem ou restringem e as estratégias que podem promovê-la e apoiá-la. Ao abordar essas questões, pesquisas futuras podem contribuir para uma compreensão mais matizada e dinâmica da cidadania ambiental e seu potencial para promover a sustentabilidade ambiental e a justiça social.

Considerações Finais

Este capítulo explorou a complexa relação entre cidadania e meio ambiente, focalizando três áreas-chave: novos direitos ambientais, atores e ação ambiental, e cidadania ambiental ativa. Ao examinar essas áreas, o estudo buscou fornecer uma compreensão abrangente e matizada da cidadania ambiental e suas implicações para a governança e a ação ambiental.

A análise dos novos direitos ambientais evidencia a mudança de paradigma no direito e na política ambiental, reconhecendo o valor intrínseco do meio ambiente e a interconexão da saúde humana e ecológica. Esses direitos fornecem uma base legal para que cidadãos e comunidades exijam e façam cumprir a proteção ambiental, bem como fazer valer os direitos da natureza (BOYD, 2011). A emergência de novos direitos ambientais ressalta a importância de incorporar as preocupações ambientais na compreensão mais ampla dos direitos e responsabilidades de cidadania.

A exploração dos atores e da ação ambiental revela uma gama diversificada de partes interessadas, incluindo indivíduos, ONGs, governos e corporações, cada um com perspectivas e capacidades únicas. Suas ações, moldadas por vários fatores, como valores pessoais, normas institucionais, condições socioeconômicas e contextos políticos, contribuem para a governança e a ação ambiental de diferentes maneiras (STERN, 2000; HOFFMAN; JENNINGS, 2015; DUNLAP; McCRIGHT, 2012; DIETZ, STERN; GUAGNANO, 1998).

O exame de atores, incluindo organizações internacionais, agências nacionais e organizações comunitárias locais, enfatiza a natureza multinível das questões ambientais e a necessidade de abordagens coordenadas e integradas para enfrentá-las (BIERMANN; PATTBERG, 2008; JORDAN; SCHOUT, 2006; KOOIMAN; JENTOFT, 2009). Essa análise também destaca os desafios enfrentados por essas entidades, como interesses divergentes, restrições institucionais e limitações de recursos.

A cidadania ambiental ativa, como um engajamento proativo dos cidadãos na tomada de decisões e ações ambientais, representa uma força poderosa para a mudança ambiental. Diversas formas de ação, desde comportamentos individuais sustentáveis até ações coletivas e políticas, demonstram a natureza multifacetada da cidadania ambiental ativa (DOBSON, 2004; BARR, 2007; BENNETT; SEGERBERG, 2012; SCHLOSBERG, 2007; GIBSON-GRAHAM, 2006).

As principais descobertas deste capítulo têm implicações importantes para a governança e ação ambiental. Enfatizam a necessidade de uma compreensão mais inclusiva e dinâmica da cidadania ambiental, reconhecendo os diversos papéis, direitos, responsabilidades e ações dos cidadãos e demais stakeholders. Esse entendimento pode informar abordagens mais eficazes e democráticas para a governança ambiental, promovendo maior participação pública, responsabilização e capacidade de resposta.

Além disso, o artigo destaca vários caminhos para pesquisas futuras, incluindo os papéis e impactos da cidadania ambiental, as condições que a permitem ou restringem e as estratégias que podem promovê-la e apoiá-la. Ao abordar essas questões, pesquisas futuras podem contribuir para uma compreensão mais matizada e dinâmica da cidadania ambiental e seu potencial para promover a sustentabilidade ambiental e a justiça social.

Em conclusão, este estudo ressalta a importância de explorar a relação entre cidadania e meio ambiente no campo mais amplo dos estudos ambientais. Ao examinar a interação entre direitos, atores, entidades e ações, o capítulo fornece uma perspectiva abrangente e matizada sobre a cidadania ambiental e suas implicações para a governança e a ação ambiental. Essa perspectiva pode informar abordagens mais eficazes e inclusivas para a governança ambiental, contribuindo para um mundo mais sustentável e justo.

A exploração da relação entre cidadania e meio ambiente pode servir como base para futuras pesquisas e formulação de políticas, oferecendo insights valiosos sobre as complexidades e dinâmicas da cidadania ambiental. Ao promover uma abordagem mais inclusiva e participativa da governança ambiental, será possível contribuir para sustentabilidade de longo prazo do planeta e promover a justiça social.

Referências

- ARTS, B. Regimes, non-state actors and the state system: a 'structural' regime analysis. **European Journal of International Relations**, 6(4), p. 513—542, 2000.
- BARR, S. Factors influencing environmental attitudes and behaviors: A U.K. case study of household waste management. **Environment and behavior**, 39(4), p. 435-473, 2007.
- BARRY, J. Resistance is Fertile: From Environmental to Sustainability Citizenship. In A. Dobson, & D. Bell (Eds.), **Environmental Citizenship** (pp. 21-48). MIT Press, 2006, p.21-48
- BENNETT, W. L., & SEGERBERG, A. (2012). The Logic of Connective Action: Digital Media and the Personalization of Contentious Politics. *Information, Communication & Society*, 15(5), 739-768.
- BIERMANN, F., & PATTBERG, P. Global Environmental Governance: Taking Stock, Moving Forward. **Annual Review of Environment and Resources**, 33, p. 739-768, 2008.
- BODANSKY, D. **The Art and Craft of International Environmental Law**. Harvard University Press, 2011.
- BOYD, D. R. **The Environmental Rights Revolution: A Global Study of Constitutions, Human Rights, and the Environment**. UBC Press, 2011.
- BOYD, D. R. **The Rights of Nature: A Legal Revolution That Could Save the World**. ECW Press, 2017
- BULKELEY, H., & BETSILL, M.M. **Cities and Climate Change: Urban Sustainability and Global Environmental Governance**. Routledge, 2003.
- CARROLL, A. B., & SHABANA, K. M. The Business Case for Corporate Social Responsibility: A Review of Concepts, Research and Practice. **International Journal of Management Reviews**, 12(1), p. 85-105, 2010.
- DIETZ, T., STERN, P. C., & GUAGNANO, G. A. Social Structural and Social Psychological Bases of Environmental Concern. **Environment and Behavior**, 30(4), p. 450-471, 1998.
- DOBSON, A. **Citizenship and the environment**. Oxford University Press, 2004.
- DRYZEK, J. S., NORGAARD, R. B., & SCHLOSBERG, D. **Climate-Challenged Society**. Oxford University Press, 2013.
- DUNLAP, R. E., & MCCRIGHT, A. M. Organized Climate Change Denial. In J. S. DRYZEK, R. B. NORGAARD, & D. SCHLOSBERG (Eds.), **The Oxford Handbook of Climate Change and Society**. Oxford University Press. 2012. p.144-160.
- FISHER, D. R. COP-15 in Copenhagen: How the Merging of Movements Left Civil Society Out in the Cold. **Global Environmental Politics**, 10(2), p.11-17, 2010.

- GIBSON-GRAHAM, J. K. **A Postcapitalist Politics**. University of Minnesota Press, 2006.
- HOFFMAN, A. J., & JENNINGS, P. D. Institutional theory and the natural environment: research in (and on) the anthropocene. **Organization & Environment**, 28(1), p. 8-31, 2015.
- HULME, M., & MAHONY, M. Climate Change: What Do We Know About the IPCC? **Progress in Physical Geography**, 34(5), p. 705-718, 2010.
- IRVIN, R. A., & STANSBURY, J. Citizen Participation in Decision Making: Is It Worth the Effort? **Public Administration Review**, 64(1), p. 55-65, 2004.
- JOHNSTON, M.P. Secondary Data Analysis: A Method of which the Time Has Come. **Qualitative and Quantitative Methods in Libraries**, 3(3), p. 619-626, 2014.
- JORDAN, A., & LENSCHOW, A. Environmental Policy Integration: A State of the Art Review. **Environmental Policy and Governance**, 20(3), p. 147-158, 2010.
- JORDAN, A., & SCHOUT, A. **The Coordination of the European Union: Exploring the Capacities of Networked Governance**. Oxford University Press, 2006.
- KNOX, J.H. & PEJAN, R. **The Human Right to a Healthy Environment**. Cambridge University Press, 2018.
- KOOIMAN, J., & JENTOFT, S. Meta-governance: values, norms and principles, and the making of hard choices. **Public Administration**, 87(4), p. 818-836, 2009.
- MATOS, F. **Retratos de governanças das águas no Brasil: um estudo sobre o perfil dos representantes membros de Comitês de Bacia Hidrográficas**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração, 2020.
- MOHER, D., LIBERATI, A., TETZLAFF, J., et al . Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **PLoS Medicine**, 6(7), 2009.
- NEAS, S., WARD, A, AND BOWMAN, B. **Young people's climate activism: A review of the literatura**. *Frontiers in Political Science*, 4, 2022.
- PETTICREW, M., & ROBERTS, H. **Systematic reviews in the social sciences: A practical guide**. Blackwell Publishing, 2006.
- PRETTY, J., & SMITH, D. Social Capital in Biodiversity Conservation and Management. **Conservation Biology**, 18(3), p.631-638, 2004.
- SCHLOSBERG, D. **Defining Environmental Justice: Theories, Movements, and Nature**. Oxford University Press, 2007.
- SCHLOSBERG, D. Theorising environmental justice: the expanding sphere of a discourse. **Environmental Politics**, 22(1), p. 37-55, 2013.

SILVA, J.A. **Direito Ambiental Constitucional**. 11ª.ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2019.

STERN, P. C. Toward a Coherent Theory of Environmentally Significant Behavior. **Journal of Social Issues**, 56(3), p. 407-424, 2000.

VARTANIAN, T.P. **Secondary Data Analysis**. Oxford University Press, 2011, 216 p.

CAPÍTULO 7

CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE MILHO (*Zea mays L.*) EM DIFERENTES SUBSTRATOS ORGÂNICOS

INITIAL GROWTH OF CORN SEEDLINGS (*Zea mays L.*) IN DIFFERENT ORGANIC SUBSTRATES

DOI: <https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.07>

Submetido em: 30/06/2023

Revisado em: 09/07/2023

Publicado em: 10/07/2023

Damiana Amancio de Souza

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Mestranda em Ciências Agrárias, UFRB,

Cruz das Almas – BA

<http://lattes.cnpq.br/4924641421179266>

Leone Ricardo de Carvalho Santana

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Doutorando em Ciências Agrárias,

UFRB, Cruz das Almas – BA

<http://lattes.cnpq.br/5275047496672301>

Luiz Edmundo Cincura de Andrade Sobrinho

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Doutorando em Ciências Agrárias,

UFRB, Cruz das Almas – BA

<http://lattes.cnpq.br/8521549955215670>

Sandra Selma Marques de Souza

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Doutoranda em Ciências Agrárias,

UFRB, Cruz das Almas – BA

<http://lattes.cnpq.br/8063376631228461>

Emerson Dechechi Chambó

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Dr. Prof. Adjunto, UFRB, Cruz

das Almas – BA

Resumo

O desenvolvimento das plantas pode variar de acordo com as fontes e proporções de compostos orgânicos distintos presentes nos substratos em que são cultivadas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da incorporação de diferentes substratos sobre o crescimento inicial do milho. O ensaio foi conduzido em ambiente telado na casa de vegetação, do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram quatro concentrações de substrato: T1 = 60% de húmus e 40% solo; T2 = 60% de pó de rocha e 40% solo; T3 = 60% de esterco curtido e 40% solo e o T4 = controle 100% solo. Avaliou-se altura das plântulas, comprimento da raiz e a massa seca da parte aérea no 11º dia após a emergência. O substrato contendo húmus de minhoca apresentou maior valor médio para altura de plântulas e matéria seca na parte aérea.

Palavras-Chave: *Zea mays L.*, insumo orgânico, desenvolvimento

Abstract

Plant development may vary according to the sources and proportions of different organic compounds present in the substrates in which they are grown. The objective of this work was to evaluate the effect of the incorporation of different substrates on the initial growth of maize. The test was conducted in a screened environment in the greenhouse at the Center for Agricultural, Environmental and Biological Sciences. The experiment was set up in a completely randomized design, with four treatments and six replications. The treatments were four substrate concentrations: T1 = 60% humus and 40% soil; T2 = 60% rock dust and 40% soil; T3 = 60% tanned manure and 40% soil and T4 = 100% soil control. Seedling height, root length and shoot dry mass were evaluated on the 11th day after emergence. The substrate containing earthworm humus showed the highest average value for seedling height and shoot dry matter.

Keywords: *Zea mays L.*, organic input, development

Introdução

O milho (*Zea mays L.*) é um dos cereais mais cultivados no mundo desempenhando um papel considerável na economia por expressar um alto valor comercial e por possuir elevada produtividade devido a sua capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais (CONAB, 2022). O crescimento das plântulas de milho depende fortemente da temperatura, enquanto a deficiência de nutrientes e a falta de água podem afetar essa relação (NLEYA *et al.*, 2019).

A escolha adequada do substrato é essencial para garantir um desenvolvimento inicial adequado das plantas e alcançar uma produção de qualidade e sustentável. A utilização de insumos orgânicos no solo traz diversos benefícios, como melhoria física, química e biológica do solo, (MARROCOS *et al.*, 2012; TEJADA *et al.*, 2016) o que facilita o crescimento das plantas. A utilização de adubos orgânicos de origem animal é uma opção viável para promover o desenvolvimento e crescimento de culturas agrícolas, graças à melhoria da fertilidade do solo e ao melhor aproveitamento dos recursos

existentes na propriedade pelos produtores agrícolas. No entanto, é fundamental também considerar os potenciais impactos ambientais negativos que níveis excessivos de adubação podem causar (SILVA *et al.*, 2011).

Os adubos orgânicos são compostos por resíduos de origem animal e vegetal que, após passarem pelo processo de decomposição, se transformam em matéria orgânica. Entre os tipos de adubos orgânicos mais conhecidos e economicamente viáveis estão a compostagem, húmus, a adubação verde e os biofertilizantes. Para obter resultados positivos com adubos orgânicos, é importante considerar que cada fonte de matéria orgânica reage de forma diferente com o solo, essa diferença ocorre em função da composição nutricional da matéria orgânica e da relação entre a quantidade de carbono e nitrogênio (C/N) presente nela (RICCI *et al.*, 2005; DIAS *et al.*, 2009).

O uso de esterco como adubo apresenta interações positivas com os microrganismos do solo, resultando na diminuição da sua densidade aparente, melhoria da estrutura e estabilidade dos seus agregados, aumento da capacidade de infiltração de água, da aeração e favorecendo a penetração radicular (ANDREOLA *et al.*, 2000). O esterco bovino é uma fonte orgânica rica em nutrientes, especialmente fósforo e potássio, e seu teor de nitrogênio varia de acordo com a facilidade de decomposição dos compostos (FREITAS; SOUZA, 2009; BERILLI *et al.*, 2017). Estudo demonstra que a aplicação de 7% de matéria orgânica proveniente do esterco bovino tem um efeito positivo no crescimento inicial do milho, aumentando a massa seca da planta após 30 dias de semeadura (GOMES *et al.*, 2019).

O húmus melhora a estrutura e arejamento do solo, além de aumentar sua capacidade de reter água, regular a temperatura, reduzir a fixação de fósforo e proteger contra a lixiviação (MALAVOLTA *et al.*, 2002). A substituição parcial ou total de fertilizantes por pó de rocha tem resultados positivos, como o aumento do pH, melhoria da estrutura do solo e fornecimento de macro e micronutrientes. Observa-se que os principais resultados e o maior número de pesquisas sobre o uso de pó de rocha estão relacionados à agricultura familiar e aos sistemas agroecológicos de produção (RIBEIRO *et al.*, 2010; BRANDÃO, 2012; THEODORO *et al.*, 2012; SOUZA, 2014). Diante disso, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito da incorporação de diferentes substratos sobre o crescimento inicial do milho.

Metodologia

O experimento foi instalado e conduzido na casa de vegetação não climatizada, do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológica – CCAAB, da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Campus Cruz das Almas - BA (12°40'19''S e 39°06'22''W), entre os dias vinte e um de abril a dois de maio de 2023. O clima da região é do tipo tropical quente e úmido, precipitação média de 1.224 mm por ano e temperatura média de 24,5°C segundo a classificação de Köppen. A umidade relativa do ar é de aproximadamente 80% (EMBRAPA, 2006)

No experimento utilizou-se sementes do cultivar BRS 3046 de *Z. mays*, produzidas no ano agrícola de 2022/2023. Para a instalação do experimento foram coletadas amostras da camada de 0–20 cm. O solo da área foi classificado como Latossolo Amarelo Distrocoeso com textura média, dados sobre a análise química do solo estão dispostos na tabela 1.

Tabela 1 - Atributos químicos do solo na camada de 0,00 – 0,20 m localizado na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia em Cruz das Almas-BA.

Ph	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	Na	S	CTC	V	M.O
H ₂ O	mg dm ⁻³		-----Cmol _c dm ⁻³ -----							%	g dm ⁻³
5,18	12	44	1,3	0,7	2,47	0,1	0,1	2,21	4,68	47,22	13,2

Fonte: Autores (2023).

O solo foi passado em peneira com malha de 4 mm de abertura e posteriormente foi misturado a cada substrato correspondente a seu tratamento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos e seis repetições, totalizando 30 unidades experimentais. Os tratamentos foram constituídos de cinco substrato: T1- 60% de esterco bovino curtido e 40% latossolo amarelo coeso; T2- 60% de húmus e 40% latossolo amarelo coeso; T3- 60% compostagem de esterco bovino e matéria orgânica e 40% de latossolo amarelo coeso; T4- 60% de pó de rocha e 40% latossolo amarelo coeso; e) T5 - controle 100% latossolo amarelo coeso.

A semeadura foi realizada em bandejas contendo 50 células, com capacidade de 6,8 dm³. A semeadura ocorreu manualmente, com uma semente por célula. Os substratos testados foram distribuídos aleatoriamente a 30 células na bandeja. Os tratamentos foram

umedecidos todos os dias, as sementes foram colocadas a 1 cm de profundidade, em bandejas com dimensões de 55,9 cm de comprimento, 28,5 cm de largura e 8 cm de altura, perfuradas para drenagem do excesso de água. Os substratos foram fornecidos pela universidade (UFRB), onde o experimento foi realizado.

Avaliou-se altura das plântulas (AP) em cm, comprimento da raiz (CR) em cm e a massa seca da parte aérea (MSPA) em g, realizou-se as avaliações ao final de 12 dias. Os dados foram submetidos a análise da variância e todos os pressupostos foram atendidos pelo teste Shapiro-Wilk a 5% de significância. Para análise de comparação de médias dos tratamentos foi utilizado o teste de Tukey. Em ambas as análises se adotou o nível de 5% de significância. Para análise dos dados foi utilizado o software estatístico “R” (R CORE TEAM, 2022).

Resultados e Discussão

Não houve efeito ($p > 0,05$) dos tratamentos para comprimento de raiz. Porém, houve influência dos tratamentos ($p < 0,05$) para matéria seca da parte aérea e altura das plantas.

Tabela 1 – Valores médios de massa seca da parte aérea e altura das plantas de milho aos 12 dias após semeadura.

Tratamento	MSPA (g)	ALTURA (cm)
T1	0,32 a	15,0 c
T2	0,34 a	25,5 a
T3	0,38 a	19,16 b
T4	0,24 b	21,0 b
T5	0,24 b	16,83 c

Legenda: T1-60% de esterco bovino curtido e 40% latossolo amarelo coeso; T2- 60% de húmus e 40% latossolo amarelo coeso; T3- 60% compostagem de esterco bovino e matéria orgânica e 40% de latossolo amarelo coeso; T4 - 60% de pó de rocha e 40% latossolo amarelo coeso; e) T5 - controle 100% latossolo amarelo coeso; médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Houve efeito significativo dos tratamentos para a matéria seca da parte aérea (Tabela 1). O tratamento com esterco bovino (T1), húmus de minhoca (T2) e compostagem de esterco bovino e matéria orgânica (T3) não diferiram entre si e apresentaram maiores valores médios para matéria seca, seguidos do tratamento com pó de rocha (T4) e do controle (T5), que não diferiram entre si. Este resultado está

relacionado com a liberação de nutrientes destes materiais, que são semelhantes, não influenciando inicialmente a diferença entre estes tratamentos quando analisada estas variáveis (tabela 1). Segundo Berilli *et al.* (2017), os substratos utilizando produtos orgânicos melhoram as propriedades do material utilizado para plantio, melhorando a condição de fertilidade.

Entretanto, o Pó de rocha apresenta baixa solubilidade e liberação lenta de nutrientes, influenciando negativamente no desenvolvimento inicial da matéria seca da parte aérea, quando comparados com os tratamentos com esterco bovino, húmus de minhoca e compostagem de esterco bovino e matéria orgânica. Segundo Welter *et al.* (2011), o uso de rocha na reposição de nutrientes do solo em sistemas agrícolas, é uma opção ecológica para reposição de minerais no solo, contudo o pó de rocha apresenta solubilidade lenta, e disponibilidade de nutrientes de forma gradativa. Além disso, não foi observado diferença significativa entre os tratamentos com Pó de rocha e a testemunha solo oriundo de um latossolo coeso amarelo.

Houve efeito significativo dos tratamentos para altura das plantas. O tratamento com húmus de minhoca apresentou maior valor médio para altura de planta quando comparado com os demais tratamentos (tabela 1). Fato que está relacionado com a liberação de nutrientes destes compostos que passam pelo processo da ação de microrganismos e minhocas, que a durante sua produção aumentam a disponibilidade de nutrientes, melhoram a capacidade de troca catiônicas, aumentando a absorção de nutrientes para plantas e a areação do substrato e drenagem possibilitarem uma melhor produção da planta e conseqüente apresentaram maior altura de plantas. Quando comparado aos tratamentos com esterco bovino e compostagem de esterco bovino e matéria orgânica, que são produzidos com a ação de microrganismos, contudo, não tem ação de minhocas na sua produção, sendo assim, os húmus têm um melhor processamento da matéria orgânica, disponibilizando maior quantidade de nutrientes prontos para absorção. Dentre os materiais orgânicos utilizados na adubação, o húmus de minhoca tem destaque, pois, apresenta características benéficas a planta, alterando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, contribuindo para aumentar a capacidade de retenção de água, atua como fonte de nutrientes (macro e micronutrientes), melhorando a capacidade do solo de absorver nutrientes, através elevação dos valores da CTC (DIAS *et al.*, 2009).

Os tratamentos compostagem de esterco bovino e matéria orgânica e pó de rocha não apresentaram diferença significativa, fato que pode estar relacionado a areação do

solo, disponibilização de nutrientes do pó de rocha e compostagem com o passar dos dias. No entanto, os tratamentos com compostagem de esterco bovino e matéria orgânica e pó de rocha apresentaram valores médios menores de altura de planta em comparação com o tratamento húmus de minhoca, enquanto a altura média das plantas foi maior em comparação com os tratamentos com esterco bovino e o controle, os quais não apresentaram diferenças significativas entre si.

Os valores médios dos tratamentos com pó de rocha e compostagem de esterco bovino e matéria orgânica, quando comparados aos tratamentos controle e esterco bovino, está relacionado ao processo de produção do esterco bovino. Esterco curtido bovino, que precisa ser bem-produzido, pois, quando a pilha de esterco não é bem aerada e o processo de resfriamento com água não estiver sendo conduzido de forma correta pode haver a redução de nutrientes por alta temperatura ou pode ser perdido por percolação quando há excesso de água na produção do esterco, reduzindo a disponibilidade de nutrientes.

Considerações Finais

A variável matéria seca da parte aérea do milho, apresentou melhor resultado quando produzido com substrato contendo húmus de minhoca ou compostagem de esterco bovino.

O substrato contendo húmus de minhoca apresentou melhor resultado para a variável altura de planta.

Referências

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 867-874. 2000.

ARANDA, V.; PERUZZI, E.; MASCIANDARO, G. Biochemical activity and chemical-structural properties of soil organic matter after 17 years of amendments with olive-mill pomace co-compost. **Journal of Environmental Management**.v 147, p. 278-285, 2015.

ARAÚJO, A. S. F.; CESARZ, S.; LEITE, L. F. C.; BORGES, C. D.; TSAI, S. M.; EISENHAUER, N. Soil microbial properties and temporal stability in degraded and restored lands of Northeast Brazil. **Soil Biology e Biochemistry**, v. 66, p. 175-181, 2013.

BERILLI, S. S.,BERILLI, A. P. C. G.,LEITE, M. C. T.,QUARTEZANI, W. Z., ALMEIDA, R. F., SALES, R. A. **Uso de resíduos na agricultura. Agronomia: colhendo as safras do conhecimento**. Alegre: CAUFES, 1, 1-38, 2017.

- BRANDÃO, J. A. V. **Pó de rocha como fonte de nutrientes no contexto da agrogeologia**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos, 2012.
- BURNS, R. G.; DE FOREST, J. L.; MARXSEN, J.; SINSABAUGH, R. L.; STROMBERGER, M. E.; WALLENSTEIN, M. D.; WEINTRAUB, M. N.; ZOPPINI, A. Soil enzymes in a changing environment: current knowledge and future directions. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 58, p. 216-234, 2013.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **BOLETIM DA SAFRA DE GRÃOS - 12º Levantamento - Safra 2021/22**. Brasília: CONAB, 2022. 88 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 02 de abril de 2023.
- DIAS, R.; MELO, B.; RUFINO, M. A.; SILVEIRA, D. L.; MORAIS, T. P.; SANTANA, D. G. **Fontes e proporção de material orgânico para a produção de mudas de cafeeiro em tubetes**. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 33, n. 3, p. 758-764, 2009.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Embrapa Produção de Informação. Embrapa Solos, 376p. 2006.
- FREITAS, G. A.; SOUZA, C. R. Desenvolvimento de plântulas de sorgo cultivadas sob elevadas concentrações de adubações orgânica no sulco de plantio. In: **II Congresso Latino Americano de Agroecologia**, 9, 2009.
- MALAVOLTA, E.; GOMES, F. P.; ALCARDE, J. C. **Adubos e Adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. p.29- 110.
- MARROCOS, S. T. P. et al. Composição química e microbiológica de biofertilizantes em diferentes tempos de decomposição. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 4, p. 34-43, 2012.
- PRAGANA, R. B.; NOBREGA, R. S. A.; RIBEIRO, M. R.; LUSTOSA FILHO, J. F. Atributos biológicos e dinâmica da matéria orgânica em latossolos amarelos na região do cerrado piauiense sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 851- 858, 2012.
- RIBEIRO, L. S. SANTOS, A. R. SOUZA, L. F. S. SOUZA, J. S. Rochas silicáticas portadoras de potássio como fontes do nutriente para as plantas solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 1, p. 891–897, 2010.
- SILVA, P. R. D.; LANDGRAF, M.D.; REZENDE, M.O.O. Avaliação do potencial agrônomo de vermicomposto produzido a partir de lodo de esgoto doméstico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 6:565-571 2011.
- SOUZA, F. N. S. **O potencial de agrominerais silicáticos como fonte de nutrientes na agricultura tropical**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências (IGD), Universidade Federal de Brasília (UnB). 2014.
- SOUZA, F. M., LIMA, E. C. S., SÁ, F. V. S., SOUTO, L. S., ARAÚJO, J. E. S., PAIVA, E. P. **Doses de esterco de galinha e água disponível sob o desenvolvimento inicial do milho**. *Revista Verde*. v. 11, n. 5, p. 64- 69, 2016.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O.; ROCHA, E. L.; REGO, K. G. A Importância de uma Rede Tecnológica de Rochagem para a Sustentabilidade em Países Tropicais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, p. 1390–1407, 2012.

TEJADA, M. MORGADO. B.R.; GÓMEZ, I.; ANDREU, L. F.; BENÍTEZ, C. PARRADO. J. Use of biofertilizers obtained from sewage sludges on maize yield. **European Journal of Agronomy**, v. 78, p. 13-19, 2016.

WELTER, M. K., MELO, V. F., BRUCKNER, C. H., GÓES, H. T. P., CHAGAS, E. A., UCHÔA, S. C. P. **Efeito da aplicação de pó de basalto no desenvolvimento inicial de mudas de camu-camu (Myrciariadubia)**. Rev. Brasileira de Fruticultura, v. 33, n.3, p.922-931, 2011.

CAPÍTULO 8

CONSÓRCIO DE PLANTAS

INTERCROPPING

DOI: <https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.08>

Submetido em: 06/09/2023

Revisado em: 20/09/2023

Publicado em: 15/10/2023

Magna Maria Macedo Nunes Costa

Embrapa Algodão

Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas, Campina Grande-PB

<http://lattes.cnpq.br/5347094641181559>

Resumo

Denomina-se consórcio quando duas ou mais culturas são cultivadas no mesmo espaço agrícola simultaneamente, em linhas, faixas ou até mesmo aleatoriamente, embora não necessariamente tenham sido plantadas no mesmo período. Nesse caso, elas vão compartilhar luz solar, gás carbônico, água e nutrientes minerais do solo. Para evitar que haja competição entre as espécies consorciadas, o ideal é que sejam escolhidas plantas diferentes em relação ao ciclo, ao porte, à arquitetura, ao hábito de crescimento e ao sistema radicular. Os principais tipos de consórcio são: consórcio em fileiras, consórcio em faixas, consórcio em aléias, consórcio de substituição, consórcio temporário, consórcio misto, consórcio com planta armadilha, consórcio com planta-guarda, consórcio com repelente e consórcio com plantas atraí-repele. Seja qual for o tipo, o consórcio se constitui importante técnica no manejo dos fatores bióticos e abióticos deletérios à agricultura, refletindo diretamente na produção em quantidade e qualidade. Ademais, diversifica a microbiota benéfica do solo ao mesmo tempo que proporciona um ambiente favorável aos inimigos naturais. Entretanto, não deve ser feito ao acaso: as espécies a serem cultivadas devem interagir de forma sinérgica, isto é, o rendimento deve ser superior em relação ao sistema de monocultivo. Dessa forma, é necessário que o produtor tenha conhecimento do crescimento, desenvolvimento e reprodução dos consortes. Daí, é importante que instituições de pesquisa e extensão rural se esforcem no sentido de gerar e difundir conhecimentos sobre esse sistema de produção que contribui de maneira significativa no desenvolvimento da sustentabilidade na produção agrícola.

Palavras-Chave: associação de cultivos, policultivos, uso eficiente da terra

Abstract

It's called intercropping when two or more crops are grown in the same agricultural space simultaneously, in rows, strips or even randomly, although not necessarily planted in the same period. In this case, they will share sunlight, carbon dioxide, water and mineral nutrients from the soil. To avoid competition between the intercropped species, the ideal is to choose different plants in relation to their cycle, size, architecture, growth habit and root system. The main types of intercropping are: intercropping in rows, intercropping in strips, intercropping in alleys, replacement intercropping, temporary intercropping, mixed intercropping,

intercropping with trap plants, intercropping with guard plants, intercropping with repellent and intercropping with attract-repel plants. Whatever the type, intercropping constitutes an important technique in the management of biotic and abiotic factors harmful to agriculture, directly reflecting on production in quantity and quality. Furthermore, it diversifies the soil's beneficial microbiota while providing a favorable environment for natural enemies. However, it should not be done randomly: the species to be cultivated must interact synergistically, that is, the yield must be higher than in the monoculture system. Therefore, it is necessary for the producer to have knowledge of the growth, development and reproduction of the consorts. Therefore, it is important that research and rural extension institutions make efforts to generate and disseminate knowledge about this production system, which contributes significantly to the development of sustainability in agricultural production.

Keywords: crop association, polycultures, eficiente land use

Introdução

Denomina-se consórcio quando duas ou mais culturas são cultivadas no mesmo espaço agrícola simultaneamente, em linhas, faixas ou até mesmo aleatoriamente, embora não necessariamente tenham sido plantadas no mesmo período. Nesse caso, elas vão compartilhar luz solar, gás carbônico, água e nutrientes minerais do solo. Para evitar que haja competição entre as espécies consorciadas, o ideal é que sejam escolhidas plantas diferentes em relação ao ciclo, ao porte, à arquitetura, ao hábito de crescimento e ao sistema radicular (Costa *et al.*, 2021; Medeiros *et al.*, 2021).

O consórcio de plantas é bastante praticado nas regiões tropicais, sobretudo por pequenos produtores e agricultores agroecológicos. Os pequenos produtores veem no consórcio uma forma de tornar eficiente a área e os recursos disponíveis, aumentar o espectro de produtos colhidos para o seu próprio consumo e comercialização, aumentar a renda e a qualidade de vida da sua família. Os agricultores agroecológicos veem no consórcio uma forma de aumentar a biodiversidade da propriedade e diminuir o surto de insetos-praga e doenças pelas barreiras criadas pelas diferentes plantas da associação.

Existem vários tipos de consorciação de plantas, as quais variam de acordo com as espécies utilizadas, o tempo de semeadura e o arranjo de plantio. Praticamente todas as culturas são aptas à associação, seja grande cultura, olerícola, frutífera, silvícola e até medicinal, condimentar e ornamental, desde que haja sinergismo entre elas para crescimento, produção, eficiência nutricional e controle de fitopatógenos. Exemplo de consórcio bem definido é a união de milho mais feijão. Enquanto o milho, por ser uma planta C₄, produz muita biomassa que melhora a estrutura do solo, o feijão, por fixar o N₂ atmosférico em simbiose com rizóbios, contribui para o aporte de nitrogênio no sistema.

O objetivo desse trabalho é mencionar as vantagens dos consórcios em relação aos cultivos solteiros; descrever os tipos de consórcios existentes - consórcio em fileiras,

consórcio em faixas, consórcio em aleias, consórcio de substituição, consórcio temporário, consórcio misto, consórcio com planta armadilha, consórcio com planta-guarda, consórcio com repelente e consórcio com plantas atraí-repele; mostrar as regras gerais para planejar uma associação de cultivos; e definir o que é Uso Eficiente da Terra (UET), um índice globalmente utilizado para se medir a eficiência de um consórcio.

Metodologia

A metodologia utilizada no presente trabalho foi do tipo pesquisa bibliográfica. Segundo Sousa *et al.* (2021), a metodologia de pesquisa bibliográfica inicia-se por meio de uma revisão da literatura de obras já existentes, no intuito de auxiliar o pesquisador na delimitação do tema e na contextualização do objeto problema. O levantamento deve ser feito em fontes bibliográficas confiáveis e o autor deve se dedicar à leitura das obras consultadas, fazendo-a de forma exploratória, seletiva e crítica. A pesquisa bibliografia é uma importante metodologia no âmbito das ciências agrárias, a partir de conhecimentos já estudados. Nesse contexto, o pesquisador deve analisar esses conhecimentos para responder seus problemas ou comprovar suas hipóteses, adquirindo novos conhecimentos sobre o assunto pesquisado.

Resultados e Discussão

• Vantagens do consórcio de plantas:

Segundo Costa *et al.*, (2021) e Medeiros *et al.*, (2021) a consorciação de plantas apresenta muitas vantagens. Entre elas podemos destacar:

- Maior diversificação biológica do solo.
- Melhor aproveitamento de espaço, luz, água e nutrientes.
- Maior proteção contra erosão.
- Dificulta a proliferação de insetos-praga e/ou doenças ao mesmo tempo em que cria um ambiente favorável aos inimigos naturais.
- Melhor proteção contra ventos e luz solar excessiva.
- Culturas com sistemas radiculares diferentes em morfologia e profundidade vão absorver nutrientes em todo o perfil explorado do solo e não apenas em uma determinada profundidade.
- Se uma das espécies participantes do consórcio for da família das Leguminosas, há fixação biológica e disponibilidade de nitrogênio para a(s) outra(s) cultura(s).

- Menor proliferação de plantas daninhas.
- Substâncias exsudadas por determinadas plantas podem ter efeito alelopático favorável sobre outras (plantas companheiras).
- Maior segurança ao agricultor, pois em caso de perda de uma cultura, há colheita da(s) outra(s).
- Como o consórcio é um sistema ecológico de produção, os produtos obtidos têm um diferencial no mercado por serem orgânicos.

A Figura 1 mostra um exemplo de consórcio com milho, caupi, gergelim e algodão.

Figura 1: Consórcio entre plantas de milho, caupi, gergelim e algodão.



Foto: Fábio Aquino de Albuquerque.

Fonte: Costa *et al.*, (2021).

• Principais tipos de consórcio

Quando se cultiva plantas em consórcio, alguns fatores devem ser levados em consideração na escolha das espécies a serem associadas, como por exemplo altura máxima atingida pelas plantas, arquitetura das plantas, formato das folhas, tipo de raízes, ciclo das plantas, tipo de irrigação a ser implementada e exigências nutricionais das culturas. Os principais tipos de consórcio são:

Consórcio em fileiras:

Como o próprio nome diz, as plantas consorciadas ficam dispostas em fileiras alternadas. Essas fileiras podem ser simples (quando não se tem fileiras vizinhas com a mesma cultura) ou múltiplas (quando pelo menos uma das culturas consorciadas está em duas ou mais fileiras vizinhas). Um consórcio em fileiras muito comum é a associação gramínea + leguminosa, como por exemplo milho + feijão (Figura 2), uma vez que as raízes das leguminosas fazem simbiose com rizóbios, que são bactérias que fixam o N₂ atmosférico, fertilizando o solo com nitrogênio, que fica também disponível à gramínea.

Figura 2: Consórcio em fileiras duplas milho x feijão.



Fonte: Oliveira (2020).

Consórcio em faixas:

É similar ao consórcio em fileiras, entretanto, no consórcio em faixas, como o próprio nome diz, o terreno é dividido em faixas amplas onde são intercaladas as culturas (Figura 3). Esse tipo de associação de plantas facilita os tratamentos culturais, pois trata-se de monocultivo dentro do policultivo. Quando se planta gramínea + leguminosa por exemplo, no próximo cultivo, pode-se fazer a rotação: a gramínea aproveitando o benefício da fixação biológica de N₂ anterior, já mencionada, e a leguminosa aproveitando a boa estrutura do solo que é deixada pelas raízes das gramíneas.

Consórcio em aleias:

O consórcio em aleias (Figura 4) é um tipo de sistema agroflorestal que consiste na associação entre fileiras de árvores/arbustos e faixas de culturas anuais. Há várias vantagens nesse tipo de consórcio. As árvores/arbustos protegem a(s) cultura(s) anual(is) contra ventos e radiações solares excessivos; as folhas que caem das árvores/arbustos funcionam como cobertura e melhoram a fertilidade do solo; o sistema radicular robusto de espécies de grande porte protegem o solo da erosão; quando se usa uma leguminosa como aleia, a exemplo da gliricídia (*Gliricidia sepium*), há fixação biológica de N_2 para a(s) cultura(s) anual(is); e aproveitamento de produtos como caules para a indústria madeireira e folhas para serem usadas como forragem animal.

Figura 3: Consórcio em faixas milho x soja.



Fonte: Sergieieva (2022).

Figura 4: Cultivo em aleias com a leguminosa *Gliricidia sepium*.



Fonte: Auras (2011).

Consórcio de substituição:

Nesse tipo de consorciação, há o plantio de duas ou mais espécies de plantas no mesmo terreno, mas em datas diferentes, geralmente após a primeira cultura ter atingido a antese, mas antes da colheita, ocorrendo menor competição por recursos do ambiente do que no consórcio simultâneo. Por requerer a semeadura manual da segunda cultura a ser implantada, proporciona melhor conservação da umidade do solo, controle da erosão e mantém a temperatura do solo numa faixa favorável ao desenvolvimento das raízes. Além disso, o efeito do sombreamento exercido pelas folhas remanescentes da primeira cultura pode dificultar o desenvolvimento de plantas daninhas nos estádios iniciais (Trezzi e Silva, 1993). Entretanto, a segunda cultura deve ser resistente ao sombreamento (Sergieieva, 2021). Exemplo é quando o feijão é plantado quando o milho atinge a maturação pois não há competição pelos fatores do meio e o milho intercepta mais luz solar, age como uma barreira de proteção contra o vento, ameniza a temperatura e conserva a umidade do solo, beneficiando o feijão, o que reflete positivamente no seu rendimento. Outro exemplo é quando o girassol é a primeira cultura, seguido de milho, feijão batata ou sorgo. A Figura 5 mostra o consórcio de substituição entre milho e *Brachiaria ruziziensis*.

Figura 5: Consórcio de substituição entre milho (primeira cultura) e *Brachiaria ruziziensis* (segunda cultura).



Foto: Adilson Pereira Duarte

Fonte: Duarte e De Maria (2015)

Consórcio temporário:

Nesse tipo de consórcio, as plantas são semeadas na mesma época e envolve culturas com tempo de maturação relativamente longo entre elas. Quando a planta de crescimento rápido é removida, a de crescimento lento ganha mais espaço para se desenvolver (Sergieieva, 2021). Também, há menor competição por água, luz, CO₂ e nutrientes, além de deixar o solo coberto com restos culturais, protegendo-o do encrostamento e da erosão. Quando a planta de ciclo curto é uma leguminosa, por exemplo, deixa o solo adubado com nitrogênio para a de ciclo longo. Exemplos desse tipo de consorcio são: algodão x feijão, gergelim x feijão e girassol x feijão. A Figura 6 mostra um consórcio temporário mamona x caupi.

Figura 6: Consórcio temporário mamona (ciclo grande) x caupi (ciclo pequeno).



Foto: Tarcísio Marcos de Souza Gondim.

Fonte: Soffiati *et al.*, (2022).

Consórcio misto:

Esse tipo de consórcio consiste em plantar de modo aleatório duas ou mais espécies de plantas na mesma área e época, sem distinção de fileiras ou faixas obrigatoriamente. Os períodos de colheita podem coincidir ou não, pois dependem dos

ciclos das culturas envolvidas na associação. Há várias vantagens: proteção do solo contra raios solares, ventos e chuvas, o que previne o encrostamento e a erosão; enriquecimento do solo com N quando ao menos uma das culturas é leguminosa; enriquecimento do solo com P devido à solubilização de fosfatos insolúveis pelos microrganismos que se proliferam na rizosfera e diminuição de insetos-praga e doenças devido à diversidade de plantas. Um exemplo de consórcio misto é o sistema produtivo Pré-Colombiano MILPA (Figura 7), usado do México ao Chile há aproximadamente 5 mil anos e cujos principais componentes produtivos são milho, feijão e abóbora, embora outros também possam fazer parte.

Consórcio com planta armadilha:

Como o próprio nome indica, nesse tipo de consorciação, há uma cultura secundária que vai atrair e capturar insetos-praga e fungos para proteger a cultura principal. A planta armadilha também pode ser chamada de planta de sacrifício. Exemplos de plantas armadilhas são: pimentas, erva-cidreira, manjeriço, alecrim, arruda e cravo-de-defunto. Essas plantas têm a propriedade de repelir formigas cortadeiras, besouros, percevejos, brocas, vaquinhas, burricas, moscas-brancas, lagartas-minadoras, gafanhotos e pulgões. A Figura 8 mostra o girassol na bordadura de tomate sendo utilizado para proteção contra lagartas e vaquinhas.

Figura 7: Consórcio MILPA (milho, feijão e abóbora).



Figura 8: Armadilha de girassol na bordadura de tomate para proteção contra lagartas e vaquinhas.



Fonte: EPAGRI (2021).

Consórcio com planta-guarda:

Os consórcios com plantas-guardas ou plantas-barreiras são plantas altas, resistentes ou espinhosas que são plantadas no entorno das culturas comerciais ou ao longo das bordas no campo. São também chamadas de protetoras de colheita uma vez que são usadas para proteger a(s) cultura(s) principal(is) contra ventos, entrada de animais e/ou fitopatógenos. Exemplos de plantas-guardas são: eucalipto, gliricídia, sorgo, capim-elefante, banana, citrus, cana-de-açúcar e café. A Figura 9 mostra pomares de laranjas protegidos por árvores de *Casuarina cunninghamiana*.

Figura 9: Pomares de laranjas protegidos por árvores de *Casuarina cunninghamiana*.

Fonte: Fundecitrus, (2018).

Consórcio com repelente:

O consórcio com repelente consiste no cultivo da cultura comercial mais uma planta que vai servir como repelente para insetos-praga, consistindo-se numa prática altamente sustentável, pois dispensa o uso de inseticidas químicos. Substâncias advindas do metabolismo secundário dessas plantas é que vão exercer o controle sobre os invertebrados que atacam as culturas. Existem várias plantas que são utilizadas como repelentes: arruda, coentro, hortelã, gergelim, alecrim, salsa, cebola, alho, manjeriço, erva-doce, tomilho, sálvia, cravo-de-defunto, gerânio, citrolnela, atansia, capuchinha e losna. A Figura 10 mostra um consórcio entre algodão (cultura principal) e gergelim (cultura repelente).

Consórcio com Plantas “Atrai-Repele”:

No consórcio com plantas “atrai-repele”, uma planta serve como armadilha e a outra como repelente para insetos-praga da cultura principal. Enquanto a espécie armadilha “puxa” o inseto-praga, a espécie repelente a afasta. Um exemplo deste tipo de associação é o consórcio milho x capim-elefante x desmódio, onde o capim elefante atrai e o desmódio repele insetos-praga que atacam a cultura do milho.

Figura 10: Consórcio de algodão com gergelim (planta repelente de formigas cortadeiras).



Foto: Joffre Koury

Fonte: Araújo *et al.*, (2022).

- **Regras para o consórcio de plantas:**

Existem algumas regras que se constituem em princípios básicos para que o consórcio seja benéfico a todas as culturas da associação. Sem a observância dessas regras, é possível que haja competição entre as plantas do consórcio. Elas levam em consideração a família botânica, a arquitetura das plantas, o tempo até a colheita, os hábitos de crescimento do vegetal e fatores do ambiente como água e luz (Sergieieva, 2021). Dessa forma, deve-se:

- Combinar espécies de ciclos de vida diferentes.
- Combinar plantas de raízes superficiais com plantas de raízes profundas.
- Combinar plantas com necessidades hídricas semelhantes.
- Combinar plantas que não compitam por luz solar, ou seja, uma deve ser capaz de se desenvolver na sombra da outra.
- Evitar agrupar plantas da mesma família, pois são normalmente atacadas pelos mesmos insetos-praga e doenças.

- Adicionar uma leguminosa na consorciação para enriquecer o solo com nitrogênio.
- Adicionar plantas atraentes e repelentes na consorciação.
- Combinar plantas de crescimento lento e rápido pois, quando os últimos forem colhidos, os primeiros terão mais espaço para se desenvolver.
- Considerar as propriedades alelopáticas na associação, pois poderão beneficiar ou prejudicar a cultura principal.
- Escolher uma das culturas com bom suporte físico quando a outra for de hábito ramador.

- **Avaliação do consórcio:**

Para avaliar se o consórcio é vantajoso em relação às plantas componentes quando cultivadas no regime de monocultura, segundo Dias *et al.* (2022), usa-se o índice de Uso Eficiente da Terra (UET), dado pela seguinte fórmula:

$$UET = \frac{\text{Produção da cultura A no consórcio}}{\text{Produção da cultura A em monocultura}} + \frac{\text{Produção da cultura B no consórcio}}{\text{Produção da cultura B em monocultura}}$$

A UET relaciona as culturas no consórcio e nos monocultivos à equivalência de uso da terra.

Se a $UET = 1$, o consórcio não tem efeito, nem positivo nem negativo, sobre a produção das culturas.

Se a $UET > 1$, o consórcio resultou em maior rendimento por área e os cultivos solteiros necessitariam de maior área para equivaler ao rendimento do consórcio.

Se a $UET < 1$, os cultivos solteiros resultaram em maior rendimento por área e o consórcio necessitaria de maior área para equivaler ao rendimento dos cultivos solteiros.

Considerações Finais

O consórcio de plantas se constitui importante técnica no caminho de uma agricultura sustentável. A diversidade de cultivos na paisagem rural faz com que haja um melhor manejo dos fatores bióticos e abióticos deletérios à agricultura, refletindo diretamente na produção em quantidade e qualidade. Ademais, a associação de plantas diversifica a microbiota benéfica do solo ao mesmo tempo que proporciona um ambiente favorável aos inimigos naturais. Entretanto, não deve ser feito ao acaso: as espécies a serem cultivadas devem interagir de forma sinérgica, isto é, o rendimento deve ser

superior em relação ao sistema de monocultivo. Dessa forma, é necessário que o produtor tenha conhecimento do crescimento, desenvolvimento e reprodução dos consórcios. Daí é importante que instituições de pesquisa e extensão rural se esforcem no sentido de gerar e difundir conhecimentos sobre esse sistema de produção.

Referências

- ARAÚJO, A. E. de. **Importância Socioeconômica do Gergelim**. Brasília: Embrapa, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/gergelim/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica>. Acesso em: 4 de set. 2023.
- AURAS, N. E. **Sistema Integrado de Produção Agroecológica Fazendinha Agroecológica Km 47**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2011. 2 p. (Folder).
- COSTA, M. M. M. N.; FREIRE, R. M. M.; BARROS, M. A. L. Adubação para Consórcios Agroecológicos de Algodão com Culturas Alimentares. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2021. 32 p. (Embrapa Algodão. Documentos, 286).
- DIAS, S. C.; LIMA, J. B. M. P.; NOLASCO, G. M.; SOUSA, V. P.; SOUSA, M. P.; RODRIGUES, C. S. Índice de eficiência do uso da terra no consórcio sorgo, feijão, milho, guandu e capim Massai e Paiaguás no nordeste de Minas Gerais. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10, E SEMINÁRIO DA PÓS-GRADUAÇÃO DO IFNMG, 2, 2022, Montes Claros. Anais [...] Montes Claros: IFNMG. 2022. Disponível em: <https://eventos.ifnmg.edu.br/sic2022/anais/trabalho/140>. Acesso em 19 set. 2023.
- DUARTE, A. P.; DE MARIA, I. C. Opção lucrativa: consórcio milho-braquiária. **Revista Cultivar**, n. 190, p. 36-37, 2015.
- EPAGRI. **Cultivo de Girassol na Bordadura da Lavoura Ajuda no Controle de Pragas do Tomateiro**. Florianópolis: EPAGRI, 2021. Disponível em: <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2021/02/26/cultivo-de-girassol-na-bordadura-da-lavoura-ajuda-no-controle-de-pragas-do-tomateiro/>. Acesso em 31 ago. 2023.
- FUNDECITRUS. **A Importância das Medidas de Manejo Integrado do Cancro Cítrico**. Araraquara: Fundecitrus, 2018. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/noticias/integra/a-importancia-das-medidas-de-manejo-integrado-do-cancro-citrico/712>. Acesso em 31 ago. 2023.
- MEDEIROS, J. da C.; COSTA, M. M. M. N.; PEREIRA, J. R.; SABOYA, R. de C. C.; SANTIAGO, F. dos S.; BLACKBURN, R. M. **Recomendações de manejo de água e solo para o cultivo de algodão agroecológico em consórcios agroalimentares no Semiárido do Nordeste Brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2021. 44 p. (Cartilha).
- OLIVEIRA, C. D. S. de. Milho e Feijão em Consórcio. Lavras: 3r lab, 2020. Disponível em: <https://www.3rlab.com.br/milho-e-feijao-em-consorcio/>. Acesso em 23 ago. 2023.

SERGIEIEVA, K. Consorciação de Culturas (Interplantação): O que é? Mountein View: EOS DATA ANALYTICS, 2021. Disponível em: <https://eos.com/pt/blog/consorciacao-de-culturas/> Acesso em 19 set. 2023.

SERGIEIEVA, K. Cultivo em Faixa: Tipos, Benefícios e Como Implementar. Mountein View: EOS DATA ANALYTICS, 2022. Disponível em: <https://eos.com/pt/blog/cultivo-em-faixas/> Acesso em 23 ago. 2023.

SOFFIATI, V.; COSTA, A. G. F.; ZONTA, J. H.; GONDIM, T. M. de S. **Sistemas Diferenciados de Cultivo da Mamona**. Brasília: Embrapa, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/mamona/producao/sistema-diferenciados-de-cultivo>. Acesso em 28 ago. 2023.

SOUSA, A. S. de; OLIVEIRA, G. S. de; ALVES, L. H. A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. **Cadernos da Funcamp**, v. 20, n. 43, p. 64-83, 2021.

TREZZI, M. M.; SILVA, P. R. F. da. Consórcio de substituição de culturas: alternativa para a pequena propriedade rural. **Ciência Rural**, v. 23, n. 3, p. 399-404, 1993.

CAPÍTULO 9

TOLERÂNCIA DE PLANTAS A METAIS PESADOS

PLANT TOLERANCE TO HEAVY METALS

DOI: <https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.09>

Submetido em: 16/10/2023

Revisado em: 05/11/2023

Publicado em: 10/11/2023

Magna Maria Macedo Nunes Costa

Embrapa Algodão

Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas, Campina Grande-PB

<http://lattes.cnpq.br/5347094641181559>

Resumo

A poluição do solo e a intoxicação de seres vivos por metais pesados é, na atualidade, um dos mais sérios problemas ambientais, principalmente em áreas influenciadas pela atividade antrópica. As principais fontes de contaminação do solo por metais pesados são a agricultura e a indústria. Alguns desses metais são considerados micronutrientes essenciais às plantas, como Fe, Zn, Cu, Mn, Ni e Mo, mas que, em concentrações elevadas, são tóxicos a elas. Entretanto, a maior parte dos metais pesados – Al, Co, Se, V, Sn, As, Be, Cr, Pb, Cd, Hg e Te – não exercem funções nas plantas. Existem algumas espécies que toleram a presença desses elementos nos seus tecidos; outras, não apenas toleram, mas também são hiperacumuladoras ou hipertolerantes. Elas possuem diferentes mecanismos de tolerância em resposta ao excesso de metais pesados, incluindo a redução do transporte através da membrana, imobilização, exclusão, formação de peptídeos ricos em grupos tiólicos - fitoquelatinas e metalotioneínas -, quelatação por ácidos orgânicos/aminoácidos e compartimentalização em estruturas subcelulares. Por esta razão, essas plantas são utilizadas como fitoextratoras ou fitorremediadoras de metais pesados no solo, sendo consideradas promissoras, pois trata-se de tecnologia limpa. Entre essas espécies, destaca-se: tiririca, capim santo, junco manso, braquiária, sapé, barbasco, orquídea bambu, samambaia, eucalipto, guaimbê, lírio-do-brejo, feijão-de-porco, esteva, aveia-preta, girassol, mimulus, grama-bataiais e mostarda-castanha. É necessário que pesquisas sejam desenvolvidas com essas plantas no sentido de investigar a expressão gênica, a biossíntese, a regulação e a ação dos mecanismos que as tornam fitorremediadoras de metais pesados. Nesse sentido, é importante que instituições de pesquisa, mediante financiamentos governamentais e privados, invistam em pesquisas que tenham como objetivo resolver esse problema que tanto afeta o meio ambiente na contemporaneidade.

Palavras-Chave: hiperacumulação, fitorremediação, fitoextração

Abstract

Soil pollution and the intoxication of living beings by heavy metals is currently one of the most serious environmental problems, especially in areas influenced by human activity. The main sources of soil contamination by heavy metals are agriculture and industry. Some of these metals are considered essential micronutrients for plants, such as Fe, Zn, Cu, Mn, Ni and Mo, but which, in high concentrations, are toxic to them. However, most heavy metals – Al, Co, Se, V, Sn, As, Be, Cr, Pb, Cd, Hg and Te – do not have functions in plants. There are some species that tolerate the presence of these elements in their tissues;

others not only tolerate, but are also hyperaccumulators or hypertolerant. They have different tolerance mechanisms in response to excess heavy metals, including reduced transport across the membrane, immobilization, exclusion, formation of peptides rich in thiol groups - phytochelatins and metallothioneins -, chelation by organic acids/amino acids and compartmentalization in structures subcellular. For this reason, these plants are used as phytoextractors or phytoremediators of heavy metals in the soil, being considered promising, as it is a clean technology. Among these species, the following stand out: nutsedge, lemongrass, tame reed, brachiaria, thatch, barbasco, bamboo orchid, fern, eucalyptus, guaimbê, marsh lily, jack bean, cistus, black oat, sunflower, mimulus, potato grass and chestnut mustard. It is necessary for research to be carried out with these plants in order to investigate gene expression, biosynthesis, regulation and the action of the mechanisms that make them phytoremediators of heavy metals. In this sense, it is important that research institutions, through government and private funding, invest in research that aims to solve this problem that affects the environment so much in contemporary times.

Keywords: hyperaccumulation, phytoremediation, phytoextraction.

Introdução

A poluição do solo e a intoxicação de seres vivos por metais pesados é, na atualidade, um dos mais sérios problemas ambientais, principalmente em áreas influenciadas pela atividade antrópica. As principais fontes de contaminação do solo por metais pesados são: fertilizantes, agrotóxicos, água para irrigação contaminada, combustão de óleo e carvão mineral, gases emitidos por veículos a combustão, incineração de resíduos urbanos e industriais, e indústria de mineração, fundição e refinamento (Santos *et al.*, 2018).

São considerados metais pesados os elementos químicos ou suas formas iônicas que possuem densidade igual ou superior a 6 g cm^{-3} . Alguns destes metais são considerados micronutrientes essenciais às plantas - Fe (ferro), Zn (zinco), Cu (cobre), Mn (manganês), Ni (níquel) e Mo (molibdênio) - mas que, em concentrações elevadas, são tóxicos a elas. Entretanto, a maior parte dos metais pesados – Al (alumínio), Co (cobalto), Se (selênio), V (vanádio), Sn (estrontio), As (arsênio), Be (berílio), Cr (cromo), Pb (chumbo), Cd (cádmio), Hg (mercúrio) e Te (telúrio) – não exercem funções nas plantas (Rahman *et al.*, 2022).

Os metais pesados interferem negativamente no crescimento, distribuição e ciclo biológico das espécies vegetais, sendo necessário a busca por plantas que apresentem mecanismos de tolerância para utilização em áreas contaminadas, com o fito de servirem de alternativa à remediação ambiental. Essa tolerância é detectada quando uma planta é capaz de sobreviver em um ambiente com um nível de concentração de metais pesados onde outras plantas não conseguiriam, por se intoxicarem. Tal capacidade é adquirida ao longo do tempo através do desenvolvimento de mecanismos de adaptação a essa condição de estresse. É importante mencionar que uma mesma espécie vegetal pode apresentar

diferentes formas de tolerância em função da espécie química e das condições ambientais em questão (Rodrigues *et al.*, 2016).

Há um grande número de espécies de plantas que são capazes de retirar, acumular e suportar grandes concentrações de metais pesados em seus tecidos, na faixa de até 1% da sua massa seca. Essas espécies recebem o nome de ‘hiperacumuladoras’ e têm como principal característica grande capacidade de produção de biomassa. Elas são quimicamente induzidas a excretar quelantes ao solo através de suas raízes para quelatizar o metal e absorvê-lo. Além disso, possuem mecanismos bioquímicos intracelulares tais como: produção de compostos ligantes – aminoácidos e ácidos orgânicos, alteração nas formas de compartimentalização, metabolismo e estrutura de membranas (Almeida, 2012). A fitoextração é definida como uso de plantas hiperacumuladoras e seus microrganismos associados para remover os metais pesados do solo (Chaves e Souza, 2020).

Este trabalho tem por objetivo descrever como os metais pesados intoxicam as plantas, os mecanismos pelos quais algumas plantas toleram essa condição adversa e a hipertolerância apresentada pelas plantas hiperacumuladoras.

Metodologia

A metodologia utilizada no presente trabalho foi do tipo pesquisa bibliográfica. Segundo Sousa *et al.* (2021), a metodologia de pesquisa bibliográfica inicia-se por meio de uma revisão da literatura de obras já existentes, no intuito de auxiliar o pesquisador na delimitação do tema e na contextualização do objeto problema. O levantamento deve ser feito em fontes bibliográficas confiáveis e o autor deve se dedicar à leitura das obras consultadas, fazendo-a de forma exploratória, seletiva e crítica. A pesquisa bibliografia é uma importante metodologia no âmbito das ciências agrárias, a partir de conhecimentos já estudados. Nesse contexto, o pesquisador deve analisar esses conhecimentos para responder seus problemas ou comprovar suas hipóteses, adquirindo novos conhecimentos sobre o assunto pesquisado.

Resultados e Discussão

• Toxicidez de Plantas por Metais Pesados

As plantas diferem na sua habilidade de retirar, acumular e tolerar metais pesados. Diferenças marcantes podem ocorrer entre espécies, variedades dentro de uma mesma

espécie, tecidos vegetais, tipos e concentrações de íons. Além de diferirem para susceptibilidade aos metais pesados, as plantas respondem a essa condição de estresse através de diferentes mecanismos fisiológicos (Santos *et al.*, 2018).

As plantas sensíveis à contaminação por metais pesados podem ser utilizadas como indicadoras desse tipo de contaminação, uma vez que exibem sintomas de toxicidade, denunciando a presença desses elementos no ambiente. Os processos fisiológicos afetados pelos metais pesados (Rodrigues *et al.*, 2016) são:

- Alteração no funcionamento da membrana plasmática, uma vez que os metais pesados formam ligações com grupos sulfidrilas das proteínas, peroxidação dos lipídeos, inativação de proteínas chave e mudanças na composição e fluidez da membrana lipídica.

- Diminuição da fosforilação oxidativa e, conseqüentemente, da produção de ATP devido ao aumento da permeabilidade a prótons da membrana mitocondrial interna.

- Inativação de diversas enzimas citoplasmáticas devido à ligação dos metais pesados aos grupos sulfidrilas das proteínas, levando à inibição das funções normais.

- Formação de radicais livres e espécies reativas de oxigênio (ERO's) tais como hidroxila (OH^\cdot), ânion superóxido (O_2^\cdot) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2), que geram o estresse oxidativo que causa deterioração oxidativa das macromoléculas biológicas, como proteínas e ácidos nucleicos, e a peroxidação de lipídeos. Além disso, ainda há a redução da capacidade antioxidante, uma vez que os níveis de glutathione reduzida – GSH, um dos mais importantes antioxidantes dos vegetais - são diminuídos pelos metais pesados.

- Redução da fotossíntese, pela queda na biossíntese de clorofila e carotenoides, pelo prejuízo à cadeia de transporte de elétrons, pela inativação das enzimas do ciclo de Calvin e pelo fechamento dos estômatos.

- Interferência no metabolismo mineral das plantas, comprometendo o crescimento.

Além de afetar o crescimento e a reprodução, esses efeitos fisiológicos podem levar à morte das plantas.

• Tolerância das Plantas aos Metais Pesados

Em condições de estresse por metais pesados, as plantas podem adquirir tolerância devido ao desenvolvimento de um ou mais mecanismos fisiológicos. As respostas variam amplamente em função das características intrínsecas da espécie, do metal pesado e das condições ambientais. Nesse contexto, pesquisas têm sido desenvolvidas no sentido de elucidar esses mecanismos de tolerância que tornam as plantas adaptadas aos metais

pesados. Já é de conhecimento dos cientistas que há uma ampla variabilidade inter e intraespecífica quanto aos efeitos dos metais pesados sobre o crescimento e desenvolvimento vegetal. Esses conhecimentos são de grande importância para a recuperação de áreas contaminadas por essas espécies químicas.

As plantas podem apresentar diferentes mecanismos de tolerância em resposta ao excesso de metais pesados, incluindo a redução do transporte através da membrana, imobilização, exclusão, formação de peptídeos ricos em grupos tiólicos - fitoquelatinas e metalotioneínas -, quelação por ácidos orgânicos/aminoácidos e compartimentalização em estruturas subcelulares (Santos *et al.*, 2018).

Imobilização

As micorrizas, mesmo não sendo sempre consideradas como um dos mecanismos de tolerância a metais pesados, contribuem para a redução da disponibilidade desses elementos e de seus efeitos tóxicos. Esses fungos favorecem a tolerância das plantas aos metais pesados, atuando como agentes de proteção. As estratégias empregadas por eles ainda não foram suficientemente elucidadas, mas sugere-se a retenção dos metais pesados no micélio, reduzindo a disponibilidade para absorção, o que pode ser variável de acordo com o íon e a espécie fúngica. Outras espécies de plantas podem aumentar a absorção de metais pesados quando em associação com micorrizas, favorecendo a fitoextração. Os mecanismos usados pelos fungos para tolerar os metais pesados são similares aos utilizados pelos vegetais e incluem ligação a materiais extracelulares (como exsudados fúngicos) e compartimentalização no vacúolo (Rodrigues *et al.*, 2016).

A parede celular das células das raízes mantém um contato direto com os metais pesados e sua ligação com eles tem sido estudada como uma das formas de tolerância a esses íons. Essa ligação é explicada pela presença de microporos na sua estrutura, que são carregados negativamente devido à presença de grupos carboxílicos, que funcionam como locais de ligação e troca de cátions. Um aumento na espessura da parede celular dos tecidos radiculares é observado como resposta à contaminação. Nesse caso, a planta aumenta sua capacidade de filtro e protege os tecidos internos dos efeitos danosos dos metais pesados. A endoderme e a exoderme também funcionam como barreiras e locais de retenção dos metais pesados nas raízes, minimizando a translocação desses íons e favorecendo a tolerância a esse estresse (Rodrigues *et al.*, 2016).

Exclusão

As plantas conhecidas como excludentes restringem a absorção dos metais pesados pelas raízes, evitando o aparecimento de efeitos tóxicos na parte aérea. Isso pode

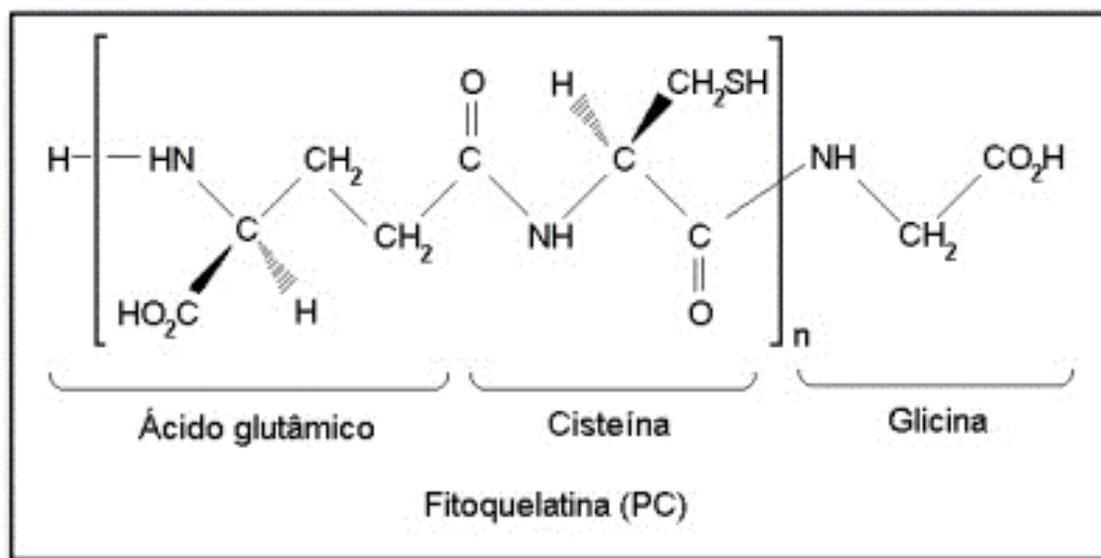
ocorrer através de dois mecanismos que podem ou não se complementar dependendo da espécie vegetal e do metal em questão. O primeiro deles é a exsudação de compostos orgânicos pela membrana plasmática das células radiculares. Os ácidos orgânicos malato, citrato e oxalato são as substâncias mais comumente secretadas. Eles podem complexar metais pesados e alumínio, diminuindo sua atividade extracelular e sua disponibilidade às plantas, ao mesmo tempo em que aumenta a resistência a esses contaminantes. O segundo mecanismo é a prevenção e redução da entrada dos metais pesados e a sua exclusão do citosol da célula vegetal através de proteínas transportadoras da membrana, aumentando a homeostase e a tolerância da planta a esses íons deletérios. O efluxo ativo dos metais pesados para fora da célula requer gasto de energia na forma de ATP (Rodrigues *et al.*, 2016).

Quelação

A quelação ou complexação dos metais pesados é um mecanismo que promove a desintoxicação das células por esses elementos. Ela ocorre devido à presença de ligantes de alta afinidade com esses metais, os quais, após a absorção pela célula vegetal, ficam livres no citosol. A ligação desses íons com o quelante reduz a sua reatividade e solubilidade, impedindo os seus efeitos tóxicos na planta. Os principais ligantes são fitoquelatinas, metalotioneínas aminoácidos e ácidos orgânicos (Souza *et al.*, 2011).

- *Fitoquelatinas*

As fitoquelatinas (Phytochelatins – PC) (Figura 1) são uma família de peptídeos tiólicos que formam complexos com metais pesados, principalmente o Cd, no S livre da cisteína, tendo um importante papel no processo de desintoxicação desses íons nas plantas. Sua síntese é ativada rapidamente na presença dos metais pesados, utilizando o GSH como substrato. A complexação das PC's com esses elementos inativa-os, tornando-os incapazes de causar danos à célula vegetal, contribuindo, deste modo, para o aumento da tolerância das plantas. As PC's também agem como antioxidantes destruidores das ERO's, que são produzidas pelo estresse que a planta sofre com a presença do metal pesado. Após a quelação, o complexo PC-metal pesado é transportado ao vacúolo, para ser armazenado e compartimentalizado (Rodrigues *et al.*, 2016).

Figura 1 – Fórmula estrutural da unidade básica das fitoquelatinas.

Fonte: Melendez *et al.* (2012).

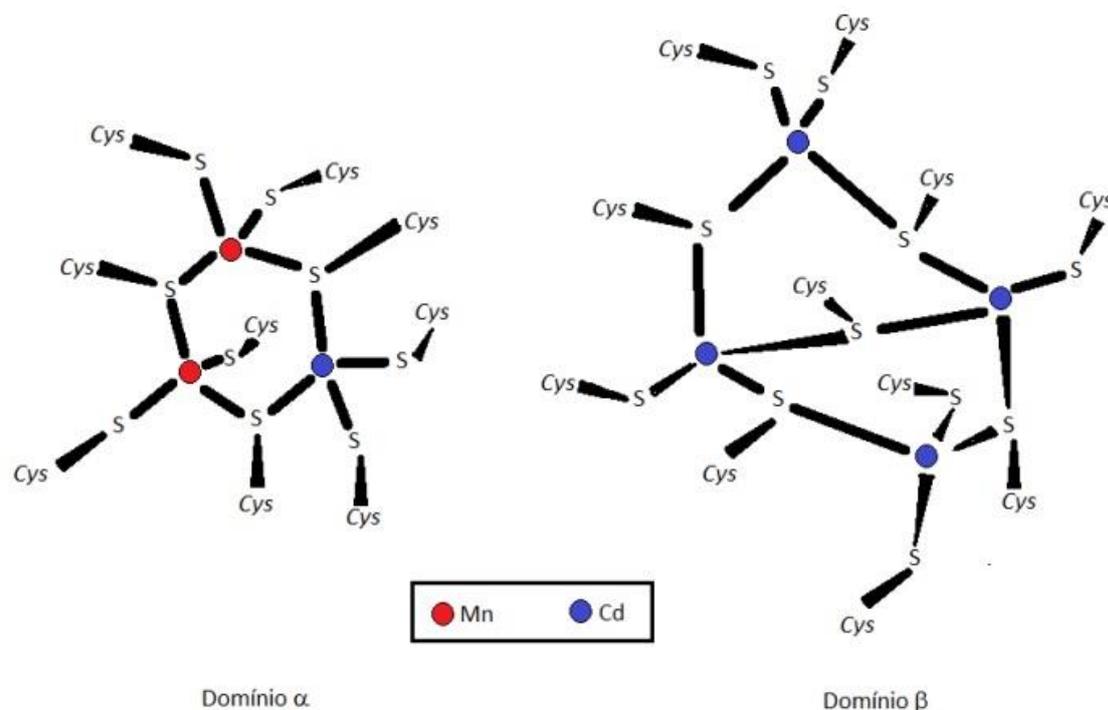
- Metalotioneínas

As metalotioninas (metallothioneins - MT) (Figura 2) são uma família de proteínas de baixo peso molecular, não enzimáticas, ricas em cisteína e eficientes na complexação de metais pesados no S livre do aminoácido. Assim como as fitoquelatinas, elas constituem um importante mecanismo de defesa das plantas contra metais pesados. São encontradas em plantas, animais e fungos, sendo sua produção induzida pela presença de cátions pesados, principalmente Cu, Zn e Cd. As MT's também estão envolvidas na destruição das ERO's, aliviando o estresse oxidativo (Santos *et al.*, 2018).

- Ácidos Orgânicos e Aminoácidos

Devido à reatividade de íons metálicos com S, N e O, os ácidos carboxílicos e aminoácidos representam ligantes potenciais de metais pesados, reduzindo sua toxicidade e exercendo papel significativo na tolerância das plantas a esses elementos. Entre os ácidos orgânicos, citrato, malato e oxalato se ligam aos metais pesados, os transportam através do xilema e os armazenam dentro dos vacúolos. Entre os aminoácidos, as histidinas são produzidas pelas plantas em resposta à presença dos metais pesados, constituindo-se mais um mecanismo de tolerância (Santos *et al.*, 2018).

Figura 2 - Sítios para ligação com metais presentes na metalotioneína. Os círculos denotam íons metálicos divalentes (ex. Zn^{2+} , Cd^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+}).



Fonte: Melendez *et al.* (2012).

Compartimentalização

É a remoção dos metais pesados do citosol para o vacúolo da célula vegetal através de proteínas transportadoras situadas no tonoplasto. Para esse transporte, o íon metálico é complexado a uma fitoquelatina no citosol e transportado para o vacúolo. Devido ao pH ácido dessa organela, o complexo se desfaz e o metal pode ser complexado a um ácido orgânico, como malato, citrato ou oxalato, ou a um aminoácido. As fitoquelatinas podem ser degradadas por hidrolases vacuolares e/ou voltar ao citosol para continuar transportando metais pesados para dentro do vacúolo. Constitui um dos mecanismos mais importantes de tolerância a esses elementos (Rodrigues *et al.*, 2016).

• Fitorremediação

Como visto, as plantas podem possuir vários mecanismos de tolerância à presença de metais pesados no solo. Algumas plantas têm a capacidade de crescer e se desenvolver mesmo na presença de altos teores desses elementos junto às raízes e, por isso, são

denominadas de hipertolerantes. Já outras plantas não apenas toleram altos níveis de metal, mas também os hiperacumulam, e por isso são chamadas de hipertolerantes. Essas espécies possuem os mecanismos fisiológicos já descritos para se adaptarem e exibirem hipertolerância/hiperacumulação de metais pesados.

As plantas hiperacumuladoras são espécies que têm o potencial de serem utilizadas na limpeza de solos contaminados com metais pesados. Essa técnica é denominada de fitoextração ou fitorremediação, sendo de baixo custo e ambientalmente viáveis. Segundo Almeida (2012) plantas como tiririca (*Cyperus rotundus*), capim santo (*Cyperus sesquiflorus*), junco manso (*Eleocharis filiculmis*), braquiária (*Brachiaria decumbens*), sapé (*Imperata brasiliensis*), barbasco (*Pterocaulon virgatum*), orquídea bambu (*Arundina bambusifolia*), samambaia (*Pteridium aquilinum*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), guaimbê (*Philodendron bipinnatifidum*), lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*), esteva (*Cistus ladanifer*), aveia-preta (*Avena strigosa*), girassol (*Helianthus annuus*), mimulus (*Mimulus guttatus*), grama-batatais (*Paspalum notatum*) e mostarda-castanha (*Brassica juncea*) são classificadas como hiperacumuladoras e têm grande potencial para serem utilizadas na fitorremediação de solos contaminados com metais pesados.

Considerações Finais

Conforme visto, a contaminação dos solos por metais pesados constitui-se um sério problema ambiental da atualidade. Atividades antrópicas como a própria agricultura e a indústria são responsáveis por esse tipo de poluição que traz sérios problemas não apenas ao solo, mas também à fauna, à flora e às águas subterrâneas e superficiais. Elementos químicos como Ni, Al, Co, Se, V, Sn, As, Be, Cr, Pb, Cd, Hg e Te são deletérios às plantas alimentícias quando absorvidos pelas raízes e intoxicam as pessoas que delas se alimentam. No entanto, existem algumas plantas que toleram a presença desses elementos nos seus tecidos e outras que não somente toleram, mas também os hiperacumulam. Essas espécies são chamadas, respectivamente, de tolerantes e hipertolerantes. Elas possuem mecanismos fisiológicos e bioquímicos que as fazem absorver metais pesados e, mesmo assim, se desenvolverem. Alguns desses mecanismos já foram pesquisados e definidos; outros, ainda são objeto da investigação científica. Entretanto, é necessário que também se pesquise as fontes genéticas responsáveis pelas respostas dessas plantas à presença de íons metálicos no solo. Nesse contexto, o potencial de uso de plantas fitorremediadoras para descontaminar solos poluídos é considerado

promissor, pois trata-se de tecnologia limpa, uma vez que, após a senescência, essas plantas podem ser removidas levando consigo em seus tecidos os contaminantes. Dessa forma é necessário o desenvolvimento de modelos que expliquem a expressão gênica, a biossíntese, a regulação e a ação dos mecanismos que tornam algumas plantas fitoextratoras de metais pesados. É importante que instituições de pesquisa, mediante financiamentos governamentais e privados, invistam nessas pesquisas para resolver esse problema que tanto afeta o meio ambiente na contemporaneidade.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, R. F. de. Plantas acumuladoras de metais pesados no solo. **Revista de Biotecnologia & Ciência**, v. 2, n. 1, p. 28-46, 2012.
- CHAVES, L. H. G.; SOUZA, R. S. de. Fitoextração de cobre e zinco de um Neossolo Quartzarênico contaminado com metais pesados. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 4, p. 396-403, 2015.
- EMBRAPA. Pesquisadores Identificam Plantas Capazes de Extrair Níquel do Solo. Brasília: Embrapa Cerrados, 2020. (Notícias). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/56493313/pesquisadores-identificam-plantas-capazes-de-extrair-niquel-do-solo>. Acesso em: 18 de setembro de 2023.
- MELLENDEZ, L. B.; KÜTTER, V. T.; MONTES-BAYÓN, M.; SELLA, S. M.; SILVA-FILHO, E. V. Determinação de Metalotioneínas e Fitoquelatinas utilizando a técnica de HPLC-ICP-MS. *Revista Virtual de Química*, v. 4, n. 6, p. 612-622, 2012.
- RAHMAN, S. U.; NAWAS, M. F.; GUL, S.; YASIN, G.; HUSSAIN, B.; LI, Y.; CHENG, H. State-of-the-art OMICS strategies against toxic effects of heavy metals in plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 242, e113952, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651322007928>. Acesso em: 12 de setembro de 2022.
- RODRIGUES, A. C. D.; SANTOS, A. M.; SANTOS, F. S.; PEREIRA, A. C. C.; SOBRINHO, N. M. B. A. Mecanismos de respostas das plantas à poluição por metais pesados: Possibilidade de uso de macrófitas para remediação de ambientes aquáticos contaminados. *Revista Virtual de Química*, v. 8, n. 1, p. 262-276, 2016.
- SANTOS, F. S. dos; AMARAL SOBRINHO, N. M. B. dos; MAZUR, N. **Mecanismos de Tolerância de Plantas a Metais Pesados**. In: FERNADES, M. S.; SOUZA, S. R. de; SANTOS, L. A. *Nutrição Mineral de Plantas*. 2 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2018. p. 419-432.
- SOUSA, A. S. de; OLIVEIRA, G. S. de; ALVES, L. H. A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. **Cadernos da Funcamp**, v. 20, n. 43, p. 64-83, 2021.

SOUZA, E. P. de; SILVA, I. de F.; FERREIRA, L. E. Mecanismos de tolerância a estresses por metais pesados em plantas. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 17, n. 2-4, p. 167-173, 2011.

CAPÍTULO 10

REDUÇÃO DA ECLOSÃO DE *Meloidogyne incognita* POR COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS DE BACTÉRIAS

REDUCTION OF Meloidogyne incognita SHATTERING BY VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS FROM BACTERIA

DOI: <https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.10>

Submetido em: 29/11/2023

Revisado em: 03/12/2023

Publicado em: 05/12/2023

Lorena Gracielly de Almeida Souza

Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Lavras-, Lavras- Minas Gerais

<https://orcid.org/0000-0002-4261-9130>

Regina Cassia Ferreira Ribeiro

Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Montes Claros- Janaúba-
MG

<https://orcid.org/0000-0001-5138-8402>

Maria Josiane Martins

Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Montes Claros- Janaúba-
MG

<https://orcid.org/0000-0003-1911-5679>

Renato Martins Alves

Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Montes Claros- Janaúba-
MG

<https://orcid.org/0000-0002-4993-1573>

Natan Cantuária Nunes

Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Montes Claros- Janaúba-
MG

<http://lattes.cnpq.br/7704042473020817>

Mariany de Jesus Limas

Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Montes Claros- Janaúba-
MG

<http://lattes.cnpq.br/9905567660940873>

Isabela Oliveira Santos

Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Montes Claros- Janaúba-
MG

<https://orcid.org/0009-0005-1324-4682>

Adelica Aparecida Xavier

Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Montes Claros- Janaúba-
MG

<https://orcid.org/0000-0001-9814-4587>

Dayane Isabelle Chaves Neres

Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Montes Claros- Janaúba-
MG

<https://orcid.org/0009-0009-6098-0112>

Gabriel Ribeiro Mendes

Departamento de Ciências Agrárias, Instituto Federal Goiano- Rio Verde- Góias

<http://lattes.cnpq.br/3592361605257853>

Resumo

Diante da busca por alternativas sustentáveis para o controle de doenças de plantas, objetivou-se avaliar o efeito de compostos voláteis produzidos por bactérias endofíticas sobre a eclosão de *Meloidogyne incognita*. Material e Métodos: Para a montagem dos testes foram utilizadas placas bipartidas. Em uma das cavidades depositou-se 100 µL da suspensão bacteriana, posteriormente as placas foram vedadas e incubadas em câmara BOD a 28 °C por 24 horas. Na outra cavidade, depositou-se suspensão aquosa contendo 200 ovos de *M. incognita* /mL obtidos de raízes de tomateiros. As placas foram novamente vedadas e incubadas em câmara B.O.D a 28 °C por 72 horas. Após este período realizou-se contagem de juvenis de segundo estágio eclodidos (J2) em microscópio óptico. O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado, sendo 56 tratamentos (Testemunha + 55 isolados bacterianos) com 4 repetições cada. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. Resultados: Houve diferença estatística na porcentagem de eclosão de J2 de *M. incognita* entre os tratamentos. Todas as bactérias proporcionaram inibição da eclosão, chegando a 98,46 %. Conclusão: Bactérias endofíticas inibem a eclosão de ovos de *M. Incognita*.

Palavras-chave: Controle Biológico, nematoide-das-galhas, microrganismos benéficos.

Abstract

In view of the search for sustainable alternatives for controlling plant diseases, the objective was to evaluate the effect of volatile compounds produced by endophytic bacteria on the outbreak of *Meloidogyne incognita*. Material and Methods: Split plates were used to set up the tests. 100 µL of the bacterial

suspension was deposited in one of the wells. The plates were subsequently sealed and incubated in a BOD chamber at 28 °C for 24 hours. In the other cavity, an aqueous suspension containing 200 eggs was deposited. *M. incognita* /mL obtained from tomato roots. The plates were sealed again and incubated in the B.O.D chamber at 28 °C for 72 hours. After this period, hatched second stage juveniles (J2) were counted under an optical microscope. The experiment was set up in a completely randomized design, with 56 treatments (Control + 55 bacterial isolates) with 4 replications each. The data were subjected to analysis of variance and the means compared using the Scott-Knott test at 5% probability. Results: There was a statistical difference in the hatching percentage of J2 of *M. incognita* between treatments. All bacteria provided hatching inhibition, reaching 98.46%. Conclusion: Endophytic bacteria inhibit the hatching of *M. Incognita* eggs.

Keywords: Biological Control, root-knot nematode, beneficial microorganisms.

Introdução

Os fitonematoides são patógenos que afetam as culturas em todo o mundo, causando impactos sobre a agricultura. Dentre os fitonematoides, destaca-se o gênero *Meloidogyne*, comumente conhecido como nematoide de galhas. Este é um fitopatógeno cosmopolita em função de sua extensa gama de hospedeiros e ampla distribuição geográfica¹.

Ao ocorrer a introdução de *Meloidogyne* em uma área, sua erradicação é praticamente impossível. O uso de cultivares resistentes é o método mais indicado para redução desses parasitas nas áreas plantadas, pois não oneram os custos de produção e não apresentam riscos ao meio ambiente, contudo as cultivares existentes não apresentam resistência completa a *Meloidogyne* spp.².

No Brasil as espécies desse gênero mais frequentes são *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood (1949) e *Meloidogyne Javanica* Treub (1885)³. Estes nematoides podem interagir com outros patógenos causando complexo de doenças de difícil controle que provocam transtornos aos produtores⁴.

A espécie *M. incognita* causa perdas que podem comprometer cerca de 50% da produção de uma lavoura, podendo inviabilizar o plantio em determinadas áreas⁵. Este nematoide causa galhas nas raízes das plantas, compromete absorção de água e nutrientes, afetando diretamente o seu desenvolvimento vegetativo e produção. Esta espécie apresenta grande impacto mundial devido às perdas econômicas geradas em diversas culturas, sob diferentes condições climáticas⁶. As meloidoginoses são doenças de difícil manejo, especialmente em sistemas agroecológicos de produção, pelo fato dos nematoides serem veiculados pelo solo⁷.

Novas formas de controle de pragas e doenças têm sido testadas a fim de substituir o uso excessivo de produtos químicos que são uma ameaça ao ambiente e aos animais em razão dos perigos que representam⁸.

A maioria das plantas vasculares abrigam bactérias endofíticas⁹. Esses microrganismos vivem intra ou intercelularmente sem causar danos aparentes à planta¹⁰, em pelo menos uma parte do seu ciclo de vida¹¹, e são detectados por métodos culturais ou moleculares¹¹.

Dentre os mecanismos de ação das bactérias endofíticas pode-se atribuir ao seu potencialnematicidas a produção de toxinas, enzimas ou outros metabolitos secundários que causam interferência no reconhecimento do hospedeiro, competição por nutrientes, promoção de crescimento e indução de resistência nas plantas¹².

Os compostos orgânicos voláteis (COVs) são substâncias com aproximadamente 20 átomos de carbono, de baixa polaridade e podem ser sintetizados também por bactérias antagonistas. Esses compostos podem atravessar as membranas livremente sendo liberados na atmosfera ou no solo na ausência de uma barreira de difusão¹³.

Os COVs produzidos por bactérias antagonistas apresentam potencial para inibir o crescimento e, ou, a multiplicação de outros microrganismos¹⁴. Estas bactérias demonstram habilidade de atuação em múltiplos pontos de vulnerabilidade do ciclo de vida dos nematoides, como inibição da penetração, redução da capacidade reprodutiva e retardamento da mobilidade e eclosão¹⁵. Entre esses compostos orgânicos voláteis destacam-se álcoois, aldeídos, cetonas, sulfetos e amônia¹⁶.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o potencial dos compostos orgânicos voláteis de 55 isolados endofíticos, em teste *in vitro* sobre a eclosão juvenis de *M. incognita*.

Material e Métodos

• Multiplicação das bactérias endofíticas

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES) *campus* Janaúba, no laboratório de Fitopatologia. Os isolados bacterianos foram provenientes da bacterioteca do Laboratório de Fitopatologia da Universidade Estadual de Montes Claros, mantidas em tubos eppendorfs contendo água mineral e armazenados em condição ambiente. Os isolados foram multiplicados em meio de cultura Tryptic Soy Agar (TSA) a 28 °C em B.O.D. durante 24 horas.

Após esse período foi usada uma solução salina 0,85% para se obter as suspensões bacterianas, que foram ajustadas pela leitura da absorbância no comprimento de onda (λ) a 540nm em espectrofotômetro, em densidade ótica (DO) igual a 1,0 ABS. Todo o processo foi realizado em condições assépticas de câmara de fluxo laminar.

- **Obtenção de Ovos de *M. incognita***

A suspensão de ovos foi obtida a partir de raízes de tomateiro cultivado em casa de vegetação previamente inoculado com *M. incognita*. As raízes foram levadas ao laboratório de Fitopatologia onde foram usadas na extração seguindo a técnica proposta por Hussey e Barker modificada por Bonetti e Ferraz (1981).

As raízes foram devidamente lavadas e picadas em pedaços de aproximadamente 0,5 cm, sendo levadas ao liquidificador com uma solução de hipoclorito de sódio na concentração de 0,5% por 20 segundos para serem trituradas.

A suspensão obtida foi vertida em peneiras de 20, 60 e 400 mesh, posicionadas de forma sobreposta, e os ovos retidos na última peneira foram recolhidos com o auxílio de um pisseta elevados ao microscópio óptico, onde com o auxílio de câmara de Peters foi realizada a contagem e calibração da suspensão para 20 ovos de *M. incognita* por mL.

- **Montagem e Avaliação do Teste**

Em uma das partes das placas de petre bipartidas verteu-se meio de cultura TSA e depositou-se uma alíquota de 100 μ L da suspensão bacteriana calibrada. A suspensão foi espalhada com o auxílio da alça de Drigalsky. As placas foram vedadas com plástico filme e acondicionadas em B.O.D. a 28 °C por 24 horas.

Posteriormente as placas foram abertas e na outra parte depositou-se 10 mL de suspensão contendo 200 ovos de *M. incognita*. As placas foram novamente vedadas com plástico filme e acondicionadas a 28 °C em BOD durante 72 horas. Todo o processo foi realizado em condições assépticas de câmara de fluxo laminar. Após 72 horas em microscópio de objetiva invertida foi realizada a contagem de juvenis de segundo estágio (J2) eclodidos em câmara de Peters.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo 56 tratamentos e 4 repetições totalizando 224 unidades amostrais. Os tratamentos consistiram de: T1: Testemunha (inoculação da suspensão de ovos, sem inoculação bacteriana), T2 a T56: isolados bacterianos endofíticos (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização fisiológica de isolados de bactérias endofíticas e seus respectivos números de acesso ao GenBank. UNIMONTES, Janaúba-MG, 2021.

Isolado	Gênero/espécie	Número de Acesso no GenBank
EB60	<i>Lysinibacillus</i> sp.	JF906500.1
EB141	<i>Lysinibacillus</i> sp.	GU172164.1
EB106	<i>Rhizobium</i> sp	AY693664.1
EB127	<i>Sporolactobacillus</i>	D16282.1
EB147	<i>Bacillus subtilis</i>	EU977724.1
EB136	<i>Bacillus subtilis</i>	AB301012.1
EB98	<i>Micrococcus luteus</i>	FJ380958.1
EB04	<i>Bacillus subtilis</i>	AY741264.1
EB47	<i>Bacillus</i> sp.	FJ611939.1
EB46	<i>Bacillus pumilus</i>	FJ236809.1
EB63	<i>Bacillus pumilus</i>	GQ917222.1
EB45	<i>Lysinibacillus</i> sp.	JN215512.1
EB80	<i>Bacillus</i> sp	EU972777.1
EB17	<i>Bacillus</i> sp	JF802184.1
EB30	<i>Bacillus pumilus</i>	JF414764.1
EB169	<i>Bacillus pumilus</i>	FJ189791.1
EB50	<i>Bacillus</i> sp.	HM769816.1
EB07	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	GU784794.1
EB53	<i>Lysinibacillus</i> sp.	JN215512.1
EB68	<i>Bacillus safensis</i>	JN092818.1
EB133	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	AB301022.1
EB20	<i>Bacillus</i> sp.	HQ256520.1
EB14	<i>Bacillus pumilus</i>	HQ218993.1
EB44	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	GU122948.1
EB126	<i>Bacillus subtilis</i>	HM769817.1
EB34	<i>Bacillus pumilus</i>	JN215511.1
EB108	<i>Rhizobium</i> sp.	AY693664.1
EB38	<i>Bacillus</i> sp.	EU931559.1
EB12	<i>Bacillus pumilus</i>	GQ917222.1
EB40	<i>Bacillus</i> sp.	GQ340516.1
EB71	<i>Bacillus</i> sp.	HM461161.1
EB24	<i>Bacillus thuringiensis</i>	JF947357.1
EB16	<i>Bacillus</i> sp.	AJ550463.1
EB194	<i>Bacillus</i> sp.	FJ405377.1
EB196	<i>Enterobacter</i> sp.	GQ260081.1
EB37	<i>Bacillus</i> sp.	JN215502.1
EB81	<i>Bacillus</i> sp.	HQ003450.1
EB55	<i>Bacillus subtilis</i>	HQ334981.1

EB18	<i>Bacillus</i> sp.	EU977790.1
EB28	<i>Paenibacillus</i> sp.	EF178460.1
EB56	<i>Bacillus</i> sp.	GU269573.1
EB23	<i>Bacillus methylotrophicus</i>	JN201948.1
EB87	<i>Bacillus tequilensis</i>	HM770882.1
EB78	<i>Bacillus</i> sp.	EU977790.1
EB51	<i>Bacillus pumilus</i>	HQ218993.1
EB01	<i>Bacillus pumilus</i>	HM006706.1
EB25	<i>Bacillus cereus</i>	GU451184.1
EB15	<i>Bacillus pumilus</i>	GQ917222.1
EB58	<i>Bacillus pumilus</i>	JN082265.1
EB84	<i>Bacillus subtilis</i>	HQ334981.1
EB64	<i>Bacillus pumilus</i>	JF271873.1
EB49	<i>Bacillus licheniformis</i>	EU366371.1
EB57	<i>Bacillus safensis</i>	JN092810.1
EB11	<i>Bacillus</i> sp.	HQ218993.1
EB88	<i>Bacillus flexus</i>	DQ870687.1

Resultados

Os isolados de bactérias endofíticas testados produziram COVs que reduziram significativamente a eclosão de J2 de *M. incognita* em relação a testemunha inoculada apenas com nematoide (Tabela 2). A redução da porcentagem de eclosão variou de 26,93% (*Bacillus flexus* EB88) a 98,46% (*Lysinibacillus* sp.-EB60) para os isolados considerados com melhor desempenho. Dos 54 isolados testados, 27 promoveram redução na porcentagem de eclosão acima de 80%.

Tabela 2. Atividade nematicida de compostos orgânicos voláteis produzido por bactérias edofíticas sobre eclosão de J2 de *M. incognita* em teste *in vitro*.

Isolado	Gênero/espécie	(%) de Eclosão	Redução da (%) de Eclosão
EB60	<i>Lysinibacillus</i> sp.	1,20 a	98,46 a
EB141	<i>Lysinibacillus</i> sp.	3,30 a	96,03 a
EB106	<i>Rhizobium</i> sp	6,66 a	91,92 a
EB127	<i>Sporolactobacillus</i>	7,00 a	91,60 a
EB147	<i>Bacillus subtilis</i>	7,52 a	90,58 a
EB136	<i>Bacillus subtilis</i>	7,92 a	90,15 a
EB98	<i>Micrococcus luteus</i>	8,13 a	90,11 a
EB04	<i>Bacillus subtilis</i>	8,60 a	89,58 a
EB47	<i>Bacillus</i> sp.	9,06 a	88,39 a

EB46	<i>Bacillus pumilus</i>	9,27 a	88,28 a
EB63	<i>Bacillus pumilus</i>	9,47 a	88,09 a
EB45	<i>Lysinibacillus sp.</i>	9,48 a	88,09 a
EB80	<i>Bacillus sp</i>	9,54 a	87,73 a
EB17	<i>Bacillus sp</i>	9,58 a	88,14 a
EB30	<i>Bacillus pumilus</i>	10,73 a	86,10 a
EB169	<i>Bacillus pumilus</i>	11,11 a	67,22 b
EB50	<i>Bacillus sp.</i>	11,34 a	85,17 a
EB07	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	11,56 a	85,25 a
EB53	<i>Lysinibacillus sp.</i>	12,46 a	84,23 a
EB68	<i>Bacillus safensis</i>	12,92 a	84,23 a
EB133	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	13,26 a	82,14 a
EB20	<i>Bacillus sp.</i>	14,14 a	82,08 a
EB14	<i>Bacillus pumilus</i>	14,30 a	81,87 a
EB44	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	14,86 b	80,31 a
EB126	<i>Bacillus subtilis</i>	14,99 b	81,25 a
EB34	<i>Bacillus pumilus</i>	15,40 b	80,72 a
EB108	<i>Rhizobium sp.</i>	15,80 b	80,31 a
EB38	<i>Bacillus sp.</i>	15,86 b	80,19 a
EB12	<i>Bacillus pumilus</i>	16,02 b	79,52 a
EB40	<i>Bacillus sp.</i>	16,13 b	77,95 a
EB71	<i>Bacillus sp.</i>	16,42 b	79,86 a
	<i>Bacillus thuringiensis</i>	16,93 b	79,19 a
EB16	<i>Bacillus sp.</i>	16,93 b	77,55 a
EB194	<i>Bacillus sp.</i>	17,15 b	78,68 a
EB196	<i>Enterobacter sp.</i>	17,59 b	76,47 a
EB37	<i>Bacillus sp.</i>	18,19 b	77,27 a
EB81	<i>Bacillus sp.</i>	19,66 b	74,91 a
EB55	<i>Bacillus subtilis</i>	20,65 b	74,35 a
EB18	<i>Bacillus sp.</i>	20,80 b	73,28 a
EB28	<i>Paenibacillus sp.</i>	21,01 b	73,17 a
EB56	<i>Bacillus sp.</i>	22,54 b	71,91 a
EB23	<i>Bacillus methylotrophicus</i>	23,05 b	71,27 a
EB87	<i>Bacillus tequilensis</i>	26,23 b	66,10 b
EB78	<i>Bacillus sp.</i>	27,06 b	65,21 b
EB51	<i>Bacillus pumilus</i>	28,34 b	62,99 b
EB01	<i>Bacillus pumilus</i>	28,71 b	62,81 b
EB25	<i>Bacillus cereus</i>	36,71 c	52,66 c

EB15	<i>Bacillus pumilus</i>	37,38 c	51,74 c
EB58	<i>Bacillus pumilus</i>	37,38 c	50,11 c
EB84	<i>Bacillus subtilis</i>	38,44 c	51,71 c
EB64	<i>Bacillus pumilus</i>	38,84 c	49,12 c
EB49	<i>Bacillus licheniformis</i>	41,26 c	49,12 c
EB57	<i>Bacillus safensis</i>	45,77 d	40,31 d
EB11	<i>Bacillus</i> sp.	50,33 d	36,55 d
EB88	<i>Bacillus flexus</i>	56,24 d	26,93 d
Testemunha		80,04 e	-
Cv (%)		37,64	16,69

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Média de 4 repetições.

Observou-se formação de 4 grupos distintos com diferentes porcentagens de redução na eclosão de J2 de *M. incognita*. Vale ressaltar que 100 % dos isolados bacterianos avaliados diferiram estatisticamente da testemunha (Tabela 2). Em todos os tratamentos contendo as bactérias, evidenciou-se produção de compostos orgânicos voláteis, havendo redução da eclosão em até 98,46% de J2 de *M. incognita*. Os isolados mais eficientes foram EB60, EB141, EB106, EB127, EB147, EB136, EB98, com reduções superiores a 90% da eclosão.

Os isolados EB57, EB11 e EB88 apresentaram as menores reduções de eclosão, com porcentagens de 40,31%, 36,55% e 26,93% respectivamente. Todos os isolados apresentaram resultados superiores a testemunha.

A ação de compostos voláteis na redução da eclosão de J2 foi evidenciada nos 55 isolados bacterianos avaliados, uma vez que a porcentagem de eclosão na testemunha foi de 80%, na presença das bactérias a porcentagem de eclosão foi expressivamente reduzida, variando de 1,20 a 56,24%.

Discussão

Bactérias do gênero *Bacillus* vem sendo estudadas mostrando potencial na produção e eficiência dos COVs no controle de fitopatógenos, com elevado potencial nematicida, como mostra os resultados descritos na literatura¹⁷ que constataram tal eficiência contra *Panagrellus redivivus* e *Bursaphelenchus xylophilus*. Assim como, a eficiência nematicida de *B. megaterium* já foi comprovada sobre *Meloidogyne chitwoodi* e *Heterodera schachtii*¹⁸.

Autores¹⁹ ao trabalharem com isolados de *Bacillus* sp., perceberam a redução da eclosão de ovos de *M. javanica*, corroborando com os resultados encontrados no presente trabalho, uma vez que 80% dos isolados avaliados são do gênero *Bacillus*, o que aumenta a comprovação do potencial nematicida do mesmo.

Os resultados obtidos mostram o grande potencial das bactérias avaliadas no controle de *M. incognita*, pois a redução da eclosão implica na redução do inóculo inicial já que o estágio infectivo do nematóide é o J2.

Foi evidenciado em estudos prévios²⁰ que COVs produzidos pelos isolados bacterianos

B. sphaericus (isolado 43), *B. pumilus* (isolados 51 e 52) causaram uma diminuição na eclosão de *M. incognita* J2 de 98,4%.

A identificação de COV's pode ser feita por meio da cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa. Pesquisadores²¹ ao caracterizarem COVs produzidos por *Bacillus megaterium* identificaram os compostos feniletanal, decanal, nonan-2-ona, undecan-2-ona e dissulfeto de dimetila, que apresentaram atividade nematicida sobre ovos e J1 que foram antagonistas aos ovos e J2 de *M. javanica*. A eficácia das moléculas presentes na composição dos COVs pode estar relacionada com o potencial em vencer a barreira lipídica, e ainda estar associadas a capacidade de vencer a barreira quitinosa, a mais externa do ovo, porém são necessárias maiores pesquisas a respeito dos mecanismos de ação envolvidos nesta atividade nematicida²².

Autores²³ avaliando os efeitos tóxicos dos compostos orgânicos voláteis sobre a germinação de esporos de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (foc) produzidos por isolados bacterianos, observaram que os melhores resultados foram provenientes dos isolados EB 37 (*Bacillus* sp.), EB 28 (*Paenibacillus* sp.), EB 23 (*Bacillus methylotrophicus*) e EB 127 (*Sporolactobacillus*) que reduziram acima de 70% da germinação, corroborando com resultados obtidos no presente trabalho, onde a redução da porcentagem de eclosão foi de 77,27%, 73,17%, 71,27%, 91,60% respectivamente pelos mesmos isolados.

Os COVs podem penetrar as porosidades do solo, possuindo a capacidade de disseminação, o que possibilita sua atuação nos microrganismos próximos e distantes do local de produção, o que aumenta sua área de atuação. Sendo assim uma alternativa de controle de patógenos de solo²⁴.

Bactérias endofíticas usadas como agentes de biocontrole produtores de COVs nematicidas são capazes de controlar nematóides, além disso podem produzir efeitos com longaduração após a colonização em determinados ambientes²⁵.

Conclusão

Bactérias endofíticas são capazes de reduzir a eclosão de ovos de *Meloidogyne incognita*.

Referências

- MOENS, M.; PERRY, R.N.; STARR, J.L.; *Meloidogyne* species – a diverse group of novel and important plant parasites. In: PERRY, R.N.; MOENS, M.; STARR, J. L. ed. **Root-knot Nematodes**. Wallingford, UK: CAB International, 2009, p. 1–17.
- DIAS-ARIEIRA, C.R et al. Reação de vegetais e plantas aromáticas a *Meloidogyne javanica* e *M. incognita*. **Horticultura Brasileira**, v.30, p. 322-326, 2012.
- FERRAZ, L.C.C.B.; MONTEIRO, A.R. Nematoides. In: AMORIM, L.; RESENDE, J.A. M.; BERGAMIM FILHO, A. Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos. 4 ed. **São Paulo:Agronômica Ceres**, 2011. cap. 13, p. 277-305.
- MÔNACO A. P. A.; CARNEIRO, R. G.; KRANZ, W. M.; GOMES, J. C.; SCHERER, A.; SANTIAGO, D. C. Reação de espécies de plantas daninhas a *Meloidogyne incognita* raças 1 e 3, a *M. javanica* e a *M. paranaensis*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 33,n. 3, p. 335 – 242, 2009.
- INOMOTO, M. M.; SIQUEIRA, K. M. S.; MACHADO, A. C. Z. Sucessão de cultura sobpivô central para controle de fitonematoides: variação populacional, patogenicidade e estimativa de perdas.**Tropical Plant Pathology**, v.36,n.3,p.178-185, 2011.
- CARVALHO, P.H., CONTROLE BIOLÓGICO E ALTERNATIVO DE *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* **EM TOMATEIRO**, 2017.
- MELO, T.A & SERRA, I.M.R.S. Materiais vegetais aplicados ao manejo agroecológico de *Meloidogyne incognita* em tomateiro. **Summa Phytopathologica**, v.45, n.1, p.97-103,2019.
- SOLTANZADEH, M.; NEJAD, M. S.; BONJAR, G. H. S. Application of soil-borne actinomycetes for biological control against Fusarium wilt of chickpea (*Cicer arietinum*) caused by *Fusarium solani* f. sp. *pisi*. **Journal of Phytopathology**.164, p.967-978, 2016.
- XIE, H.; FENG, X.; WANG, M.; WANG, Y.; KUMAR AWASTHI, M.; XU, P. Implications of endophytic microbiota in *Camellia sinensis*: a review on current understanding and future insights. **Bioengineered**, v. 11, n. 1, p. 1001-1015, 2020.

JOO, H. S.; DEYRUP, S. T.; SHIM, S. H. Endophyte-produced antimicrobials: a review of potential lead compounds with a focus on quorum-sensing disruptors. **Phytochemistry Reviews**, p. 1-26, 2020.

HARDOIM, P. R.; OVERBEEK, L. S. V & ELSAS, K. D. V. Properties of bacterial endophytes and their proposed role in plant growth. **Trends in Microbiology** v.16 n.10, p. 463-471, 2008.

KHAN, S. S.; VERMA, V.; RASOOL, S. Diversity and the role of endophytic bacteria: a review. **Botanica Serbica**, v. 44, n. 2, p. 103-120, 2020.

SIDDIQUI, I. A.; SHAUKAT, S. S. Endophytic bacteria: prospects and opportunities for the biological control of plant-parasitic nematodes. **Nematologia Mediterranea**, Bologna, v. 31, n. 3, p. 111-120, 2003.

PICHERSKY, E.; NOEL, J. P.; DUDAREVA, N. Biosynthesis of plant volatiles: nature's diversity and ingenuity. **Science**, New York, v. 311, n. 5762, p. 808-811, 2006.

MADIGAN, M. M.; MARTINKO, J.; PARKER, J. E. Brock biology of microorganisms. New York: **Prentice Hall**, 2003. 1104 p.

PADGHAM, J. L.; SIKORA, R. A. Biological control potential and modes of action of *Bacillus megaterium* against *Meloidogyne graminicola* on rice. **Crop Protection**, Guildford, v. 26, n. 7, p. 971-977, July 2007.

DUFFY, B.; SCHOUTEN, A.; RAAIJMAKERS, J. M. Pathogen self-defense: mechanisms to counteract microbial antagonism. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 41, p. 501-538, Sept. 2003.

GU, Y. Q. et al. Q. Evaluation and identification of potential organic nematicidal volatiles from soil bacteria. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 39, n.10, p. 2567-2575, Oct. 2007.

DAWAR, S. TARIQ, M. e ZAKI, M. J. Application of *Bacillus* species in control of *Meloidogyne javanica* (TREUB) Chitwood on cowpea and mash bean. **Pakistan Journal of Botany**, v. 40, p. 439-444, 2008.

PINHO, R. S. C. Efeito de metabólitos bacterianos em diferentes estádios de *Meloidogyne incognita*. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

HUANG, Y. et al. Characterisation of volatiles produced from *Bacillus megaterium* YFM3.25 and their nematicidal activity against *Meloidogyne incognita*. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 126, n. 3, p. 417-422, Mar. 2010.

SILVA, M. S. G. Compostos orgânicos voláteis de soro de leite no controle de *Meloidogyne incognita*. **Dissertação** (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2020.

MARTINS, M. J. Seleção de bactérias endofíticas de bananeira para o biocontrole da murcha de fusarium. **Dissertação** (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em

Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2019.

CAMPOS, V. P.; PINHO, R. S. C.; FREIRE, E. S. Volatiles produced by interacting microorganisms potentially usefull for the control of plant pathogens. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 525-535, maio/jun. 2010.

CARMO, DAVI BITTAR DO. *Pasteuria penetrans* e compostos orgânicos voláteis tóxica *Meloidogyne* sp. em cafezais comerciais do sul do Estado de Minas Gerais–Lavras : UFLA, 2012. 63 p. : il. **Dissertação (mestrado)** – Universidade Federal de Lavras, 2012.

CAPÍTULO 11

MICRORGANISMOS HALOTOLERANTES: ESTRATÉGIAS PARA MITIGAÇÃO DO ESTRESSE SALINO NA AGRICULTURA

HALOTOLERANT MICROORGANISMS: STRATEGIES FOR MITIGATION OF SALINE STRESS IN AGRICULTURE

DOI: <https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.11>

Submetido em: 10/12/2023

Revisado em: 12/12/2023

Publicado em: 13/12/2023

Dalila da Costa Gonçalves

Doutoranda em Agronomia, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

<https://orcid.org/0000-0003-3802-2398>

Wilian Rodrigues Ribeiro

Doutor em Agronomia, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

<https://orcid.org/0000-0003-0711-7669>

Serli de Oliveira Cabral

Doutoranda em Genética e Melhoramento,
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

<https://orcid.org/0009-0005-3603-9382>

Vanessa Sessa Dian

Doutoranda em Agronomia, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

<https://orcid.org/0000-0002-5365-2091>

Pedro Henrique de Paula

Graduando em Agronomia, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

<https://lattes.cnpq.br/4697067140884233>

Breno Benvindo dos Anjos

Doutor em Agronomia, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

<https://orcid.org/0000-0003-1379-4471>

Fabio Ramos Alves

Docente, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

<https://orcid.org/0000-0001-5192-4199>

Willian Bucker Moraes

Docente, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

<https://orcid.org/0000-0001-7478-7772>

Laiane Silva Maciel

Doutora em Genética, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

<https://orcid.org/0009-0003-9712-0809>

André da Silva Xavier

Docente, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

<https://orcid.org/0000-0002-9251-0301>

Resumo

A salinização do solo, uma das tensões abióticas mais prejudiciais da agricultura, compromete significativamente a produtividade e o rendimento das culturas. Neste contexto, a busca por abordagens inovadoras que visem mitigar os efeitos nocivos da salinidade torna-se essencial para a sustentabilidade agrícola. Os microrganismos promotores do crescimento das plantas surgem como aliados promissores na mitigação destes impactos, ao mesmo tempo que a compreensão dos mecanismos adaptativos das plantas ao stress salino é essencial para direcionar estratégias eficazes. Este artigo científico explora o papel específico dos microrganismos halotolerantes na promoção da agricultura sustentável em ambientes salinos. Enfatiza as interações benéficas entre microrganismos halotolerantes e plantas cultivadas, examinando seus efeitos na promoção do crescimento, na resistência ao estresse ambiental e na melhoria da eficiência dos nutrientes. O estudo também destaca as adaptações fisiológicas e bioquímicas desses microrganismos para sobreviver em ambientes salinos. A manipulação controlada destes microrganismos surge como uma estratégia promissora no desenvolvimento de soluções sustentáveis para a agricultura em ambientes salinos, apontando para uma forma eficaz de superar os desafios impostos pela salinidade do solo.

Palavras-Chave: Microrganismos, salinidade, adaptações fisiológicas, interações microrganismo-planta, estresse ambiental.

Abstract

Soil salinization, one of agriculture's most harmful abiotic stresses, significantly compromises crop productivity and yield. In this context, the search for innovative approaches that aim to mitigate the harmful effects of salinity becomes essential for agricultural sustainability. Plant growth-promoting microorganisms emerge as promising allies in mitigating these impacts, while understanding the adaptive mechanisms of plants to saline stress is essential to direct effective strategies. This scientific article explores the specific role of halotolerant microorganisms in promoting sustainable agriculture in saline environments. Emphasizes the beneficial interactions between halotolerant microorganisms and crop plants, examining their effects in promoting growth, resisting environmental stress, and improving nutrient efficiency. The study also highlights the physiological and biochemical adaptations of these microorganisms to survive in saline environments. The controlled manipulation of these microorganisms appears as a promising strategy in the development of sustainable solutions for agriculture in saline environments, pointing to an effective way to overcome the challenges imposed by soil salinity.

Keywords: Microorganisms, salinity, physiological adaptations, microorganism-plant interactions, environmental stress.

Introdução

A crescente pressão sobre os recursos hídricos e a expansão da agricultura para áreas anteriormente consideradas inadequadas devido à salinidade do solo, destacam a necessidade de estratégias inovadoras e sustentáveis. Com as perspectivas futuras sobre o clima e suas intensificações, as condições de estresse por salinização podem ser agravadas pelo aumento da evaporação devido à baixa precipitação, aumento da radiação solar, altas temperaturas, além de práticas inadequadas de irrigação, especialmente o uso de águas subterrâneas com altas concentrações de sais (ZHOU *et al.*, 2023).

A salinidade representa uma condição de estresse abiótico ambiental que impõe limitações significativas ao crescimento e à produção de plantas cultivadas. Este fenômeno impacta não apenas a fisiologia da planta, mas também a dinâmica microbiana na rizosfera e as características do solo (PHOUR; SINDHU, 2023). Estima-se que a salinidade dos solos agrícolas está aumentando a uma taxa de até 10% ao ano, e se não mitigado, a salinidade vai ser responsável por impedir que as culturas alcancem o seu rendimento máximo, logo a segurança alimentar pode estar ameaçada (LI *et al.*, 2021).

Um das inúmeras estratégias utilizadas pelas plantas para superar o estresse salino é coabitar com diversos microrganismos halotolerantes. A coabitação entre as plantas e esses microrganismos desencadeia uma série de interações benéficas, promovendo a homeostase osmótica, reduzindo a toxicidade de íons específicos e facilitando a absorção de nutrientes. Além disso, a presença desses microrganismos pode modular as respostas fisiológicas das plantas, conferindo-lhes maior capacidade de adaptação às condições salinas.

Ao estabelecer essa simbiose, as plantas conseguem enfrentar melhor os desafios associados ao estresse salino, resultando em um crescimento mais saudável e, muitas vezes, em um aumento do rendimento. Neste contexto, os microrganismos halotolerantes se destacam como um elemento essencial para ampliar a resistência das plantas às condições ambientais salinas. As pesquisas apontam que as interações planta-microrganismos sob estresse parecem ser amplamente moduladas por comunicações químicas, conseqüentemente, afetando a saúde e o crescimento da planta (LIU *et al.*, 2020).

Este capítulo ressalta a importância dos microrganismos halotolerantes na natureza, destacando suas habilidades distintas para prosperar em ambientes salinos e seu papel no aprimoramento do desenvolvimento das plantas em condições salinas. Adotamos uma metodologia que nos permitiu realizar uma revisão recente da literatura existente, proporcionando uma contextualização eficaz da temática proposta. Para isso, consultamos fontes confiáveis, como Google Scholar, Science Direct e PubMed, utilizando palavras-chave específicas, tais como "Soil Salinization", "Plant–Microorganism Relationship", "Plant Growth Promoting" e "Halotolerant Microorganisms". Após a coleta de dados, optamos por adotar a abordagem de revisão integrativa como método de trabalho. Essa estratégia visa sintetizar conhecimentos, incorporando a aplicabilidade dos resultados de estudos relevantes na prática. Dessa maneira, nosso objetivo principal é consolidar informações essenciais sobre a interação entre microrganismos halotolerantes e plantas, e como estes organismos podem contribuir para uma agricultura mais produtiva e sustentável, especialmente em um cenário global em constante evolução.

Desenvolvimento

- **Condição de Salinidade**

Com a estimativa de uma população mundial de 9,7 bilhões até 2050 (GU *et al.*, 2021), a crescente demanda por alimentos impulsiona o desenvolvimento de estratégias capazes de aproveitar áreas salinas para a agricultura e fomentar o cultivo de plantas adaptadas à salinidade. A salinidade, depois da seca, pode ser considerada o principal estresse abiótico na agricultura.

Quando a concentração de sais no solo aumenta, o potencial osmótico da solução do solo também aumenta. Isso provoca uma queda no potencial hídrico no solo em comparação com as células da raiz, criando uma resistência ao fluxo de água do solo para as plantas (GUPTA *et al.*, 2021). Devido à diminuição da disponibilidade de água e ao aumento do conteúdo intracelular de Na⁺ e Cl⁻, ocorre uma competição com enzimas de absorção e translocação, resultando em uma baixa absorção de água pelas raízes e elementos essenciais, causando um outro estresse devido à deficiência hídrica (FORNI; DUCA; GLICK, 2017), que reduz o turgor celular, perturba as relações hídricas e impacta a eficiência do uso da água nas plantas.

Condições de alta salinidade prejudicam o equilíbrio iônico e osmótico, que inibem o crescimento e a divisão celular normal das células vegetais (KUMAR *et al.*, 2013; ISAYENKOV; MAATHUIS, 2019). Esse desequilíbrio reduz a fixação de CO₂, provocando um excesso de elétrons na cadeia transportadora. Esses elétrons são transferidos para o oxigênio, gerando espécies reativas de oxigênio (EROs), desencadeando estresse oxidativo, a superprodução de EROs leva à peroxidação lipídica e compromete a integridade da membrana (LIU *et al.*, 2021; KESAWAT *et al.*, 2023)

Quando ocorre o acúmulo de sais nas folhas mais velhas, há uma redução significativa na disponibilidade de fotoassimilados para as regiões meristemáticas, resultando em senescência prematura e uma diminuição insustentável na área foliar fotossinteticamente ativa, prejudicando o crescimento das plantas (MUNNS, 1992). Nas folhas jovens, a toxicidade interfere no sistema de membrana e na função dos tilacóides, impactando negativamente o crescimento celular e dificultando o desenvolvimento de novas folhas, resultando em uma redução notável na área foliar, taxa fotossintética e crescimento global das plantas (GUPTA *et al.*, 2021).

A competição pelos sítios ativos enzimáticos, especialmente para o potássio (K⁺), leva ao acúmulo excessivo de íons como o sódio (Na⁺), causando distúrbios metabólicos e fisiológicos que podem provocar danos irreparáveis às plantas (MUNNS; TESTER, 2008). Além disso, o efluxo de K⁺, essencial para a manutenção do turgor e regulação enzimática, também é comprometido (KESAWAT *et al.*, 2023).

Esse desequilíbrio, em especial o efluxo de K⁺, essencial para a manutenção do turgor e regulação enzimática, exerce um efeito negativo no crescimento vegetativo. Esse impacto se estende além, influenciando a germinação, fisiologia e reprodução das plantas, assim como a população microbiana na rizosfera e as características físicas, químicas e biológicas do solo (GOPALAKRISHNAN *et al.*, 2022; TRIVEDI *et al.*, 2020).

À medida que a salinidade impacta a produção de fitohormônios nas plantas, os níveis endógenos dessas substâncias diminuem, criando desafios para a germinação das sementes e prejudicando o desenvolvimento e a produtividade das plantas. Essa cascata de eventos, acompanhada por uma redução na capacidade fotossintética e uma diminuição nos rendimentos, exerce um impacto prejudicial no crescimento das plantas e na produtividade dos cultivos, além de aumentar a suscetibilidade das plantas ao ataque de patógenos (KUMAR *et al.*, 2020; WAADT *et al.*, 2022).

A mitigação do estresse salino pelas plantas demanda a interação de diversas respostas a nível molecular, fisiológico e morfológico. Por exemplo, podemos incluir a

síntese de fitohormônios e/ou reguladores de crescimento vegetal; os osmoprotetores, a ativação positiva de sistemas antioxidantes e a manutenção da homeostase de íons, como o sódio (Na⁺) (RAHMAN *et al.*, 2021; ARORA *et al.*, 2020; TRIVEDI *et al.*, 2020; YU *et al.*, 2020). Diante do estresse salino, as plantas respondem de maneira ágil, ativando mecanismos de tolerância que desencadeiam complexas alterações nas características fisiológicas e morfológicas.

Esses mecanismos de defesa envolvem a ativação de diversas vias de sinalização, mediando a acumulação de fitohormônios, antioxidantes e canais iônicos para enfrentar as condições adversas (WAADT *et al.*, 2022). A interação microbiana fortalece esses mecanismos de defesa, desempenhando um papel crucial na capacidade das plantas de lidar com o estresse salino e impactando positivamente na produtividade das culturas. Além disso, as tecnologias baseadas na utilização de microrganismos surgem como estratégias atrativas, oferecendo uma abordagem ambientalmente sustentável que proporciona múltiplas respostas protetoras contra os efeitos inibitórios de diversos estresses, tanto bióticos quanto abióticos.

- **Microrganismos halotolerantes: estratégias de sobrevivência**

Microrganismos que colaboram para a melhoria do crescimento das plantas são designados como microrganismos promotores de crescimento em plantas (MPCP), e alguns são categorizados como halotolerantes e halofílicos. Os halotolerantes possuem estratégias específicas para equilibrar a pressão osmótica, sendo capazes de sobreviver em ambientes com elevada concentração de sais. Por sua vez, os halófilos necessitam de altas concentrações de sal para seu desenvolvimento. Ambos se destacam pelos seus diversos mecanismos na atenuação do estresse salino, apresentando-se como promissores para aplicações na agricultura biotecnológica (ETESAMI; GLICK, 2020).

A classificação proposta por Kushner e Kamekura (1988), baseada na concentração de NaCl no meio, organiza os microrganismos em categorias de halófilos leves, moderados e extremos, refletindo a aceitação comum na comunidade científica. Essa classificação abrange desde os microrganismos halotolerantes, que apresentam crescimento em meios com concentrações de NaCl inferiores a 1%, até os halófilos extremos, capazes de crescer de maneira ideal em condições de 15–30% de NaCl.

A halotolerância microbiana representa uma capacidade notável diante de ambientes geralmente considerados inóspitos para a maioria dos microrganismos e plantas. Através da liberação de exsudatos radiculares e moléculas sinalizadoras, as

plantas iniciam a formação de um consórcio microbiano na rizosfera, visando promover seus interesses (WAADT *et al.*, 2022). Esses microrganismos colonizam ativamente a rizosfera e desencadeiam a indução da tolerância à salinidade por meio de uma variedade de mecanismo. Esses microrganismos conseguem sobreviver e prosperar nesses locais devido a sua capacidade de controlar a pressão osmótica nas células, visto que a pressão osmótica dentro da célula precisa ser ajustada para corresponder à do ambiente externo (MISHRA *et al.*, 2021; ETESAMI; GLICK, 2020).

Para atingir esse equilíbrio em condições de alta pressão osmótica, os microrganismos halofílicos/halotolerantes empregam dois mecanismos principais: a acumulação de solutos compatíveis e a acumulação de íons inorgânicos no citoplasma. Muitos microrganismos moderadamente halofílicos, como bactérias fotossintéticas e bactérias heterotróficas quimiotróficas aeróbicas, utilizam materiais compatíveis para seus mecanismos de tolerância ao sal.

Por exemplo, as Archaea extremamente halofílicas optam pelo uso de cloreto de potássio como parte integrante desse processo adaptativo ao ambiente salino (DOS SANTOS *et al.*, 2022). Essas estratégias representam adaptações evolutivas sofisticadas que capacitam as bactérias halofílicas a sobreviver e prosperar em ambientes salinos, garantindo a homeostase e a funcionalidade celular mesmo diante das adversidades impostas pelo excesso de sal. Essa complexidade biológica revela a incrível plasticidade adaptativa desses microrganismos frente a condições desafiadoras.

Apesar das condições desafiadoras, esses locais surpreendem ao abrigar uma diversidade de seres vivos, capazes de prosperar mesmo diante de limitações fisiológicas e biológicas. Esses microrganismos representam fontes promissoras de potencial biotecnológico, despertando crescente interesse na comunidade científica. Esse interesse é especialmente significativo ao considerar o possível impacto desses microrganismos na futura revolução agrícola nas próximas décadas (PARNELL *et al.*, 2016).

Microrganismos halotolerantes exibem adaptações fisiológicas e bioquímicas que lhes permitem sobreviver em ambientes salinos (DELGADO-GONZALEZ *et al.*, 2022). Suas membranas celulares são modificadas para resistir à pressão osmótica, e muitos desenvolveram mecanismos de acumulação de solutos compatíveis que ajudam na manutenção da homeostase celular. Além disso, esses microrganismos frequentemente exibem enzimas especializadas que funcionam de maneira eficiente em condições salinas, tornando-os valiosos para a agricultura em solos salinos.

- **Interações microrganismo-planta e a adaptação das plantas à salinidade**

Os MPCP representam uma diversidade abrangente de microrganismos que, ao estimularem o aumento no crescimento e na produtividade vegetal, são considerados agentes benéficos para a vida das plantas (BASILIO *et al.*, 2022). Incluem bactérias, fungos e outros microrganismos que estabelecem relações simbióticas ou associativas com as plantas e proporcionam vários benefícios (KUMAR *et al.*, 2020; TRIVEDI *et al.*, 2020). Dentre eles, destacam-se a solubilização de nutrientes essenciais como fósforo, potássio e ferro, a fixação de nitrogênio atmosférico, a produção de fitohormônios reguladores do crescimento, o controle biológico de patógenos e o aprimoramento da tolerância ao estresse (BESSAI *et al.*, 2022). Esses mecanismos desempenham um papel crucial na otimização da absorção de nutrientes, no reforço da resistência ao estresse e no estímulo ao crescimento global das plantas.

Devido a estas particularidades, os MPCP surgem como parceiros indispensáveis na promoção de práticas agrícolas sustentáveis e na conservação ambiental. Sendo assim, a interação entre as plantas e microrganismos halotolerantes, dotados de propriedades de promoção do crescimento em plantas cultivadas, emerge como um fator essencial para a otimização do rendimento das culturas (SAMAYOA *et al.*, 2020).

No âmbito da biorremediação de solos salinos, essa interação mostra-se promissora na promoção do crescimento de plantas. Estudos evidenciam que a associação entre bactérias halotolerantes e plantas pode melhorar a tolerância à seca e o metabolismo oxidativo das plantas (KUMAR *et al.*, 2020). Além disso, a diversidade da microbiota nativa e a sinergia entre a rizosfera e os microrganismos são fundamentais para a biorremediação de solos salinos. Esses aspectos apresentam potencial para impulsionar a sustentabilidade ambiental e econômica das práticas de biorremediação em solos salinos (DELGADO-GONZALEZ *et al.*, 2022).

No entanto, na literatura, é descrito que o microbioma radicular aprimora as interações entre solo, água e planta, impulsionando o crescimento e desenvolvimento vegetal. Isso ocorre por meio da regulação da homeostase celular, implementação de mecanismos de osmotolerância e/ou osmoproteção, síntese de enzimas relacionadas à defesa, produção de fitohormônios e controle dos níveis de etileno nas plantas (ARORA *et al.*, 2020; TRIVEDI *et al.*, 2020). Esses processos contribuem para proteger a maquinaria celular, conferindo tolerância a elevadas concentrações de sal. Estudos moleculares revelaram que plantas sob estresse salino apresentam níveis mais elevados

de etileno devido aos níveis aumentados de ACC, provocando alterações em diversas funções fisiológicas, logo estratégias que reduzem os níveis de etileno durante o estresse salino favorecem o crescimento das plantas (EGAMBERDIEVA; KUCHAROVA, 2009; ARORA *et al.*, 2020; WAADT *et al.*, 2022).

Nadeem *et al.* (2007) ao investigarem a indução de tolerância ao sal no milho através da inoculação com rizobactérias contendo atividade de desaminase ACC, evidenciaram que o aumento nos níveis de salinidade resultou em uma redução no crescimento das mudas de milho. Entretanto, a inoculação com rizobactérias atenuou esse efeito adverso, resultando em melhorias significativas no crescimento e na produtividade em todos os níveis de salinidade avaliados. Entre as diversas estirpes de rizobactérias promotoras do crescimento de plantas analisadas, *Pseudomonas syringae*, *Enterobacter aerogenes* e *Pseudomonas fluorescens* demonstraram ser as mais eficazes em promover o crescimento e o rendimento do milho, mesmo sob condições elevadas de estresse salino (NADEEM *et al.*, 2007; ARORA *et al.*, 2020).

Staphylococcus kloosii e *Kocuria erythromyxa* foram identificados como microrganismos capazes de induzir tolerância à salinidade em *Raphanus sativus*, produzindo uma enzima antioxidante que elimina as espécies reativas de oxigênio, além de melhorar os efeitos deletérios do estresse salino na nutrição e nos parâmetros de crescimento de plantas de rabanete sob condições de salinidade (YILDIRIM *et al.*, 2008).

A produção de fitohormônios (IAA, giberelinas, citocininas) e a síntese de compostos secundários, como exopolissacarídeos e osmólitos (prolina, trealose e glicina betaínas), por bactérias promotoras do crescimento de plantas (PGPR), desencadeia a modulação dos sistemas de defesa vegetal, ativando enzimas antioxidantes inerentes, especialmente em situações de estresse salino (TRIVEDI *et al.*, 2020). Destaca-se, a inoculação combinada de *B. japonicum* e *P. putida* tolerante ao sal demonstrou agir sinergicamente, melhorando a tolerância da soja ao estresse salino. Essa sinergia resultou em modificações na arquitetura do sistema radicular, facilitando a absorção de nitrogênio e fósforo, e promovendo a formação eficiente de nódulos (EGAMBERDIEVA, *et al.*, 2017; BASILIO *et al.*, 2022).

A inoculação conjunta de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e *B. subtilis* resultou no aumento do crescimento das plantas, na melhoria da aquisição de nutrientes e no aprimoramento do desempenho simbiótico de *A. gerrardii*. Adicionalmente, a presença de *B. subtilis* promoveu a germinação de FMA e a colonização radicular de *A. gerrardii*, especialmente em condições de estresse salino (HASHM *et al.*, 2016). Além

disso, os exopolissacarídeos (EPS) secretados pelos PGPR facilitam a formação de biofilme na superfície das raízes, atuando como uma barreira que pode restringir a entrada de Na⁺ nas raízes (DODD; PEREZ-ALFOCEA, 2012; ARORA *et al.*, 2020).

Os microrganismos tornam as plantas mais ou menos plásticas em resposta a um ambiente em mudança, garantindo sua sobrevivência e/ou melhorando sua aptidão. Além de contribuir para a perpetuação das espécies, essa heterogeneidade é altamente vantajosa em termos biotecnológicos, uma vez que esses microrganismos podem servir como fonte de genes e proteínas envolvidos na adaptação e tolerância das plantas a eventos extremos (TRIVEDI *et al.*, 2020). Adicionalmente, alguns desses microrganismos desempenham um papel ativo na promoção do crescimento das plantas, utilizando uma variedade de mecanismos, incluindo a biodisponibilização de nutrientes minerais e a síntese de compostos bioativos, como fitohormônios e sideróforos (WAADT *et al.*, 2022).

Por exemplo, certos gêneros como *Rhizobium*, *Enterobacter*, *Bacillus* e *Pseudomonas* destacam-se pela notável capacidade de sintetizar fitohormônios. Essas bactérias desempenham um papel vital como fonte de fitohormônios exógenos, liberando esses compostos de maneira a torná-los prontamente disponíveis e benéficos para as plantas (ARORA *et al.*, 2020). Esse processo pode ser especialmente crucial em ambientes salinos, onde a influência dessas bactérias pode ajudar a compensar a redução dos níveis naturais de fitohormônios, contribuindo assim para a resiliência e vitalidade das plantas nessas condições desafiadoras (KUMAR *et al.*, 2020).

A utilização de microrganismos é um ramo da ciência emergente que representa o potencial dos microrganismos em facilitar a luta das plantas contra o estresse salino e importante no contexto da biodiversidade. A introdução controlada de microrganismos halotolerantes pode significativamente aprimorar a capacidade das plantas em tolerar a salinidade, resultando em um notável crescimento vegetal. Biofertilizantes contendo MPCPs podem melhorar a fertilidade, a estrutura e a diversidade microbiana do solo. Isto pode levar a uma melhor ciclagem de nutrientes, à redução da degradação do solo e à melhoria da saúde geral do solo, contribuindo para práticas agrícolas sustentáveis.

Os biofertilizantes podem ajudar a mitigar os impactos das alterações climáticas na agricultura, melhorando a resiliência das plantas a tensões abióticas, como a seca e a salinidade. Isto pode contribuir para manter a produtividade agrícola face às mudanças nas condições ambientais (SYLIA *et al.*, 2021; BASÍLIO *et al.*, 2022). Ao aumentar a disponibilidade de nutrientes, melhorar o crescimento das plantas e aumentar a resistência às tensões ambientais, os biofertilizantes podem contribuir para melhorar o rendimento

das colheitas e a segurança alimentar, especialmente em regiões vulneráveis às alterações climáticas e à degradação do solo. No geral, a utilização de biofertilizantes, especialmente aqueles que contêm MPCP, oferece uma abordagem sustentável e ambientalmente consciente à agricultura, com potenciais benefícios para a conservação do solo, adaptação às alterações climáticas, biodiversidade e segurança alimentar.

- **Desafios nas Aplicações Práticas na Agricultura**

A implementação prática de microrganismos na agricultura pode ser realizada mediante a aplicação da técnica de bioinsumos. Esta abordagem, foi delineada como uma estratégia sustentável para a remediação de solos e águas contaminadas por metais pesados. Pesquisas corroboram que a introdução controlada de microrganismos halotolerantes pode acarretar um substancial aprimoramento na habilidade das plantas em tolerar a salinidade, promovendo crescimento em plantas (ARORA *et al.* 2020; TIMMUSK; NEVO, 2011; TIMMUSK *et al.* 2014). Uma vez selecionadas bactérias com esse potencial é possível a aplicação via inoculação em sementes, mudas ou por meio de aplicação direta no solo.

Apesar da elevada diversidade da comunidade microbiana presente no solo, nem todos os organismos exibem a mesma eficiência nesse processo. As rizobactérias promotoras do crescimento de plantas, por exemplo, destacam-se como um grupo particularmente atraente para essa seleção, sendo alvo de estudo e aplicação em condições salinas ao longo dos últimos anos (ARORA *et al.* 2014; TIMMUSK; NEVO, 2011; TIMMUSK *et al.* 2014; DELGADO-GONZALEZ *et al.*, 2022).

Entretanto, os mecanismos pelos quais eles promovam o crescimento de plantas e ao mesmo tempo aliviam o estresse de salinidade ainda não estão completamente esclarecidos. Isso se deve à complexidade da tolerância ao estresse salino, que engloba uma ampla gama de respostas em níveis molecular, bioquímico, celular e fisiológico, no entanto acredita-se que com o avanço da engenharia genética, compreendê-los pode ser uma ferramenta promissora (ALI *et al.*, 2022). É reconhecido como um grande desafio a identificação de microrganismos-chave capazes de serem utilizados como biofertilizantes ou no desenvolvimento de comunidades microbianas sintéticas eficazes em diferentes condições de estresse.

Considerações Finais

À medida que enfrentamos desafios crescentes na produção de alimentos em ambientes adversos, os microrganismos halotolerantes surgem como aliados valiosos na busca por práticas agrícolas sustentáveis. A compreensão aprofundada de suas interações benéficas com as plantas e a aplicação efetiva desses microrganismos na agricultura pode ser passos cruciais em direção a uma produção agrícola mais resiliente e sustentável em ambientes salinos. O contínuo investimento em pesquisa e desenvolvimento nessa área é imperativo para desvendar plenamente o potencial desses microrganismos, contribuindo não apenas para a adaptação das plantas a condições variáveis, mas também para a mitigação dos impactos das mudanças climáticas. A identificação de microrganismos-chave para uso em biofertilizantes ou no desenvolvimento de comunidades microbianas sintéticas eficazes em diversas condições de estresse é reconhecida como um desafio significativo. A aplicação de ferramentas biotecnológicas, como a engenharia da rizosfera, o sequenciamento de próxima geração e métodos independentes de cultura, apresenta abordagens eficazes para explorar microrganismos não identificados no complexo bacteriobioma associado a diversas espécies de plantas.

Referências

- ALI, B.; *et al.* Role of endophytic bacteria in salinity stress amelioration by physiological and molecular mechanisms of defense: A comprehensive review. *South African Journal of Botany*, v. 151, p. 33-46, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.09.036>
- ARORA, S. *et al.* Micróbios halofílicos para biorremediação de solos afetados por sal. **Revista Africana de Pesquisa em Microbiologia**, vol. 8, n. 33, pág. 3070–3078, 2014. <https://doi.org/10.5897/AJMR2014.6960>
- ARORA, N. K. *et al.* Halo-tolerant plant growth promoting rhizobacteria for improving productivity and remediation of saline soils. **Journal of Advanced Research**, v. 26, p. 69-82, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2020.07.003>
- BESSAI, A. S. *et al.* The plant growth-promoting potential of halotolerant bacteria is not phylogenetically determined: Evidence from two *Bacillus megaterium* strains isolated from saline soils used to grow wheat. **Microorganisms**, v. 11, n. 7, p. 1687, 2022. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11071687>
- BASÍLIO, F. *et al.* Multiple modes of action are needed to unlock soil phosphorus fractions unavailable for plants: The example of bacteria-and fungi-based biofertilizers. **Applied Soil Ecology**, v. 178, p. 104550, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104550>

DELGADO-GONZÁLEZ, *et al.* Interações de microrganismos na rizosfera e seu impacto na biorremediação de solos salinos: uma revisão. **Revista internacional de ciência e tecnologia ambiental: IJEST**, vol. 19, n. 12, pág. 12775–12790, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s13762-022-03930-5>.

DODD, I. C.; PEREZ-ALFOCEA, F. Microbial amelioration of crop salinity stress. **Journal of experimental botany**, v. 63, n. 9, p. 3415-3428, 2012. <https://doi.org/10.1093/jxb/ers033>

DOS SANTOS, C. E. B. *et al.* Arqueas e bactérias extremófilas e hipertermófilas: Archaea and bacteria extremophile and hiperthermophile. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 10, p. 70136-70156, 2022. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n10-343>

EGAMBERDIEVA, D.; KUCHAROVA, Z. Selection for root colonizing bacteria stimulating wheat growth in saline soils. **Biology and fertility of soils**, v. 45, p. 563-571, 2009. <https://doi.org/10.1007/s00374-009-0366-y>

EGAMBERDIEVA, D. *et al.* Coordination between *Bradyrhizobium* and *Pseudomonas* alleviates salt stress in soybean through altering root system architecture. **Journal of Plant Interactions**, v. 12, n. 1, p. 100-107, 2017. <https://doi.org/10.1080/17429145.2017.1294212>

ETESAMI, Hassan; GLICK, Bernard R. Halotolerant plant growth–promoting bacteria: Prospects for alleviating salinity stress in plants. **Environmental and Experimental Botany**, v. 178, p. 104-124, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104124>

FIGUEIREDO, M. V. B. *et al.* Alleviation of drought stress in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by co-inoculation with *Paenibacillus polymyxa* and *Rhizobium tropici*. **Applied soil ecology**, v. 40, n. 1, p. 182-188, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2008.04.005>

FORNI, C.; DUCA, D.; GLICK, B. R. Mechanisms of plant response to salt and drought stress and their alteration by rhizobacteria. **Plant and Soil**, v. 410, n. 1, p. 335-356, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-3007-x>

GU, D. *et al.* **Major trends in population growth around the world**. *China CDC weekly*, v. 3, n. 28, p. 604, 2021. <https://doi.org/10.46234%2Fccdcw2021.160>

GUPTA, S. *et al.* Alleviation of salinity stress in plants by endophytic plant-fungal symbiosis: Current knowledge, perspectives and future directions. **Plant and Soil**, v. 461, n. 1, p. 219-244, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04618-w>

GOPALAKRISHNAN, V. *et al.* From the Lab to the Field: Combined Application of Plant-Growth-Promoting Bacteria for Mitigation of Salinity Stress in Melon Plants. **Agronomy**, v. 12, n. 2, p. 408, 2022. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020408>

HASHEM, A. *et al.* The interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and endophytic bacteria enhances plant growth of *Acacia gerrardii* under salt stress. **Frontiers in microbiology**, v. 7, p. 1089, 2016. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01089>

KESAWAT, M. S. *et al.* Regulation of reactive oxygen species during salt stress in plants and their crosstalk with other signaling molecules - Current perspectives and future directions. **Plants**, v. 12, n. 4, p. 864, 2023.

<https://doi.org/10.3390/plants12040864>

KUMAR, K. *et al.* Insights into genomics of salt stress response in rice. **Rice**, v. 6, n. 1, p. 1-15, 2013. <https://doi.org/10.1186/1939-8433-6-27>

KUMAR, A. *et al.* Plant growth-promoting bacteria: biological tools for the mitigation of salinity stress in plants. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, p. 12-16, 2020.

<https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01216>

KUSHNER, D. J. **Life in high salt and solute concentrations: halophilic bacteria.**

Microbial life in extreme environments, Edited by: Kushner DJ. 1978, London: Academic Press, 317-368, 1978.

KUSHNER, D. J.; KAMEKURA, M. **Physiology of halophilic eubacteria. Halophilic bacteria**, p. 109-138, 1988.

LI, H. *et al.* Salt-induced recruitment of specific root-associated bacterial consortium capable of enhancing plant adaptability to salt stress. **ISME Journal**, v. 15, n. 10, p. 2865-2882, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41396-021-00974-2>

LIU, H. *et al.* Microbiome-mediated stress resistance in plants. **Trends in Plant Science**, v. 25, n. 8, p. 733-743, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2020.03.014>

LIU, J. *et al.* homeostasis and plant salt tolerance: plant nanobiotechnology updates. **Sustainability**, v. 13, n. 6, p. 3552, 2021. <https://doi.org/10.3390/su13063552>

MISHRA, P. *et al.* Plant growth promoting bacteria for combating salinity stress in plants—recent developments and prospects: a review. **Microbiological Research**, v. 252, p. 126861, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2021.126861>

MUNNS, R.. A leaf elongation assay detects an unknown growth inhibitor in xylem sap from wheat and barley. **Functional Plant Biology**, v. 19, n. 2, p. 127-135, 1992. <https://doi.org/10.1071/PP9920127>

NADEEM, S.M. *et al.* Preliminary investigations on inducing salt tolerance in maize through inoculation with rhizobacteria containing ACC deaminase activity. **Canadian journal of microbiology**, v. 53, n. 10, p. 1141-1149, 2007. <https://doi.org/10.1139/W07-081>

PARNELL, J. J. *et al.* From the lab to the farm: an industrial perspective of plant beneficial microorganisms. **Frontiers in plant science**, v. 7, p. 1110, 2016.

<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01110>

PHOUR, M., SINDHU, S.S. Soil Salinity and Climate Change: Microbiome-Based Strategies for Mitigation of Salt Stress to Sustainable Agriculture. In: Parray, J.A. (eds) **Climate Change and Microbiome Dynamics. Carbon Cycle Feedbacks.** Climate Change Management. Springer, Cham. 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21079-2_13

- TIMMUSK, S.; NEVO, E. Plant root associated biofilms: Perspectives for natural product mining. **Bacteria in Agrobiolology: Plant Nutrient Management**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011. p. 285–300.
- TRIVEDI, P. *et al.* Plant–microbiome interactions: from community assembly to plant health. **Nature reviews microbiology**, v. 18, n. 11, p. 607-621, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41579-020-0412-1>
- RAHMAN, Md. M. *et al.* Adaptive mechanisms of halophytes and their potential in improving salinity tolerance in plants. **International journal of molecular sciences**, v. 22, n. 19, p. 10733, 2021. <https://doi.org/10.3390/ijms221910733>
- SAMAYOA, B. E. *et al.* Screening and Assessment of Potential Plant Growth-promoting Bacteria Associated with *Allium cepa* Linn. **Microbes and environments**, v. 35, n. 2, p. ME19147, 2020. <https://doi.org/10.1264/jsme2.ME19147>
- SYLIA A. B. *et al.* Plant Growth Promoting Microbes as Biofertilizers: Promising solutions for sustainable agriculture under climate change associated abiotic stresses. **Plant Science Today**, v. 8, n. sp1, p. 60-76, 2021. <https://doi.org/10.14719/pst.1608>
- STENSTRÖM, E.; NIINEMETS, Ü. Drought-tolerance of wheat improved by rhizosphere bacteria from harsh environments: Enhanced biomass production and reduced emissions of stress volatiles. **PloS one**, vol. 9, no. 5, p. e96086, 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0096086>
- TYAGI, M. *et al.* Bioaugmentation and biostimulation strategies to improve the effectiveness of bioremediation processes. **Biodegradation**, vol. 22, no. 2, p. 231–241, 2011. DOI 10.1007/s10532-010-9394-4.
- ZHOU, H. *et al.* Insights into plant salt stress signaling and tolerance. **Journal of Genetics and Genomics**, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jgg.2023.08.007>
- WAADT, R. *et al.* Plant hormone regulation of abiotic stress responses. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v. 23, p. 680-694, 2022. <https://doi.org/10.1038/s41580-022-00479-6>
- YILDIRIM, E. *et al.* Mitigation of salt stress in radish (*Raphanus sativus* L.) by plant growth promoting rhizobacteria. **Roumanian Biotechnol Lett**, v. 13, p. 3933-3943, 2008. <https://periodicodimineralogia.it/wp-content/uploads/2022/03/20178637.pdf>
- YU, Z. *et al.* How plant hormones mediate salt stress responses. **Trends in plant science**, v. 25, n. 11, p. 1117-1130, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2020.06.008>.

CAPÍTULO 12

LEVANTAMENTO DE PARASITAS GASTROINTESTINAIS DE BEZERROS CRIADOS EM ÁREAS DE VÁRZEA

SURVEY OF GASTROINTESTINAL PARASITES IN CALVES REARED IN FLOODPLAIN AREAS

DOI: <https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.12>

Submetido em: 03/02/2024

Revisado em: 14/02/2024

Publicado em: 19/02/2024

Isabella De Oliveira Bêta

Universidade Federal do Oeste do Pará, PPGGIO, Santarém – PA

<https://orcid.org/0000-0003-2994-5772>

Kedson Alessandri Lobo Neves

Universidade Federal do Oeste do Pará, PPGGIO, Santarém – PA

<http://lattes.cnpq.br/1081832412313971>

Lucas Raphael Mourão Gonçalves

Universidade Federal do Oeste do Pará, PPGGIO, Santarém - PA

<https://orcid.org/0000-0003-4492-1947>

Paulo Sergio Taube Júnior

Universidade Federal do Oeste do Pará, PPGGIO, Santarém - PA

<https://orcid.org/0000-0001-5786-7615>

Jocinei Dos Santos

Universidade Federal do Oeste do Pará, PPGGIO, Santarém - PA

<https://lattes.cnpq.br/1081217288151122>

Gustavo Hallwass

Universidade Federal do Oeste do Pará, PPGGIO, Santarém - PA

<http://lattes.cnpq.br/6840617813796918>

Larissa Andréia Ferreira Sampaio

Universidade Federal do Oeste do Pará, PPGBIO, Santarém - PA

<http://lattes.cnpq.br/2797599110253183>

Gustavo da Silva Claudiano

Universidade Federal do Oeste do Pará, PPGBIO, Santarém - PA

<http://lattes.cnpq.br/6500363801545710>

Jeniffer Gomes da Silva

Universidade Federal do Oeste do Pará, PPGBIO, Santarém - PA

<https://orcid.org/0000-0002-1428-6455>

Giovanna Thaís Vieira Pimentel

Universidade Federal do Oeste do Pará, PPGBIO, Santarém - PA

<http://lattes.cnpq.br/5459579876697081>

Resumo

O presente trabalho objetivou avaliar os principais parasitas gastrointestinais do rúmen de bezerros criados em área de várzea no município de Oriximiná-PA. Foram utilizados seis animais, correspondendo a 10% do total de bezerros da propriedade. Na leitura microscópica das fezes coletadas observou-se a presença de parasitas da grande família dos *Strongilídeos* e *Strongyloides*. Após contagem de ovos por grama de fezes, foi calculada a média do OPG que resultou em um total de 240 *Strongilídeos* e 160 *Strongyloides*. Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que parasitas gastrointestinais acometem os bezerros do presente estudo. Tais resultados demonstram a importância em se realizar um monitoramento das contagens de ovos por grama de fezes (OPG) em bezerros, possibilitando tratamento adequado aos animais acometidos e a implementação de medidas sanitárias preventivas. a necessidade do uso de estratégias integradas que combinem medidas preventivas, como boas práticas de manejo, dando ênfase a importância do uso do OPG como ferramenta para investigação e controle do parasitismo nos animais.

Palavras-chave: Bovinocultura, endoparasitas, OPG.

Abstract

The present work aimed to evaluate the main gastrointestinal parasites in the rumen of calves raised in a floodplain area in the municipality of Oriximiná-PA. Six animals were used, corresponding to 10% of the total calves on the property. When microscopically reading the feces collected, the presence of parasites from the large family of Strongylidae and Strongyloides was observed. After counting eggs per gram of feces, the average EPG was calculated, resulting in a total of 240 Strongyles and 160 Strongyloides. Based on the results obtained, it can be concluded that gastrointestinal parasites affect the calves in the present study. These results demonstrate the importance of monitoring egg counts per gram of feces (EPG) in calves, enabling adequate treatment for affected animals and the implementation of preventive sanitary measures. the need to use integrated strategies that combine preventive measures, with good management practices, emphasizing the importance of using EPG as a tool for investigating and controlling parasitism in animals.

Keywords: Cattle farming, endoparasites, EPG.

Introdução

O estado do Pará possui o rebanho bovino mais comercial do Brasil, tendo o quinto maior do país com mais de 21 milhões e 200 mil cabeças (ADEPARA, 2018). No município de Oriximiná-PA existem aproximadamente 142,6 mil cabeças de gado registrados (ADEPARA, 2019).

A bovinocultura de corte dedica-se ao possesso da produção de carne desde o manejo reprodutivo até o beneficiamento (ARAÚJO, 2009; VENTUROSOS; PEDRO FILHO, 2010). A evolução da pecuária ao longo das décadas levou o Brasil a um protagonismo econômico internacional oriundo da modernização do setor, possibilitando o país ocupar as posições mundiais mais elevadas (SOARES *et al.*, 2016) tendo o segundo lugar de maior produção de carne com o maior rebanho bovino e sexta maior produção leiteira do mundo, a partir de 2003, lidera as exportações de carne bovina (BRASIL, 2011).

Um dos problemas enfrentados pelos produtores é perceber a presença de parasitoses no rebanho, dificultando assim o diagnóstico e a avaliação da carga parasitária. Há uma grande disseminação de parasitas gastrintestinais na pecuária (VENTURINI *et al.*, 2016). A incidência e distribuição destes parasitos apresentam variações regionais e sazonais, dependendo de vários fatores (MOLENTO, 1999), são esses: idade dos animais, alterações climáticas e espécies de parasitas às quais o rebanho está exposto (CHARLES; FURLONG, 1992; NARI; FIEL, 1992; WALLER, 2005). Os animais mais jovens apresentam maior susceptibilidade e pouca resistência a nematoides gastrintestinais, podendo manifestar um efeito danoso relativamente extenso, sobre a performance de crescimento (FURLONG *et al.*, 1993); (NARI; FIEL, 1992).

O Brasil possui condições climáticas que são propícias ao desenvolvimento dos parasitas, favorecendo que a maioria dos bovinos sejam parasitados durante todo o ano. As infecções retardam o desenvolvimento, resultando em baixa produtividade do rebanho gerando grandes perdas econômicas. As más condições da pastagem, o período de seca e o aumento da concentração de animais em certas áreas agravam a situação (LIMA *et al.*, 1990). O crescimento na exploração mais intensiva da pecuária bovina ocasiona aumento na lotação das pastagens, observando-se que, em geral, o manejo adotado é de pastejo contínuo, sem rotação de piquetes (LIMA, 1998).

O filo Nematoda, que é o que possui o maior número de espécies parasitantes nos bovinos dentre os helmintos gastrintestinais (CARNEIRO, 1977; MELO; BIANCHIN, 1977; LEITE *et al.*, 1981; SOUZA, 2004). Segundo Marcela Cezaro (2016) as principais espécies que acometem o trato gastrintestinal de bovinos são: *Cooperia* spp., *Haemonchus* spp., *Trichostrongylus* spp. e *Oesophagostomum* spp. Estudos realizados em diferentes regiões do Brasil mostraram que as espécies mais comuns são as pertencentes aos gêneros *Cooperia* e *Haemonchus* (BIANCHIN, 1991; LIMA, 1995).

A bovinocultura é uma atividade de grande importância econômica para o Estado do Pará, que ocupa o quinto lugar no ranking nacional, com mais de 21 milhões e 200 mil cabeças (ADEPARA, 2018). Possuem lugar de destaque as doenças parasitárias, especialmente as causadas por endoparasitas, tendo em vista que a presença desses parasitas interfere negativamente no índice de produtividade dos bovinos (Moura, 2020). Essas enfermidades acarretam prejuízos significativos à criação de ruminantes, podendo causar um déficit financeiro de grande impacto para economia. As perdas econômicas resultantes do parasitismo gastrintestinal são associadas a efeitos fisiopatológicos em bovinos, são esses: diminuição no ganho de peso; alterações no escore corporal; comprometimento no desempenho reprodutivo e imunológico do bovino parasitado. (SOUSA *et al.*, 2008).

O presente estudo se justifica pelo crescimento exponencial do mercado de carne no estado do Pará. Pesquisas do IBGE apontam que o Pará possui um dos maiores rebanhos de bovinos de corte e a sua criação para economia do Brasil se torna significativa. Animais da desmama são mais sensíveis às verminoses, quando parasitados apresentam baixo desempenho produtivo. Tais enfermidades acarretam prejuízos significativos à criação de ruminantes no país, podendo atingir um déficit anual de aproximadamente 10 bilhões de reais (EMBRAPA, 2000; FORBES *et al.*, 2002)

A carga parasitária e o número de larvas infectantes presentes na pastagem variam ao longo do ano. A viabilidade das larvas na pastagem depende do grau de umidade principalmente. Na estação seca do ano, o número de larvas na pastagem fica reduzido e durante a época chuvosa, essa população aumenta substancialmente (MARCEL, 2011).

O levantamento dos principais parasitas que acometem bezerros criados em área de várzea, tendo em vista que na região esse método de criação e manejo é a realidade de muitas propriedades, se faz necessário para garantir o bem-estar animal e a qualidade da carcaça do gado após o abate.

É importante a adoção de medidas profiláticas, tais como, o controle dos vermes na época correta, realizando um protocolo de aplicação deve obedecer ao controle estratégico, recomenda-se vermifugar os bovinos no início da estação seca, meio da seca e início das águas para o gado de corte. O período coincide nos meses de maio/julho/setembro em aproximadamente 60% do território nacional (MARCEL, 2011).

Um dos principais motivos que acarretam prejuízos pra economia quando se trata de criação de gado são as parasitoses. Os vermes retardam o crescimento dos animais, resultando em uma cria com baixo ganho em desenvolvimento, uma recria e terminação tardia, alongando o ciclo pecuário de corte (MOURA, 2020). Tendo em vista que um dos pontos principais na pecuária de corte é o ganho de peso em um tempo curto para que o abate seja realizado com uma carcaça de qualidade.

O prejuízo envolvendo ecto e endoparasitas está estimado em US\$ 18 bilhões por ano (GRISI, 2013). A mortalidade não é a principal perda dos animais jovens, a infecção por parasitas que afetam o desenvolvimento e o ganho de peso pode levar o animal a deixar de ganhar mais de um quilo em um mês (MINHO, 2015).

No Brasil as condições climáticas são propícias durante todo o ano para o desenvolvimento dos parasitas, facilitando que a maioria dos bovinos sejam parasitados (LIMA *et al.*, 1990). As espécies que mais acometem o trato gastrintestinal de bovinos são: *Cooperia* spp., *Haemonchus* spp., *Trichostrongylus* spp. e *Oesophagostomum* spp. (BIANCHIN, 1991; LIMA, 1995).

Os parasitas do gênero *Cooperia* spp. são os mais prevalentes nos bovinos (Borges *et al.*, 2001), apresentam epidemiologia em áreas temperadas e se alojam no intestino delgado dos ruminantes; Os do gênero *Trichostrongylus* spp. são pequenos e se alojam no abomaso, responsáveis pelas alterações na absorção dos nutrientes, causando diarreia, desidratação podendo levar até a morte, causando impactos negativos na produção (MARTINS, 2019).; *Oesophagostomum* spp. alojam-se no intestino grosso o (DURO, 2010). O parasita de maior relevância é o do gênero *Haemonchus* spp. que se aloja no abomaso dos ruminantes (MEANA MAÑES; ROJO VÁZQUEZ, 2002). Esses parasitos na maioria dos casos estão associados, causando no animal a chamada síndrome da gastroenterite parasitária dos ruminantes (MARTINS, 2019).

As helmintoses gastrintestinais são responsáveis por promover prejuízo ao desenvolvimento dos animais podendo causar desnutrição, distúrbios gastrintestinais,

avitaminoses (SOUZA, 2013). O controle estratégico sugere meses específicos para que ocorra a vermifugação, um tratamento integrado contra carrapatos e parasitas gastrintestinais, são esses os meses de fevereiro, maio, setembro e novembro (MINHO, 2015). Pode se destacar que a principal categoria que o produtor precisa dar atenção é a dos animais criados em pasto/ campo, no período da desmama até os 20-24 meses de idade, que são períodos em que ocorrem consideráveis prejuízos decorrentes de parasitas (LOPES, 2015). É necessário avaliar a epidemiologia dos helmintos em diferentes regiões e conhecer a dinâmica nos animais e na pastagem, os efeitos do controle estratégico de verminose em bovinos apresentam resultados em médio e longo prazo (BIANCHIN; HONER, 1995).

O problema é solucionado momentaneamente com tratamento de anti-helmínticos efetivos no rebanho (CESAR; CATTO; BIANCHIN, 2008). O uso racional e criterioso em algumas circunstâncias consiste em um único método disponível existente, busca identificar os indivíduos mais infectados do rebanho de forma rápida e segura, priorizando o tratamento em animais mais suscetíveis e em períodos de risco (GOMES, 2010).

O controle de endoparasitos mais utilizado continua sendo o químico. Nos últimos anos, a indústria farmacêutica vem desenvolvendo produtos químicos cada vez mais eficazes e seguros (MELO *et al.*, 2013). O uso correto deve seguir as instruções do fabricante, respeitar os períodos e carência para carne e leite, estimar o peso dos animais que serão medicados (PINHEIRO *et al.*, 2002). O anti-helmíntico ideal precisa ter amplo efeito de atividade contra formas maduras e imaturas, possuir alta margem de segurança, ser de fácil administração para um grande número de animais, não deixar resíduos e ser de uso econômico (SANAVRIA, 2014). O uso excessivo de qualquer ferramenta pode torná-la fraca ou sem efeito, desta forma os compostos anti-helmínticos devem ser respeitados, tendo em vista que são recursos preciosos para serem usados frugalmente e estrategicamente no controle de parasitas (HENNESSY, 1997).

Um dos fármacos utilizados na vermifugação de bovinos é o Albendazole, que atua contra formas jovens e adultas de nematódeos gastrintestinais, cestódeos e trematódeos. Utiliza-se também a Piperazina no controle dos nematódeos gastrintestinais na fase adulta. Os Fenotiazínicos também podem ser utilizados e atuam contra as formas adultas de nematódeos gastrintestinais e pulmonares, e a utilização de doses além do recomendado podem causar intoxicação (SANAVRIA, 2014).

Em bovinos adultos não se preconiza o tratamento, pois pode ocorrer a eliminação da pequena carga parasitária e conseqüentemente a perda da resistência, podendo causar casos clínicos agudos. Deve-se, assim, realizar o tratamento apenas quando se identificar casos clínicos. Desta forma, as medidas antiparasitárias precisam ser voltadas principalmente para os animais jovens de até 2 anos de idade, realizando um protocolo de tratamento a cada 30, 60 ou 90 dias dependendo da infestação.

O desmame dos bovinos ocorre quando os animais ainda não desenvolveram imunidade, entre 6 e 8 meses de idade, e pode coincidir com o período da seca, época em que ocorre a diminuição da qualidade e quantidade da pastagem (CATTO, 2015). Diante desse cenário, investir em políticas que promovam uma maior conscientização e a implantação de um programa sanitário que envolva as características epidemiológicas dos vermes e da região, levando em consideração a realidade de cada propriedade se torna uma ferramenta necessária. O teste de contagem de ovos de helmintos por grama de fezes é fundamental (CECÍLIA, 2015). O controle das verminoses na propriedade requer medidas de manejo e principalmente a realização do OPG e Coprocultura que detectam o grau de infecção no animal e de infestação nas pastagens, além dos tipos de vermes presentes. O teste de OPG pode não ser uma técnica muito precisa para bovinos, porém, é a melhor ferramenta para o produtor utilizar, além de ser um método simples, eficiente para detectar o nível de infecção dos animais por nematoides e de baixo custo (MINHO, 2015).

Partindo desta premissa, teve-se por objetivo fazer um levantamento dos principais parasitas gastrointestinais encontrados em bezerros entre 3 e 6 meses, criados em área de várzea de propriedades do município de Oriximiná, Estado do Pará.

Metodologia

O trabalho foi realizado no município de Oriximiná, Oeste do Pará, na localização geográfica 1 ° 45 ' 57 " S 55 ° 51 ' 57 " W. Foram utilizados 6 bovinos (10% do rebanho total da propriedade), entre 3 e 6 meses de idade, de ambos os sexos, aproximadamente seis meses sem vermifugação, da raça nelore. Os animais foram mantidos em área de várzea, com acesso livre à água, capim nativo e suplementação durante o período da seca, entre os meses de agosto a março, e transportados para terra firme durante o período de cheia nos meses de abril a julho, realizou-se a coleta das fezes no mês de maio.

Após selecionados os animais, foram submetidos à coleta de fezes diretamente da ampola retal do animal, e armazenadas na própria luva e mantidas em isopor com gelo em um ambiente refrigerado durante no máximo 12 horas. O material foi processado em laboratório particular utilizando a técnica de contagem de ovos por grama de fezes (OPG) (GORDON; WHITLOCK;1939). Foram usados 2 g de fezes maceradas em 56ml de solução saturada, filtradas e depositadas em Câmara de McMaster. Foi realizada a leitura e identificação dos ovos dos parasitas em microscópio óptico, com objetiva de 10x e feita a contagem dos ovos. O total de ovos encontrados foi submetido ao cálculo:

$$\text{Total de ovos} \times 100.$$

Os dados foram tabulados em planilha modelo Excel e submetidos à estatística para a obtenção das médias do OPG.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos nesse estudo revelaram que as espécies mais presentes no trato gastrointestinal de bezerros criados em várzea são os parasitas da grande família dos *Strongilídeos* e os *Strongyloides*. Foram analisadas amostras de 10% do rebanho da área de várzea, e em todos os animais analisados identificou-se ovos com morfologia sugestiva de *Strongilídeos* e em 0,2% identificou-se ovos com morfologia sugestiva de *Strongyloides*. Os animais foram vermifugados em novembro de 2020 com ivermectina (Ivermax® 3.5%). Os animais apresentaram média de OPG de 240 no total de *Strongilídeos* e 160 no total de *Strongyloides*.

Tabela 1- identificação de *Strongilídeos* e *Strongyloides* encontrados através de Contagem de ovos por grama de fezes (OPG).

GRUPOS	OPG	
	<i>Strongilídeos</i>	<i>Strongyloides</i>
A1	0	0
A2	400	300
A3	200	100
A4	200	100
A5	300	100
A6	100	200
Média	240	160

Fonte: Os autores.

Considerações Finais

Ao concluir a pesquisa sobre o parasitismo em bovinos, é claro que a gestão eficaz das infestações parasitárias é de suma importância para a saúde e produtividade do rebanho. A análise abrangente das diferentes espécies de parasitas identificadas, seus ciclos de vida e os métodos de controle utilizados permitiu uma compreensão mais profunda das complexidades envolvidas. As descobertas reforçam a necessidade do uso de estratégias integradas que combinem medidas preventivas, como boas práticas de manejo, dando ênfase a importância do uso do OPG como ferramenta para investigação e controle do parasitismo nos animais. Além disso, a resistência parasitária é uma preocupação crescente, reforçando a importância da educação contínua para produtores e veterinários sobre práticas sustentáveis de controle. Este estudo irá contribuir para o entendimento das dinâmicas parasitárias em bovinos, e ressaltar a urgência de abordagens e estratégias práticas e flexíveis para lidar com os problemas causados pelos parasitas em bovinos

Referências

- ADEPARÁ; **Equipe gestora estadual**, novembro 2018; Disponível em: <http://www.adepara.pa.gov.br/artigos/equipe-gestora-estadual-do-plano-estrat%C3%A9gico-20172026-discute-suspens%C3%A3o-da-vacina-contr>; acesso: 30 de setembro de 2020.
- ALVES DANIELLE; SANTILIANO FABIANO; ALMEIDA BETHÂNIA; Epidemiologia das helmintoses gastrointestinais em bovinos; **PUBVET**, Londrina, V. 6, N. 25, Ed. 212, Art. 1414, 2012.
- AZEVÊDO DANIELLE; ALVES ARNAUD; SALES RONALDO; Principais Ecto e Endoparasitas que Acometem Bovinos Leiteiros no Brasil, **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**; V. 2 – N o 4 p. 43 – 55, 2008.
- BATISTELLA, M., ANDRADE, R. G., BOLFE, E. L., VICTORIA, D. DE C., SILVA, G. B. S.; Geotecnologias e gestão territorial da bovinocultura no Brasil; **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, (supl. especial), p. 251-260, 2011.
- BIANCHIN, I.; HONER, M. R. Verminose bovina: ocorrência e controle estratégico, **Embrapa Gado de Corte; Embrapa Pecuária Sul**, 17 maio 1995 nº 07.
- Boletim Regional do Banco Central do Brasil – janeiro 2018**; disponível em: <https://www.bcb.gov.br/pec/boletimregional/port/2018/01/br201801b1p.pdf>.
- LETÍCIA MEIRELLES ÁVILA; et al; Principais fitoterápicos utilizados no controle de ectoparasitas e endoparasitas de equinos e bovinos; **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, e359119503, 2020.

LINS JOSÉ; E AL; Eficácia de anti-helmínticos no controle de parasitas gastrintestinais de ovinos no Alto Sertão da Paraíba, Brasil; **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.2, n.4 p.43–55. 2008.

Localização geográfica do município de Oriximiná; disponível:

https://geohack.toolforge.org/geohack.php?pagename=Oriximin%C3%A1¶ms=1_45_57_S_55_51_57_W_type:city_region:BR;

MARCEL JAN; **sanidade animal verminoses causam grandes prejuízos ao produtor**; Jornal Dia de campo, 2011. Disponível:

<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21141&secao=Sanidade%20Animal>; acesso: 02 de dezembro de 2020.

MARCELA C. C.; **Nematódeos gastrintestinais e pulmonares e parâmetros bioquímicos séricos em bezerros naturalmente infectados**; Dissertação de mestrado, julho de 2017 Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/143764>>.

MOURA GUILHERME, **Verminose bovina causa prejuízos a saúde dos animais e na produtividade do rebanho**; Portal do agronegócio; 04/05/2020.

OLIVEIRA, L.A.; FERNANDES, O.C; Pesquisa de endoparasitas em bovinos abatidos no matadouro municipal de Parintins, Amazonas. **Diversidade. Microbiana da Amazônia**. Vol. 1, p. 389, 2015.

Programa territórios sustentáveis; disponível: <http://ecam.org.br/wp-content/uploads/2020/07/Estudo-Cadeia-da-Pecu%C3%A1ria.pdf>; acesso: 30 de setembro de 2020.

Sanidade animal e controle estratégicos dos bovinos; Jornal Dia de campo, 2013. Disponível:

<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=22400&secao=Sanidade%20Animal>; acesso: 02 de dezembro de 2020.

SANCHES JOUSE; **avaliação de diferentes princípios ativos no controle de helmintos gastrintestinais em rebanho ovino na região do taiano**; Trabalho de conclusão do Curso de Bacharelado em Zootecnia, da Universidade Federal de Roraima, 2013.

SANTOS EDUARDA, ET AL; Ocorrência de parasitos gastrintestinais diagnosticados em bovinos pelo laboratório de doenças parasitárias da Universidade Federal de Pelotas (Brasil), nos anos de 2015 a 2017. **Veterinária em Foco**, v.16, n.1, jul./dez. 2018.

SANTOS LIVIA; **Identificação molecular de estrogilídeos gastrintestinais de ruminantes domésticos e sequenciamento do genoma mitocondrial de Haemonchus placei**; Portal Regional da BVS, tese 2106. VETTESSES | ID: vtt-200073.

SOARES DANILO, et al; **Noções básicas sobre bovinocultura de corte**; INTESA – Informativo Técnico do Semiárido (Pombal-PB), v 10, n 2, p53 - 56, Jul - dez, 2016.

VENTURINI TIAGO; GLASENAPP LUIS; **Parasitismo na bovinocultura de corte**; Técnicas de manejo agropecuário sustentável; Técnicas de manejo agropecuário sustentável. Curitiba: UTFPR Editora, p. 117-132, 2016.

CAPÍTULO 13

EFEITO DE EXTRATO DE *K. alvarezii* NO DESEMPENHO DA RÚCULA EM SISTEMA DE CULTIVO HIDROPÔNICO

EFFECT OF K. alvarezii EXTRACT ON ARUGULA PERFORMANCE IN HYDROPONIC GROWING SYSTEM

DOI: <https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.13>

Submetido em: 29/02/2024

Revisado em: 07/03/2024

Publicado em: 10/03/2024

Clarissa Castoldi Facco

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias – Florianópolis –
SC

<http://lattes.cnpq.br/7781929390774155>

Nataniel de Oliveira Amarante

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias – Florianópolis –
SC

<http://lattes.cnpq.br/5916353798822680>

Fernando Luis Diniz D'Avila

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias – Florianópolis –
SC

<https://orcid.org/0009-0001-8644-0351>

Raphael Ramon Buch

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias – Florianópolis –
SC

<https://lattes.cnpq.br/8861530678280477>

Adriel da Silva Alves

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias – Florianópolis –
SC

<http://lattes.cnpq.br/8664116794205489>

Christiane Fernandes de Oliveira

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias – Florianópolis –
SC

<https://orcid.org/0009-0007-6415-6396>

Elelan Vitor Machado

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias – Florianópolis –
SC

<http://lattes.cnpq.br/9185497597006417>

Vitória dos Santos Alves

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias – Florianópolis –
SC

<https://lattes.cnpq.br/4401980715749803>

Leonardo Khaoê Giovanetti

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias – Florianópolis –
SC

<http://lattes.cnpq.br/6760678379712342>

Victor Roberto da Silva

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias – Florianópolis –
SC

<http://lattes.cnpq.br/2287402190969333>

Resumo

O cultivo global da macroalga *Kappaphycus alvarezii* está em ascensão devido à sua facilidade de cultivo e alto rendimento. Esta alga apresenta diversas aplicações, desde alimentação humana até cosméticos, tornando-se uma potencial fonte de renda alternativa para os maricultores. Além disso, estudos indicam que a *K. alvarezii* produz compostos que podem promover o crescimento de várias espécies vegetais, contribuindo para a biossíntese hormonal das plantas. Este estudo teve como objetivo avaliar o impacto do extrato de *K. alvarezii*, produzido em Florianópolis/SC, no crescimento de plantas de rúcula cultivadas em sistema hidropônico. Foram conduzidos quatro tratamentos, com quatro repetições cada, totalizando 16 amostras, utilizando um delineamento experimental quadrado latino. Como resultados não foram observadas diferenças significativas no crescimento das plantas de rúcula entre as diferentes doses de extrato de *K. alvarezii*.

Palavras-Chave: hidroponia, *Eruca sativa* L., floating, maricultura.

Abstract

Global cultivation of the macroalga *Kappaphycus alvarezii* is on the rise due to its ease of cultivation and high yield. This algae has various applications, from human food to cosmetics, making it a potential alternative source of income for mariculturists. In addition, studies indicate that *K. alvarezii* produces compounds that can promote the growth of various plant species, contributing to plant hormone

biosynthesis. The aim of this study was to assess the impact of *K. alvarezii* extract, produced in Florianópolis/SC, on the growth of rocket plants grown in a hydroponic system. Four treatments were carried out, with four replications each, totaling 16 samples, using a latin square experimental design. The results showed no significant differences in the growth of rocket plants between the different doses of *K. alvarezii* extract.

Keywords: hydroponic, *Eruca sativa* L., floating, mariculture.

Introdução

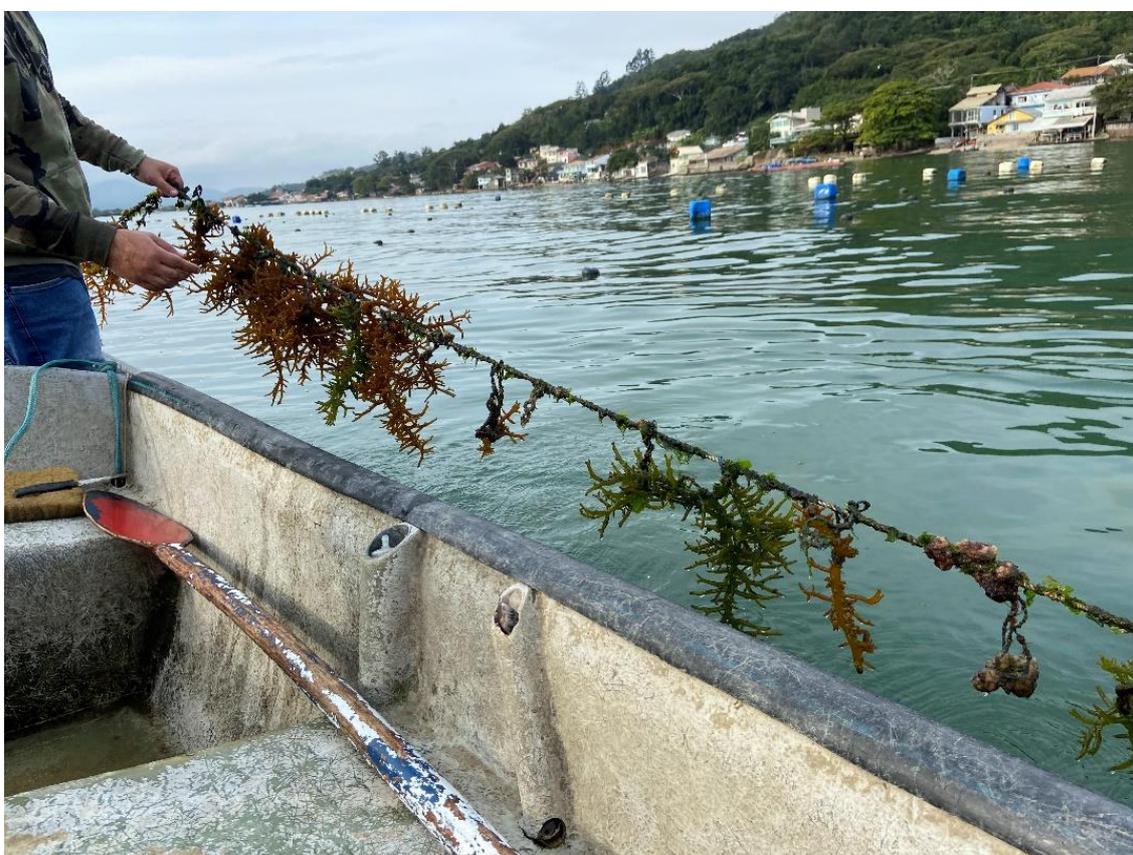
Nos últimos anos, pode-se observar aumento no cultivo de macroalgas em diversas regiões em todo o litoral brasileiro. Dentre essas, uma espécie que está se destacando é a *Kappaphycus alvarezii*. Originária do sudeste asiático, especialmente das Filipinas e da Indonésia, ela é cultivada em larga escala em várias partes do mundo devido à sua facilidade de cultivo e rápida taxa de crescimento, além de contar com técnicas de cultivo bem consolidadas. Esta alga é reconhecida por sua versatilidade de uso para diferentes atividades como por exemplo na alimentação humana, onde pode ser frequentemente utilizada como espessante e estabilizante em uma variedade de produtos, como produtos de panificação, laticínios, sobremesas e alimentos processados. Seu extrato também pode ser empregado na fabricação de cosméticos, produtos farmacêuticos e biotecnológicos.

Além das vantagens citadas, o cultivo de macroalgas representa uma oportunidade promissora para maricultores em todo o mundo, se mostrando uma alternativa viável e lucrativa às práticas tradicionais de aquicultura. Com a crescente demanda por produtos derivados das algas, como ágar e carragenana, o cultivo dessas espécies se destaca como uma atividade econômica. Também a versatilidade de aplicação das macroalgas, desde a alimentação humana e animal até a indústria farmacêutica e cosmética, amplia ainda mais as possibilidades de lucro para os maricultores que podem fornecer material para diferentes áreas.

O uso de extratos de algas na agricultura de maneira geral também está aumentando, atualmente *Ascophyllum nodosum* é a alga mais utilizada e com maior variedade de produtos disponíveis no mercado, porém é uma espécie de origem europeia que se desenvolve em clima próprio da região. Diversos trabalhos demonstram o efeito desta alga nas plantas, que variam da indução de resistência até o estímulo ao desenvolvimento (Arrais *et al.*, 2016; Melo *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2012). Além do *A. nodosum*, outras algas vêm apresentando resultados interessantes na agricultura, como a

Spirulina platensis (Oliveira *et al.*, 2013) e *Lithothamnium calcareum* (Melo, 2003). Essas espécies são extraídas na Europa, na região nordeste do Brasil ou produzidas em reatores, sendo interessante a busca por espécies com potencial agrônomico que possam ser produzidas por maricultores, como a *K. alvarezii*. Destaca-se também que as macroalgas marinhas constituem importante fonte de renda para diversos maricultores da região litorânea do estado de Santa Catarina que, em virtude de dificuldades relacionadas à maricultura, podem obter fonte alternativa de renda com o cultivo das macroalgas. A figura 1 mostra como é realizado o cultivo em Florianópolis/SC.

Figura 1: Cultivo da macroalga *K. alvarezii* no sul da ilha de Florianópolis/SC.



Fonte: FACCO, C. C. (2022).

A hidroponia é um importante sistema de produção, dentre seus inúmeros benefícios podem ser citados: a possibilidade de cultivo em áreas desérticas, onde as formas tradicionais de cultivo não são possíveis; a redução no uso de água (a água circula no sistema, ocorrendo um baixo desperdício e menor uso deste recurso); maior valor agregado nos produtos; redução da incidência de doenças (já que as telas evitam a entrada de pragas e a distância das plantas do chão dificultam o acesso de pragas e patógenos). Além destes benefícios, a hidroponia é uma excelente forma para se estudar o efeito de

diferentes produtos, tais como nutrientes minerais, vitaminas, reguladores de crescimento e biofertilizantes, isto se deve ao fato de a hidroponia constituir de um sistema com maior precisão das condições produtivas presentes, ocorrendo um alto controle de todos os elementos disponibilizados por meio de soluções nutritivas. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito de diferentes concentrações do extrato de *K. alvarezii* produzido no litoral de Santa Catarina em plantas de rúcula cultivadas em sistema hidropônico.

Metodologia

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Hidroponia (LabHidro), no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina em Florianópolis/SC (Latitude 27° 34 '58" Sul e Longitude 48° 30' 20" Oeste) nos meses de maio e junho de 2022. A semeadura e crescimento das plantas de rúcula (*Eruca sativa* L.) ocorreu na casa de vegetação, esta possui estrutura do tipo arco, com 10 m de largura, 30 m de comprimento e 5 m de pé-direito, revestida de tela branca 50% nas laterais e cobertura de filme de polietileno de baixa densidade de 125 micras de espessura. Foram utilizadas rúculas crescidas no sistema de produção de plântulas desenvolvido pelo laboratório, que consiste em uma bancada do tipo NFT com 12% de declividade, local em que as plântulas ficaram durante 14 dias em espuma fenólica, após foi realizado o transplante para vasos hidropônicos, em um sistema do tipo mini floating, sendo este um sistema fechado constituído por um pote plástico com medidas aproximadas de 12 cm x 13,4 cm x 18 cm (altura x largura x comprimento) dotado de funil plástico onde o conjunto plântula e espuma fenólica foi acondicionado (Figura 1). A base do conjunto (espuma fenólica) fica em contato com a solução nutritiva durante todo o tempo. Os potes foram cobertos externamente por fita adesiva de cor prata, a fim de proteger a solução nutritiva da incidência de raios solares e do aumento de temperatura. Foi utilizada a solução nutritiva formulada por Furlani *et al.* (1999) com adaptações de Barcelos-Oliveira (2008), tendo condutividade elétrica de 0,9 dS.m⁻¹.

Figura 2: Sistema floating com planta, espuma fenólica e solução nutritiva.



Fonte: FACCO, C. C. (2022).

O extrato de *K. alvarezii* foi desenvolvido em Florianópolis/SC, junto aos maricultores que produzem a macroalga. Para este experimento foram utilizadas três diferentes concentrações do extrato além do tratamento testemunha, resultando nos seguintes tratamentos: T1 – tratamento sem aplicação de extrato; T2 – aplicação de 8 mL de extrato, T3 – aplicação de 16 mL de extrato e T4 – aplicação de 32 mL de extrato. Para cada tratamento foram realizadas quatro repetições, totalizando 16 unidades experimentais. O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino, em virtude das diferenças na incidência da luz solar além de diferença na concentração de umidade na área adjacente à casa de vegetação.

Foram empregados 1400 mL de solução nutritiva em cada unidade experimental. Primeiramente a solução foi transferida para um béquer plástico e em seguida com auxílio de uma pipeta foi feita adição do extrato, com a concentração acima informada para cada tratamento; foi realizada a mistura da solução e em seguida o composto foi transferido para cada vaso mini floating. A troca da solução ocorreu a cada sete dias durante o período de crescimento da rúcula, seguindo as quantidades indicadas de extrato para cada tratamento. O experimento foi realizado de 17 de maio a 15 de junho de 2022, resultando em 29 dias de crescimento no sistema mini floating somados aos 14 dias no sistema de crescimento de plântulas, totalizando 43 dias de desenvolvimento da rúcula.

A coleta do experimento foi realizada no dia 15 de junho, foram retiradas as plantas do sistema floating e em laboratório foram separadas as raízes da parte aérea. Para a pesagem das raízes, foi retirado o excesso de umidade deixando o material em contato com papel absorvente durante 15 minutos. Na sequência foram avaliados os parâmetros peso da massa fresca da parte aérea e peso da raiz. Para estatística foi realizada ANOVA (análise de variância) e o teste Tukey para separação de médias, com 5% de significância, através do software Sisvar.

Resultados e Discussão

As variáveis massa fresca da parte aérea e massa da raiz estão apresentadas nas tabelas a seguir (Tabela 1 e Tabela 2). As diferentes doses de extrato não proporcionaram incremento na massa das raízes e nem na massa da parte aérea, nas condições deste experimento. A concentração de *K. alvarezii* no extrato não pode ser mensurada pela falta de equipamento próprio para essa finalidade, além de não ter sido obtida tal informação junto ao produtor, em condições ideais conhecer a concentração do extrato auxiliaria na decisão sobre qual medida em mililitros utilizar de extrato. Hipóteses como a forma de armazenamento do extrato ou sua forma de extração, além do local de cultivo e armazenamento das algas bem como as condições ambientais a que foram expostas durante o cultivo podem ser levantadas.

Tabela 1: Análise estatística da parte aérea das plantas de rúcula.

Análise da parte aérea	
Tratamentos	Médias
Testemunha	6,5800 ns*
8mL	7,0225 ns
16mL	6,5625 ns
32mL	6,9650 ns
CV (%): 10,20	*ns: não significativo

Fonte: os autores (2023).

Tabela 2: Análise estatística da raiz das plantas de rúcula.

Análise das raízes	
Tratamentos	Médias
Testemunha	17,2100 ns*
8mL	18,3475 ns
16mL	18,1600 ns
32mL	18,4475 ns
CV (%): 4,81	*ns: não significativo

Fonte: os autores (2023).

No início do mês de junho, durante o experimento, ocorreram sete dias seguidos de baixa luminosidade aliado a chuvas intensas, podendo ser este um fator relevante para o baixo desenvolvimento de massa fresca da parte aérea, de maneira geral no experimento.

Considerações Finais

Não ocorreram diferenças significativas nos tratamentos com utilização de diferentes doses do extrato de *Kappaphycus alvarezii* em comparação com o tratamento testemunha. Sugere-se realização de novos experimentos onde sejam aplicadas quantidades superiores de extrato de *K. alvarezii* em comparação às quantidades utilizadas neste experimento, a fim de demonstrar se em maiores concentrações são produzidos efeitos nas plantas. Sugere-se também a utilização de outras espécies amplamente utilizadas no sistema hidropônico.

Referências

- ARRAIS, Í. G.; ALMEIDA, J. P. N. DE; DANTAS, L. L. DE G. R.; SILVA, F. S. O.; SILVA, C. C. DA; MENDONÇA, V. Extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis na produção de porta-enxertos de *Annona glabra* L. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 2, p. 234–241, 2016. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16378/13340>. Acesso em: 20 ago. 2023
- BARCELOS-OLIVEIRA, J. L. Formulação de correção para alface hidropônica em sistema NFT, com plantas de mesma idade na bancada final. In: II Encontro Sul-Brasileiro de Hidroponia, Florianópolis. **Anais**, Florianópolis, TecArt Editora, 2008, p.18-25.
- FURLANI P.R.; SILVEIRA L.C.P.; BOLONHEZI D.; FAQUIM V. Cultivo hidropônico de plantas. **Campinas**: IAC. 52p. (Boletim técnico, 180), 1999.
- MELO, P. C. DE; FURTINI NETO, A. E. Avaliação do *Lithothamnium* como corretivo da acidez do solo e fonte de nutrientes para o feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, p. 508–519, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542003000300003>. Acesso em: 20 ago. 2023.
- MELO, T. A. DE; ARAÚJO, M. U. P.; SERRA, I. M. R. DE S.; PASCHOLATI, S. F. Produtos naturais disponíveis comercialmente induzem o acúmulo de fitoalexinas em cotilédones de soja e mesocótilos de sorgo. **Summa Phytopathologica**, v. 43, p. 205–211, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/167358>. Acesso em: 20 ago. 2023.
- OLIVEIRA, J. DE; MÓGOR, G.; MÓGOR, Á. Produtividade de beterraba em função da aplicação foliar de biofertilizante. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, p. 18, 2013. Disponível em: <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/13937/9475>. Acesso em: 20 ago. 2023.
- PEREIRA, L.; MORRISON, L.; SHUKLA, P. S.; CRITCHLEY, A. T. A concise review of the brown macroalga *Ascophyllum nodosum* (Linnaeus) Le Jolis. **Journal of Applied Phycology**, v. 32, n. 6, p. 3561–3584, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10811-020-02246-6>. Acesso em: 20 ago. 2023.
- PICKERING, T.D.; SKELTON, P., SULU, J.R. Intentional introductions of commercially harvested alien seaweeds. **Botanica Marina** 50, p. 338-350, 2007. Disponível em: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/BOT.2007.039/html>. Acesso em: 20 ago. 2023.
- SILVA, C. P. DA; *et al.* Desenvolvimento inicial de mudas de couve-folha em função do uso de extrato de alga, *Ascophyllum nodosum*. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 9, 2012. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7410308>. Acesso em: 20 ago. 2023.

CAPÍTULO 14

RESTAURAÇÃO FLORESTAL COM FOCO NA MATA ATLÂNTICA: SÍNTESE DAS PRINCIPAIS TÉCNICAS E RESULTADOS ATRAVÉS DE RESENHAS BIBLIOGRÁFICAS

*FOREST RESTORATION WITH A FOCUS ON THE ATLANTIC
FOREST: SYNTHESIS OF KEY TECHNIQUES AND RESULTS
THROUGH BIBLIOGRAPHIC REVIEWS*

DOI: <https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.14>

Submetido em: 29/02/2024

Revisado em: 07/03/2024

Publicado em: 10/03/2024

Nataniel de Oliveira Amarante

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias - Florianópolis-SC

<http://lattes.cnpq.br/5916353798822680>

Clarissa Castoldi Facco

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias - Florianópolis-SC

<http://lattes.cnpq.br/7781929390774155>

Christiane Fernandes de Oliveira

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias - Florianópolis-SC

<https://orcid.org/0009-0007-6415-6396>

Raphael Ramon Buch

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias - Florianópolis-SC

<https://lattes.cnpq.br/8861530678280477>

Adriel da Silva Alves

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias - Florianópolis-SC

<http://lattes.cnpq.br/8664116794205489>

Fernando Luis Diniz D'Avila

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias - Florianópolis-SC

<https://orcid.org/0009-0001-8644-0351>

Elelan Vitor Machado

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias - Florianópolis-SC

<http://lattes.cnpq.br/9185497597006417>

Jorge Andres Betancur Gonzalez

Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias -
Lages-SC

<https://orcid.org/0000-0002-6777-3361>

Paulo Henrique da Silva Câmara

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias - Florianópolis-SC

<https://orcid.org/0000-0002-2964-7866>

Euvaldo de Sousa Costa Junior

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias - Florianópolis-SC

<https://orcid.org/0000-0003-3359-4944>

Resumo

O bioma Mata Atlântica encontra-se severamente fragmentado devido ao desmatamento, o que torna a restauração florestal uma estratégia fundamental. Este projeto teve como objetivo analisar criticamente 10 estudos sobre técnicas de restauração empregadas nesse bioma. Realizou-se revisão bibliográfica sistemática para selecionar artigos que abordavam métodos como plantio de mudas, manejo florestal e sensoriamento remoto. Os resultados demonstram o potencial dessas técnicas, mas também apontam indicadores preocupantes de degradação, como a perda de vegetação nativa. A resiliência florestal é discutida, porém destaca-se que as constantes perturbações antrópicas comprometem essa capacidade. Conclui-se que iniciativas integradas de restauração, manejo ambiental responsável e monitoramento contínuo, com envolvimento social, são essenciais para reverter o atual cenário de fragmentação da Mata Atlântica.

Palavras-chave: Restauração florestal. Mata Atlântica. Manejo sustentável. Sensoriamento remoto. Sustentabilidade

Abstract: The Atlantic Forest biome is severely fragmented due to deforestation, making forest restoration a fundamental strategy. This project aimed to critically analyze 10 studies on restoration techniques employed in this biome. A systematic literature review was conducted to select articles addressing methods such as seedling planting, forest management, and remote sensing. The results demonstrate the potential of these techniques but also highlight concerning indicators of degradation, such as the loss of native vegetation. Forest resilience is discussed, yet it is emphasized that constant anthropogenic disturbances compromise this capacity. It is concluded that integrated initiatives of restoration, responsible environmental management, and continuous monitoring, with social involvement, are essential to reverse the current scenario of fragmentation of the Atlantic Forest.

Keywords: Forest restoration. Atlantic Forest. Sustainable management. Remote sensing. Sustainability.

Introdução

A Mata Atlântica é um dos biomas mais biodiversos e ameaçados do mundo, com apenas cerca de 12% de sua cobertura florestal original remanescente (SOS MATA ATLÂNTICA, 2020). Séculos de exploração madeireira e conversão de suas florestas para fins agropecuários e urbanos resultaram em uma paisagem severamente fragmentada (CARDOSO, 2016).

A degradação desse bioma representa sérias ameaças à biodiversidade e a serviços ecossistêmicos vitais como regulação climática, ciclagem de nutrientes e provisão de água limpa (OLIVEIRA-FILHO *et al.*, 2000). A restauração florestal, portanto, é estratégica para reverter esse quadro.

Diversas técnicas vêm sendo aplicadas com esse propósito, incluindo plantio de mudas, condução da regeneração natural e enriquecimento da vegetação (HOLL *et al.*, 2011; REIS *et al.*, 2014; TRENTIN *et al.*, 2018). No entanto, faz-se necessária uma avaliação crítica mais aprofundada da efetividade dessas intervenções em recuperar não somente a estrutura e composição, mas também funções e processos ecossistêmicos fundamentais.

Este estudo buscou realizar uma revisão sistemática da literatura enfocando especificamente a relação entre técnicas de restauração na Mata Atlântica e parâmetros como índice de área foliar, abertura de dossel e estrutura florestal.

Metodologia

A revisão sistemática foi realizada por meio de buscas nas bases de dados Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, Scopus e Google Acadêmico. Utilizou-se palavras-chave relacionadas aos temas centrais do estudo, como índice de área foliar (IAF), abertura de dossel, restauração ecológica e sensoriamento remoto.

Os títulos mais relevantes foram selecionados e sua leitura priorizou os resumos e conclusões para identificar os estudos mais significativos para os objetivos propostos. Ao todo, foram incluídos 10 artigos científicos.

Para cada artigo, foram extraídas informações padronizadas, incluindo: título completo, instituição/local do estudo, objetivo geral, questões/hipóteses principais, métodos/abordagens analíticas, resultados/conclusões e limitações apontadas pelos autores.

Essas informações foram consolidadas e sintetizadas de forma a examinar criticamente as técnicas de restauração florestal empregadas na Mata Atlântica, com foco na sua relação com parâmetros ecossistêmicos fundamentais. O intuito foi fornecer informações valiosas para promover a recuperação e conservação desse bioma.

Resultados e discussões

Foram realizadas resenhas individuais de 10 estudos selecionados pela revisão sistemática sobre técnicas de restauração florestal empregadas na Mata Atlântica (os títulos e os nomes completos dos autores podem ser consultados na seção de Referências deste trabalho). Devido à heterogeneidade dos estudos, optou-se por consolidar os resultados de forma narrativa, conforme apresentado a seguir.

As referências completas dos 10 estudos resenhados podem ser encontradas ao final deste trabalho. Optou-se por não citar os autores de cada resenha individualmente no corpo do texto para não sobrecarregar a leitura e discussão integrada dos resultados.

• Padrões ecológicos do estrato herbáceo em florestas costeiras do sul do Brasil

A introdução contextualiza a motivação do estudo, enfocando a avaliação dos padrões de diversidade e composição florística do estrato herbáceo nessas florestas. Explora-se o conceito de fragmentação de habitat e seus efeitos negativos, como a perda de biodiversidade e o isolamento geográfico. Além disso, são discutidos os conceitos de diversidade e variação florística, relacionando-os aos fatores ecológicos que influenciam o estrato herbáceo.

O estudo abrangeu 23 fragmentos florestais na planície costeira, incluindo três tipos principais de florestas: arenosa, turfosa e pluvial. Investigou-se se a diversidade e a contribuição relativa de cada forma de vida vegetal diferiam entre os tipos florestais e quanto a variação florística do estrato herbáceo contribuía para essa diferenciação.

Os métodos incluíram amostragem do estrato herbáceo, classificação das espécies em formas de vida, cálculo de parâmetros de diversidade e análises multivariadas. A coleta foi realizada em parcelas estabelecidas nos fragmentos florestais, com classificação das plantas de acordo com a taxonomia vegetal.

Os principais resultados indicaram que a Floresta pluvial apresentou maior diversidade em relação à floresta turfosa, destacando-se a maior riqueza e abundância de árvores na floresta pluvial e de herbáceas na floresta turfosa. Este estudo representa o

primeiro levantamento em grande escala geográfica sobre a diversidade e diferenciação florística do estrato herbáceo nas florestas costeiras do sul do Brasil.

- **Estoque de necromassa em floresta não manejada e manejada no Amazonas**

Na introdução, destaca-se a vastidão da Amazônia, sua rica biodiversidade e a importância de compreendermos o papel dessas florestas no balanço do carbono atmosférico. Define-se a necromassa como matéria orgânica morta presente no solo das florestas, crucial para o estoque de carbono, e discute-se a relação entre atividades de manejo e variações na necromassa. A pesquisa visa quantificar a volumetria da necromassa, comparar estoques entre diferentes áreas e níveis de manejo florestal, e confrontar os dados do inventário florestal contínuo com os das áreas de estudo.

Os métodos utilizados envolvem inventário florestal em parcelas permanentes, cubagem rigorosa dos troncos, estimativas de peso, volume e carbono, e análises estatísticas para comparação entre áreas e tratamentos.

Entre os principais resultados, destaca-se que a floresta manejada apresentou um estoque superior de necromassa em comparação com a não manejada. Não houve influência identificada da intensidade de exploração no estoque de necromassa. As estimativas do inventário florestal mostraram-se adequadas para calcular o estoque de necromassa, com um modelo volumétrico preciso para a área não manejada.

Este estudo ressalta a relevância da necromassa como componente-chave na quantificação de carbono e biomassa em florestas.

- **Proposta metodológica para classificação de estágios de regeneração da mata atlântica**

A introdução destaca a importância da proteção ambiental individualizada e do equilíbrio ecológico, além da necessidade do licenciamento ambiental para projetos que impactam os recursos naturais. É ressaltada a falta de regulamentação específica para a classificação dos estágios sucessionais das florestas nativas, indicando a possibilidade de revisão da norma, com base em métodos não quantitativos que visam compreender melhor a sucessão através da flora.

As hipóteses consideradas incluem a utilização de elementos da fitossociologia florestal para classificação, a padronização da coleta de dados não dendrométricos para aumentar a confiabilidade, a integração de dados qualitativos e não qualitativos para

fortalecer a acuracidade na classificação e a utilidade da metodologia proposta para analistas ambientais e peritos criminais.

O método proposto adapta o método fitossociológico de Braun-Blanquet para amostragem de variáveis não dendrométricas, como cobertura e frequência das espécies vegetais. As etapas incluem a estratificação horizontal da vegetação com apoio de geoprocessamento, a amostragem em parcelas do inventário florestal, a análise dos dados com base na Resolução CONAMA 04/94 e o refinamento dos resultados com integração de dados dendrométricos.

Os principais resultados destacam a viabilidade da metodologia proposta para classificação de estágios de regeneração florestal, promovendo o reconhecimento da biodiversidade e complexidade do ecossistema. São sugeridas melhorias nas técnicas de coleta e análise de serapilheira e espécies indicadoras, assim como a integração de formulários e técnicas para aumentar a confiança na classificação sucessional da floresta.

- **Recuperação do dossel 4 anos após exploração madeireira em florestas secundárias**

A pesquisa abordou a recuperação do dossel quatro anos após a exploração madeireira em florestas secundárias. Os autores destacaram a importância de compreender a dinâmica florestal para orientar práticas de manejo, especialmente em paisagens tropicais dominadas por florestas secundárias. Observaram que, apesar da expansão dessas florestas, há poucos estudos sobre o tema, principalmente devido a desafios legais e à falta de especialistas na área.

Para investigar a recuperação do dossel, utilizaram técnicas de foto hemisférica para analisar a taxa de abertura de dossel (AD), o índice de área foliar (IAF) e a fração direta e difusa da radiação absorvida fotossinteticamente ativa (FAPAR). O experimento foi conduzido em Santa Catarina, Sul do Brasil, em uma área previamente explorada e fragmentada, que recebeu enriquecimento de mudas e manejo adequado.

Os resultados mostraram que a AD e a FAPAR triplicaram após a supressão, mas se estabilizaram ao longo do tempo. O IAF também diminuiu após a colheita, porém apresentou valores maiores do que os registrados inicialmente. Todos os parâmetros analisados mostraram resultados positivos ao final do experimento, indicando a recuperação do dossel em quatro anos.

Os autores destacaram a importância de futuros estudos com dados coletados a alturas superiores a 1,30 m, considerando o crescimento de arbustos e herbáceas.

Concluíram que há uma relação fraca entre a recuperação do dossel e os níveis de exploração da Mata Atlântica, sugerindo a necessidade de uma investigação mais aprofundada.

Além disso, sugeriram a inclusão da análise do número de indivíduos que atingiram mais de 30 cm de diâmetro após os quatro anos, visando entender melhor os impactos da colheita de madeira em florestas secundárias e o tempo necessário para a recuperação do dossel. Esses resultados contribuem para o entendimento dos efeitos da atividade madeireira nessas florestas e para orientar práticas de manejo mais sustentáveis.

- **Detecção de estágios sucessionais por sensoriamento remoto em fragmentos florestais no RS**

O objetivo principal do estudo é mapear os estágios sucessionais da Floresta Estacional Semidecídua na Serra do Sudeste do Rio Grande do Sul, utilizando dados de sensoriamento remoto e técnicas de aprendizagem de máquina na plataforma Google Earth Engine. Os objetivos específicos incluem avaliar a potencialidade dos dados Sentinel-1, Sentinel-2 e SRTM, analisar o desempenho de algoritmos como Support Vector Machine, Classification and Regression Tree e Random Forest na classificação desses estágios sucessionais, e gerar mapas detalhados, avaliando a qualidade dos resultados obtidos.

Na introdução o autor trata da importância de floresta e sua biodiversidade, e que aprimorar técnicas de monitoramento florestal é muito relevante para estudos de impactos ambientais, tratou sobre as principais diferenças entre florestas secundárias, primárias e seus estágios de sucessão, a relevância de mapear estes estágios para auxiliar aplicações variadas de manejo, monitoramento e conservação, o trabalho contou com dados de Alto do Canguçu no RS que mostrou uma lacuna de estudos biodiversos sobre a floresta e seus estágios sucessionais. A área de estudo foi abordada na metodologia, que foi Alto de Canguçu no RS onde existe uma formação granítica, localizado no bioma Pampa, em áreas como Estepe, e Floresta Estacional Semidecídua, foram utilizados modelos digitais de elevação dados ópticos e dados de radar. utilizou-se dados do Sentinel - 2 Sentinel -1 SRTM, buscaram épocas, onde tinha menos interferência de nuvens, optando pela primavera onde conseguiram presença de nuvens menores que 10%. Fizeram coletas de dados a campo para originar as camadas vetoriais para o treinamento dos classificadores, as classes, foram Lâmina da água, Agricultura, Campo, Silvicultura, Floresta Secundária em estágio Médio e estágio Avançado de 18 unidades amostrais de 20x50m.

De todos os testes, os que mais foram exatos, foram os retornos do algoritmo Random Forest que atingiram exatidão da classificação de 93 a 97%, seguidos do Classificador Cart superior a 90%. Concluíram que essas ferramentas em conjunto apresentam potencial para a classificação dos estágios sucessionais, principalmente os estágios médios e avançados para os estudos da região.

- **Mapeamento de fragmentos florestais para planos municipais da mata atlântica**

O tema abordado é o sensoriamento remoto e sua aplicação no acompanhamento ecossistêmico, utilizando imagens orbitais e processamento digital para mapear recursos naturais e combater a degradação, especialmente causada por atividades humanas. O autor tem como objetivo desenvolver um método para mapear fragmentos florestais, distinguindo vegetação secundária e elementos silviculturais, a fim de gerar dados relevantes para a elaboração de Planos Municipais para a Mata Atlântica.

A eficiência dos índices Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e fluxo de dióxido de carbono (CO²Flux) no mapeamento de fragmentos florestais foi avaliada, assim como a classificação dos fragmentos quanto à formação fitoecológica e a porcentagem presente em áreas protegidas. Os estudos indicaram que o CO² flux foi mais eficaz na cartografia da vegetação.

No referencial teórico, foram introduzidos conceitos de sensoriamento remoto, análise de imagens orbitais e vegetação, destacando a eficiência dos índices espectrais na interpretação computacional de assinaturas espectrais. Além disso, foram discutidos aspectos da Mata Atlântica, sua importância e legislação de proteção, incluindo o Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica.

Na metodologia, foi mencionado que Orleans está predominantemente inserida na Floresta Ombrófila Densa, com altitudes superiores a 1000 metros em alguns locais. Foi apresentado um fluxograma de processamento de trabalho envolvendo os softwares ArcGIS e InterIMAGE para processamento e interpretação de imagens do Sentinel-2, seguido pela análise de fragmentos no ArcGIS, considerando regras de escalonamento definidas por decreto federal.

As conclusões destacaram que o mapeamento de fragmentos florestais pode monitorar a dinâmica da paisagem temporalmente, auxiliando na elaboração de planos municipais para a Mata Atlântica. Houve dificuldade na diferenciação de espécies secundárias, sendo o CO²Flux mais eficiente e menos conflituoso que o NDVI. Cerca de 58% do território está coberto por vegetação, sendo que 72% dela está em áreas de

preservação. Foi ressaltado o potencial de ferramentas gratuitas para a definição de áreas prioritárias de recuperação ecossistêmica.

- **Mapeamento de degradação no MATOPIBA usando dados de sensoriamento remoto**

A introdução destaca que a degradação e compactação do solo afetam 52% das áreas agricultáveis do mundo, prevendo pioras devido ao crescimento populacional. O Brasil, com vasto território, pode aumentar a produção, mas requer um equilíbrio entre produtividade e sustentabilidade. O estudo foca no cerrado, visando avanços no manejo para reverter a perda de serviços ecossistêmicos. Na região MATOPIBA, a monocultura de soja cresceu 253% em 14 anos, enquanto 50% das áreas nativas do cerrado foram perdidas em 40 anos.

O objetivo é detectar áreas degradadas no MATOPIBA. A pesquisa questiona quais áreas estão degradadas e quais fatores explicam isso. Foram usados dados de sensoriamento remoto Landsat, índices NDVI e aprendizado de máquina para mapear áreas degradadas. O MATOPIBA inclui Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. O algoritmo CFMask tratou ruídos de nuvens nas imagens. A validação, usando Scikit-learn, mostrou que o modelo de árvore de decisão com oito níveis teve 97,5% de precisão global e kappa de 0,95.

A conclusão destaca a alta degradação na região, alertando para pioras sem ações. O cerrado é frágil às ações humanas, podendo chegar a níveis irreversíveis. O estudo, usando sensoriamento remoto e aprendizado de máquina, detectou a degradação, enfatizando a conservação e novos manejo. Sugere avaliações para diferenciar níveis de degradação, úteis na gestão agrícola e políticas públicas, identificando áreas prioritárias para recuperação.

- **Análise do comportamento espectral da cobertura vegetal em área de caatinga após estiagens**

As principais questões exploradas são os impactos das secas e da ação humana na cobertura vegetal da caatinga no município estudado. Os métodos utilizados foram geoprocessamento e sensoriamento remoto, através do processamento de imagens TM/Landsat.

O trabalho se insere no contexto da problemática ambiental e que há urgência de estudos que mostrem os impactos das ações humanas no ecossistema e o uso de sensoriamento remoto e geoprocessamento podem descrever essa realidade.

Na metodologia discute a relação da degradação ambiental com as condições socioeconômicas da população local informando que a região de São João do Cariri no Paraíba que antigamente era forte na produção de sisal e algodão perdeu espaço para a Agropecuária em geral que no seu estilo de manejo nada contribui para a sustentabilidade do ambiente.

Os resultados informam perda de recursos genéticos em diversos pontos, principalmente próximo a rios com presença humana e áreas produtivas. Redução de vegetação densa e semi densa, além da expansão de áreas com solo exposto, por ter de manter os animais vivos e produtivos, é utilizado vegetação nativa para mantê-los como a prática de queima de cactos o que corrobora para a aceleração de impactos ambientais negativos na região.

Os autores concluem que a Caatinga está sofrendo com a antropização da área e que é extremamente necessário ações para reverter esse quadro de degeneração dos habitats, não importando a origem da solução.

- **Influência da recuperação de solo pós-mineração sobre a mesofauna edáfica em SC**

Na introdução eles trazem que as áreas passaram por mineração sendo reconstruídas após o uso e que pesquisas utilizando a fauna invertebrada é pouco explorada para monitorar áreas ao longo do tempo com histórico de mineração. As principais questões são: como a recuperação do solo após mineração afeta a densidade e diversidade de grupos da fauna edáfica em diferentes épocas do ano; e se existem diferenças entre as áreas recuperadas e a mata nativa quanto à composição da fauna edáfica.

Os métodos foram aplicados em duas áreas que passaram por mineração e processos de reconstrução: uma área de campo naturalizado e a área controle que foi um campo nativo. Para a recuperação das minas foram usadas estratégias como rejeito piritoso, regolito argiloso, rochas, plantio de gramíneas, cama de aviário, calcário dolomítico e outras práticas. Fizeram a coletas de mesofauna, amostras de solo a 5cm de profundidade. Para a conservação dos organismos coletados foi usado álcool 70% e para o processo de identificação foi feito com lupa binocular. A análise química contribuiu

com dados de PH, Ca, Mg, Al, P e K, além da matéria orgânica, ainda os autores quantificaram o teor de umidade e a temperatura do solo. Obtiveram resultados de densidade, frequência relativa e a riqueza dos grupos de táxons.

Os principais resultados foi que houve variação na densidade e riqueza entre épocas relacionada ao clima; Acari, Collembola e Formicidae foram os grupos dominantes; a riqueza de grupos não foi afetada pelo processo de recuperação, ao total foram encontrados 19 táxons, a mata nativa apresentou maior riqueza de biodiversidade sendo a única a ter o grupo bioindicador de equilíbrio ecológico o Pseudoscorpionida. Os resultados podem auxiliar no monitoramento e manejo de áreas em recuperação após mineração visando a restauração da fauna edáfica. Uma limitação é que o histórico completo das áreas não estava disponível, dificultando algumas interpretações.

- **USo do NDVI para análise da degradação na área de influência do açude Castanhão**

O resumo trata do aumento da degradação do ecossistema, a falta de umidade no solo, os processos erosivos e a tendência à desertificação. Cita o estado do Ceará como terra majoritariamente inserida em território semi-árido, e ferramentas de sensoriamento e o uso de Índices de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) podem ler o meio ambiente e gerar informações sobre a degradação das áreas de estudo.

A introdução relata que a humanidade explora a natureza com o intuito de sobreviver, porém de forma não sustentável. O objetivo geral da pesquisa é analisar a degradação ambiental na Área de Influência Direta do Açude Castanhão, avaliando o padrão de cobertura vegetal. As principais questões exploradas no trabalho são o estado de conservação da vegetação no entorno do Açude Castanhão e como isso se relaciona com a degradação ambiental na região. Buscam através desse trabalho formas de garantir quantidade e qualidade hídrica e do solo da região.

Nos métodos trataram sobre o uso de modelos digitais de elevação, utilizarão sensoriamento remoto, com imagens de satélite Landsat, e o cálculo do índice de vegetação NDVI para avaliar a cobertura vegetal. Os principais resultados são que houve aumento das áreas com baixa cobertura vegetal entre 2004 e 2014, indicando possível aumento de áreas degradadas. As principais contribuições são a análise espaço-temporal da cobertura vegetal como indicador de degradação ambiental na região de influência do Açude Castanhão.

Com os resultados e considerações, foi construído mapas temáticos com diferentes índices, para detectar as diferentes coberturas florestais em forma de classes de cobertura vegetal, sem cobertura, com baixa cobertura, moderada cobertura e alta cobertura. Foi notado que a maior parte dos solos da região é muito raso com rochas afloradas, que comprometem a resiliência de aquíferos. O estudo da cobertura vegetal por sensoriamento remoto pode apoiar pesquisas em agroecossistemas e restauração florestal, fornecendo informações sobre o estado da vegetação e o ambiente em geral.

- **Análise dos dados**

Devido à heterogeneidade dos estudos, os dados foram sintetizados de forma narrativa. Os resultados foram resumidos e organizados em tabelas por desfecho e tipo de intervenção. As medidas de efeito e associação reportadas pelos estudos individuais foram comparadas qualitativamente.

Resultados

Devido à heterogeneidade dos estudos, optou-se por uma abordagem de síntese narrativa (Quadro 01) para consolidar os dados coletados. Os resultados foram resumidos e organizados em tabelas, considerando os desfechos e os tipos de intervenção avaliados. As medidas de efeito e associação apresentadas pelos estudos individuais foram analisadas qualitativamente, permitindo uma compreensão abrangente das técnicas de restauração florestal na Mata Atlântica.

Quadro 01: Síntese dos principais aspectos e resultados dos estudos revisados sobre técnicas de restauração florestal na Mata Atlântica, contendo: Referência (autor, ano), onde foi realizado o estudo (localização), delineamento do estudo (experimental, observacional), técnica de restauração avaliada, principais resultados obtidos.

(Continuação)

Autor	Ano	Localização	Delineamento	Técnica de Restauração	Principais Resultados
Santos Junior	2019	RS Brasil	Observacional	NA	Maior diversidade herbácea na floresta pluvial.

					Árvores mais abundantes na pluvial e herbáceas na turfosa.
Freitas	2017	AM Brasil	Experimental	Comparação de florestas manejadas e não manejadas	Estoque maior de necromassa na floresta manejada.
Name	2022	SC Brasil	Proposição metodológica	Proposta para classificar estágios de regeneração considerando parâmetros qualitativos	Promove o reconhecimento da biodiversidade e complexidade do ecossistema.
Likoski <i>et al.</i>	2021	SC Brasil	Experimental	Exploração madeireira	Recuperação dos parâmetros do dossel após 4 anos
Costa	2021	RS Brasil	Observacional	Classificação de estágios sucessionais	Acurácia de 97% combinando dados ópticos, radar e geomorfométricos
Conto	2019	SC Brasil	Observacional	Mapeamento de fragmentos florestais	Mapeou fragmentos para apoiar Planos Municipais

Vieira <i>et al.</i>	2021	MATOPIBA, Brasil	Observacional	Detecção de degradação do solo	Mapeou 0,63% da região como degradada
Pereira <i>et al.</i>	2008	PB Brasil	Observacional	Análise do comportamento espectral da vegetação	Redução da vegetação densa devido a secas e pressão antrópica
Oliveira Filho <i>et al.</i>	2014	SC Brasil	Experimental	Recuperação de solo pós-mineração	Influência apenas em alguns grupos da mesofauna
Albuquerque <i>et al.</i>	2019	CE Brasil	Observacional	Análise do NDVI	Aumento de áreas com baixa cobertura vegetal

Fonte: Acervo pessoal.

Dessa forma, consegue-se ter uma visão integrada dos métodos e resultados dos 10 estudos de forma concisa e clara. Pode-se então discutir quais foram as técnicas mais utilizadas, seus pontos positivos e negativos.

Conclusões

As técnicas de restauração florestal mais empregadas nos estudos foram o plantio de mudas nativas, a exploração madeireira manejada e o mapeamento por sensoriamento remoto de fragmentos e estágios sucessionais. Essas metodologias mostraram potencial para apoiar a recuperação e a gestão sustentável das florestas.

Contudo, os trabalhos também revelaram diversos indicadores quantitativos e qualitativos de degradação dos ecossistemas florestais na Mata Atlântica e em outros biomas. Entre os principais sinais de degradação, destaca-se a redução de áreas de vegetação densa e expansão de solo exposto, a diminuição da cobertura vegetal.

As análises indicam que a biodiversidade e a estrutura complexa das florestas permitem certo potencial de resiliência e regeneração natural mesmo após perturbações

significativas. Porém, a intensificação das pressões antrópicas compromete cada vez mais essa capacidade auto integrativa dos ecossistemas.

Portanto, para reverter quadros de degradação, são necessários esforços contínuos, conciliando iniciativas de restauração ativa com um manejo e monitoramento ambientalmente responsáveis. As técnicas de sensoriamento remoto se destacam justamente pela capacidade de detectar alterações sutis na cobertura vegetal ao longo do tempo, subsidiando medidas adequadas de conservação.

Enfim, preservar as florestas exige abordagens proativas, holísticas e adaptativas, nas quais a sociedade e o governo desempenhem um papel fundamental. As contribuições da ciência e da tecnologia são inquestionáveis, mas a efetividade das ações depende de mudanças culturais e comprometimento coletivo em prol da sustentabilidade ambiental.

Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, Amanda Menezes de; RIBEIRO, José Robério Cabral; SALES, Marta Celina Linhares. **A aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da área de influência direta do açude Castanhão.** Revista da Casa da Geografia de Sobral, Sobral, 2019.

CARDOSO, Josiane Teresinha. A Mata Atlântica e sua conservação. **Revista Encontros Teológicos**, v. 31, n. 3, 2016.

COSTA, Vinícius Lorini da. **Deteção de estágios sucessionais por sensoriamento remoto em fragmentos florestais de Altos de Canguçu-RS.** UFRS 2021.

DE CONTO, Danrlei. **Mapeamento de fragmentos florestais para elaboração de Planos Municipais da Mata Atlântica.** 2019. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Agrimensura) - UNESC, Criciúma, 2019.

FREITAS, Filipe Campos de. **Estoque de necromassa em floresta não manejada e manejada no estado do Amazonas.** 2017. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.

HOLL, K. D.; AIDE, T. M. **When and where to actively restore ecosystems?** Forest Ecology and Management, Netherlands, v. 261, p. 1558-1563, 2011.

LIKOSKI, J. K.; VIBRANS, A. C.; SILVA, D. A.; FANTINI, A. C. **Canopy recovery four years after logging: a management study in a southern brazilian secondary forest.** CERNE, v. 27, e-102366, 2021.

NAME Fernando Taufik. **Proposta metodológica para auxílio na classificação de estágios de regeneração natural de Mata Atlântica em Santa Catarina.** UFCS 2022.

OLIVEIRA-FILHO, Ary T.; FONTES, Marco Aurélio L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate 1. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 793-810, 2000.

OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P. **Influência dos processos de recuperação do solo após mineração de carvão sobre a mesofauna edáfica em Lauro Müller, Santa Catarina, Brasil.** Revista Biotemas, Florianópolis, v. 27, n. 2, p. 69-77, jun. 2014.

PEREIRA, R. A.; MELO, J. A. B.; SILVA, M. T.; ALMEIDA, N. V. **Análise do comportamento espectral da cobertura vegetal de uma área de caatinga, após sucessivas estiagens.** Caminhos de Geografia, Uberlândia, 2008.

REIS, A. et al. Nucleação: concepção biocêntrica para a restauração ecológica. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 509-518, 2014.

SANTOS JUNIOR, Ronaldo dos. Padrões ecológicos do estrato herbáceo em florestas costeiras no sul do Brasil. 2019.

TRENTIN, B. E., Estevan, D. A., Rossetto, E. F. S., Gorenstein, M. R., Brizola, G. P., & Bechara, F. C. (2018). **Restauração florestal na Mata Atlântica: passiva, nucleação e plantio de alta diversidade.** *Ciência Florestal*, 28, 160-174.

VIEIRA, R. M. S. P. et al. **Land degradation mapping in the MATOPIBA region (Brazil) using remote sensing data and decision-tree analysis.** *Science of the Total Environment*, v. 782, p. 146900, 2021.

CAPÍTULO 15

A EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA PERSPECTIVA DO TRATAMENTO ALTERNATIVO DE ÁGUA A PARTIR DA MORINGA OLEIFERA EM ESCOLAS MUNICIPAIS DO CAMPO: UMA REVISÃO DA LITERATURA

ENVIRONMENTAL EDUCATION FROM THE PERSPECTIVE OF ALTERNATIVE WATER TREATMENT FROM MORINGA OLEIFERA IN RURAL MUNICIPAL SCHOOLS: A LITERATURE REVIEW

DOI: <https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.15>

Submetido em: 01/05/2024

Revisado em: 18/05/2024

Publicado em: 23/05/2024

Bruna Daniele Mendes de Sousa

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina-PE

<http://lattes.cnpq.br/1682835080327229>

Luiza Garziera

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina-PE

<http://lattes.cnpq.br/9654543313144965>

Elielma Santana Fernandes

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Bahia-BA

<http://lattes.cnpq.br/5226720780847374>

Uitamara dos Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Bahia-BA

<http://lattes.cnpq.br/1863158550666974>

Dayvid Fernando Carvalho de Queiroz

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Bahia-BA

<http://lattes.cnpq.br/8652470388264579>

Wellington Dantas de Sousa

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Bahia-BA

<http://lattes.cnpq.br/3242961729018019>

Resumo

De forma geral, pode-se perceber que as populações que residem em áreas que ainda não possuem água tratada apresentam dispersão populacional. Dessa forma, o objetivo desta pesquisa é compreender acerca do acesso a água tratada, visando aprofundar o ensino da Educação Ambiental e o tratamento de água a partir da Moringa oleifera nas Escolas Municipais do Campo. Além disso, busca-se apresentar uma solução acessível e sustentável que atenda aos padrões de potabilidade. Para melhor compreender a situação interposta, foi utilizada a metodologia de revisão da literatura. A partir das análises, inferiu-se que os trabalhos incluídos apontaram que a Educação Ambiental, apesar de ser necessária, ainda enfrentar impasses para a sua implementação nas escolas e na sociedade. Em concordância com o tratamento alternativo de água, deve-se destacar que toda a população deve buscar conhecimento em relação aos métodos e aos padrões que envolvem o processo de tratamento da água com o objetivo de evitar a ocorrência de doenças patogênicas causadas pelo consumo de água contaminada. Dessa forma, se torna mais efetivo capacitar as crianças para as ações citadas, visto que, é na infância que se formam valores que serão carregados por toda vida. Portanto, é fundamental que a pesquisa em torno da Moringa oleifera como coagulante seja intensificada, visando aprimorar os métodos de tratamento, avaliar a sua eficácia em diferentes tipos de água e verificar os impactos ambientais e econômicos.

Palavras-chave: Conscientização. Sustentabilidade. Água potável.

Abstract

In general, it can be seen that populations living in areas that do not yet have treated water have population dispersion. Thus, the objective of this research is to understand about the access to treated water, aiming to deepen the teaching of Environmental Education and the treatment of water from Moringa oleifera in the Municipal Schools of the Countryside. In addition, it seeks to present an affordable and sustainable solution that meets potability standards. In order to better understand the situation, the literature review methodology was used. From the analyses, it was inferred that the included studies pointed out that Environmental Education, despite being necessary, still faces impasses for its implementation in schools and in society. In accordance with alternative water treatment, it should be noted that the entire population should seek knowledge in relation to the methods and standards surrounding the water treatment process in order to prevent the occurrence of pathogenic diseases caused by the consumption of contaminated water. In this way, it becomes more effective to train children for the aforementioned actions, since it is in childhood that values are formed that will be carried throughout life. Therefore, it is critical that research around Moringa oleifera as a coagulant is intensified, aiming to improve treatment methods, evaluate their effectiveness in different types of water and verify environmental and economic impacts.

Keywords: Awareness. Sustainability. Drinking water.

Introdução

Durante séculos, a qualidade da água não foi considerada fator restritivo, embora os aspectos estéticos (aparência, sabor, odor) possam ter influenciado na escolha da fonte. Historicamente, água pura era aquela limpa, clara, de bom sabor e sem odor. Dessa forma, os indivíduos não relacionavam a água impura às doenças e não dispunham de tecnologia

necessária para reconhecer que a estética aparentemente agradável não garantiria a ausência de microrganismos danosos à saúde (PÁDUA *et al.*, 2009).

Na atualidade, em geral, as populações que residem em locais afastados são necessitadas de serviços de abastecimento de água por estarem distantes da zona urbana e apresentarem dispersão populacional. Portanto, uma alternativa possível é a implementação de um sistema de tratamento de água para consumo a partir do extrato de *Moringa oleifera*.

Em relação a *Moringa*, trata-se de uma planta perene e arbórea, de origem indiana, pertencente à família Moringaceae, “Popularmente conhecida como moringa, esta espécie de ampla adaptação climática e edáfica, é fonte de vários princípios ativos e substâncias de valor alimentício e farmacológico, entre outros” (Gualberto *et al.*, 2014, p. 1).

Segundo Oliveira *et al.* (2018) a *Moringa oleifera* reduz o número de partículas suspensas e tem potencial para reduzir a quantidade de microrganismos. A semente possui agentes coagulantes que ajudam na remoção da turbidez, da cor e coliformes presentes na água, além de não alterar o Potencial Hidrogeniônico (pH).

No Brasil, a Educação Ambiental (EA) possui caráter transformador, de modo a proporcionar maior aproximação dos educadores junto aos militantes de movimentos sociais e ambientalistas em prol do questionamento aos padrões industriais e de consumo exacerbado. Diante o exposto, a UNESCO (2005, p. 44) disserta que “Educação ambiental é uma disciplina bem estabelecida que enfatiza a relação dos homens com o ambiente natural, as formas de conservá-lo, preservá-lo e de administrar seus recursos adequadamente”.

A Educação Ambiental deve estar inserida no cotidiano das crianças, adolescentes e jovens em disciplinas curriculares de forma interdisciplinar, possibilitando a construção do comportamento ambientalmente sustentável desde a infância. Dessa forma, faz-se necessário uma implementação efetiva da EA no âmbito educacional onde haverá valores compartilhados entre docentes e discentes, logo:

“Posicionamo-nos por um processo de implementação que não seja hierárquico, agressivo, competitivo e exclusivista, mas que seja levado adiante fundamentado pela cooperação, participação e pela geração de autonomia dos atores envolvidos” (Andrade, 2000, p. 7).

Dessa forma, fica evidente que através dos agravamentos das questões ambientais ocasionados pela realidade atual, deve-se considerar o exercício da Educação Ambiental como grande aliado na conscientização e sensibilização da sociedade em geral. Como o tema desenvolvido no presente trabalho é “Água” a partir do eixo temático “Educação

Ambiental”, deve-se salientar acerca da importância desse elemento para a manutenção da vida, onde Sato (2002, p. 24), afirma que a EA “sustenta todas as atividades e impulsiona os aspectos físicos, biológicos, sociais e culturais dos seres humanos”.

A água é um recurso escasso devido à ação humana, sendo importante destacar que essa escassez se refere não apenas à quantidade, mas também à qualidade da água. Dessa forma, é fundamental incentivar pesquisa e tecnologias para uso eficiente da água, onde o conhecimento deve ser interdisciplinar, abrangendo suas diversas dimensões, da composição química à distribuição e acesso. Portanto, o objetivo desta pesquisa é compreender acerca do acesso a água tratada, visando aprofundar o ensino da Educação Ambiental e o tratamento de água nas Escolas Municipais do Campo. Além disso, buscase apresentar uma solução acessível e sustentável que atenda aos padrões de potabilidade.

Metodologia

A presente pesquisa possui abordagem qualitativa através da revisão da literatura, desenvolvida a partir do levantamento bibliográfico através da seleção e leitura de livros, periódicos, artigos científicos, disponíveis na base on-line de dados (Google Acadêmico e Scielo).

Segundo Gil (2007, p. 17) “[...] pesquisa é um procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos [...]”. Portanto, a pesquisa se torna um meio de investigação acerca da situação-problema, onde se buscam as informações significativas sobre a temática abordada.

Lakatos e Marconi (2007, p. 24) afirmam que “toda pesquisa deve ter um objetivo determinado para saber o que se vai procurar e o que se pretende alcançar”. Sob estas perspectivas, é necessário a delimitação de hipóteses e os procedimentos utilizados para a realização da pesquisa.

Os artigos foram selecionados de acordo com os critérios de inclusão: disponibilidade gratuita e intervalo de tempo dos últimos cinco anos (2018-2022). Foram excluídos trabalhos em sites pagos e fora do tempo estabelecido. Após a busca inicial, foram adotados os seguintes filtros: idioma (inglês e português) e o tipo de publicação (artigos, monografias e relatos de experiência). Após os filtros serem aplicados em cada base de dados, as palavras-chave “*Moringa oleifera*”, “Educação Ambiental” e “Tratamento de água” foram utilizadas.

Sobre o a metodologia de análise dos dados, Lüdke e André (1986, p. 42) dissertam que “depois de organizar os dados, num processo de inúmeras leituras e

releituras, o pesquisador pode voltar a examiná-los para tentar detectar temas e temáticas mais frequentes. Esse procedimento, essencialmente indutivo, vai culminar na construção de categorias ou tipologias”.

Na primeira etapa, selecionou-se 08 (oito) artigos científicos no eixo “Educação Ambiental” que demonstraram aderência com a proposta do presente trabalho. Posteriormente, cada um dos trabalhos recebeu um código de identificação T1 a T8, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Detalhamento dos trabalhos selecionados.

CÓDIGO	TÍTULO	ANO	AUTORES
T1	Tratamento de água com <i>Moringa oleifera</i> como coagulante/floculante natural.	2018	Oliveira <i>et al.</i>
T2	A água e a saúde no meio rural: educação ambiental nas escolas.	2018	Bragato <i>et al.</i>
T3	A educação ambiental como atividade interdisciplinar em escolas do Ensino Fundamental.	2018	Robson Marani Simões
T4	Semente de <i>Moringa oleifera</i> como solução alternativa para o tratamento de água em comunidades rurais.	2019	Dos Santos <i>et al.</i>
T5	A pesquisa em educação ambiental: perspectivas e enfrentamentos.	2020	Isabel Cristina de Moura Carvalho
T6	Uso do coagulante/floculante emergente à base de moringa no tratamento de água com verificação da composição e toxicidade do lodo produzido: tratamento de água com <i>Moringa</i> e toxicidade do lodo.	2021	Michelan <i>et al.</i>
T7	Uso da <i>Moringa oleifera</i> como coagulante no tratamento de água: revisão da literatura.	2022	Rafael Leite dos Santos
T8	Tratamento de água utilizando extrato de sementes de <i>Moringa oleifera</i> : uma revisão integrativa.	2022	Figueiredo <i>et al.</i>

Fonte: Autora, 2023.

Na segunda etapa, após leitura do material selecionado, os textos foram organizados em duas categorias a serem discutidas: importância da Educação Ambiental

e possibilidades do tratamento de água a partir da *Moringa oleifera*. Na terceira etapa, ocorreu a interpretação dos dados obtidos após análise dos trabalhos, acompanhada de discussões qualitativas comparadas com a literatura, considerando suas possibilidades acerca do tratamento de água alternativo.

Quadro 2 – Organização das categorias.

CATEGORIA	TRABALHOS INCLUÍDOS	Nº DE TRABALHOS
Educação Ambiental	T2, T3 E T5	3
<i>Moringa oleifera</i> /Tratamento de água	T1, T4, T6, T7, T8	5

Fonte: Autora, 2023.

O Quadro 2 apresenta a organização das categorias no trabalho, juntamente com os trabalhos incluídos em cada uma delas e o número total de trabalhos relacionados. Observa-se que há duas categorias distintas: "Educação Ambiental" e "*Moringa oleifera*/Tratamento de água". Enquanto a primeira categoria incluiu três trabalhos (T2, T3 e T5), a segunda abrange um número maior, com cinco trabalhos (T1, T4, T6, T7 e T8).

Resultados e Discussão

Nesta seção, serão apresentados e discutidos os trabalhos que abrangem os dois focos principais destacados no método. Essas categorias foram organizadas com o intuito de sistematizar os trabalhos para uma melhor compreensão dos dados e qualificá-los de modo a nortear essa investigação, tendo como base o ensino-aprendizagem. Por intermédio dos estudos analisados, observou-se que os trabalhos apresentaram considerações acerca da Educação Ambiental. Percebeu-se que seguindo os critérios de inclusão houve uma pequena diferença entre as duas categorias, onde a temática “tratamento de água alternativo” obteve-se mais resultados encontrados.

- **Categoria 1: Educação Ambiental**

É de suma importância que as dinâmicas realizadas em sala de aula visem aumentar o conhecimento sobre a temática água e a importância da sua conservação. Segundo Bragato *et al.* (2018) as atividades desenvolvidas acerca da problemática do lixo e da poluição da água devem ser discutidas dentro do âmbito escolar com a comunidade escolar, bem como a necessidade da sua preservação para as gerações futuras.

Investigando detalhadamente os objetivos, metodologia e resultados dos trabalhos, a maioria pautou-se pelas abordagens “Conscientização”; “Educação Ambiental” e “*Moringa oleifera*” com o intuito de discutir e ampliar a discussão acerca dos assuntos destacados.

Nos estudos de T2, Bragato *et al.* (2018) abordam a importância da água no desenvolvimento humano, motivos que levam à sua escassez e a necessidade de preservar/conservar os recursos hídricos através de visitas as escolas e locais relacionados às diferentes temáticas relatadas.

A implementação da Educação Ambiental deve ocorrer desde a Educação Básica, de forma interdisciplinar, incorporando a temática nas demais disciplinas curriculares. Na realidade atual, o tema “Água” é causa de preocupação e debates por ser um recurso natural essencial para a manutenção da natureza que corre o risco de se esgotar (SIMÕES, 2018).

Em T3, Simões (2018) aponta, por meio de estudo de campo, a EA é fundamental para que se adote o uso consciente dos recursos naturais e, conseqüentemente, contribuir para a preservação do meio ambiente. É preciso ensinar desde a infância sobre a importância da sustentabilidade, dos impactos gerados pelo consumo excessivo de recursos e das conseqüências das ações humanas para o meio ambiente.

Dada a importância do tratamento da água, é fundamental abordar essa questão com crianças, especialmente no Ensino Fundamental, que é o público-alvo desta pesquisa. O objetivo é ressaltar a relevância da preservação e conservação da água, visando manter os mananciais saudáveis e livres de contaminações.

Segundo Simões (2018) os recursos hídricos contaminados podem estar relacionados à problemas de saúde pública, onde as crianças estão entre as mais afetadas. Na Educação Ambiental, o estudo da água ocupa um lugar central e cotidiano, possibilitando identificar uma questão ambiental concreta e, dessa forma, tomar ações individuais para contribuir para a sua preservação.

Além da cobrança ecológica, é essencial promover a execução de uma nova postura e mentalidade frente à situação vivenciada, aspirando modificar a respeito da abundância da água e da indiferença humana quanto a real importância desse recurso que se encontra cada vez mais escasso e degradado.

Segundo Bragato *et al.* (2018), um dos maiores desafios é possibilitar que a Educação Ambiental se torne um processo de construção e reconstrução de conhecimento

que propicie interações com os conteúdos trabalhados em sala de aula, consentindo mudanças de percepção, pensamentos e de atitudes.

A oposição que se constrói historicamente para diferenciar uma Educação Ambiental apontada à mudança social em contraponto a outra, supostamente focada apenas para a preservação da natureza (DE MOURA CARVALHO, 2020). Dessa forma, o campo específico da EA pode-se aprofundar no questionamento de algumas pautas históricas que tendem a se tornar cada vez mais extemporâneas.

Na perspectiva de enfrentamentos, em T5 pode-se concluir que a Educação Ambiental é um campo de atuação que possui uma grande relevância para a sociedade e para o meio ambiente. A EA é um processo de conscientização e transformação que busca promover ações sustentáveis, onde De Moura Carvalho (2020, p. 48-49) afirma que “O currículo escolar, por exemplo, é uma seleção de conteúdos que devem ser ensinados e aprendidos para que uma pessoa em formação seja certificada pela instituição escolar, como apta para viver no mundo instituído”.

A partir das análises da categoria 1, inferiu-se que os trabalhos incluídos apontaram que a Educação Ambiental, apesar de ser necessária, ainda enfrenta impasses para a sua implementação nas escolas e na sociedade. Dessa forma, a presente temática pode ser trabalhada de forma prática e integrada, a fim de engajar os alunos e dialogar sobre a realidade acerca do uso sustentável da água. Logo, se torna mais efetivo capacitar as crianças para as ações citadas, visto que é na infância que se formam valores que serão carregados por toda vida, conforme corroborado por autores já citados.

- **Categoria 2: tratamento de água a partir da *Moringa oleifera***

Na segunda categoria de análise, os objetivos traçados pelos trabalhos dessa linha metodológica foram realizados através de métodos experimentais (com exceção de T7 e T8). Logo, destaca-se que as estações de tratamento de água (ETA) convencionais são compostas por etapas, tais como: mistura rápida, coagulação, floculação, decantação, desinfecção e fluoretação.

Em T1, Oliveira *et al.* (2018) relata a crescente procura por métodos alternativos para o tratamento de água que seja eficiente, de baixo custo e sustentável. Além disso, os autores dissertam que é fundamental investir em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias sustentáveis para o tratamento de água e promover sua implementação em larga escala.

Em T8, Figueiredo *et al.* (2022) relata que a etapa mais crítica do processo de purificação é a coagulação, devido a adição de coagulantes químicos. No Brasil, o coagulante químico mais utilizado para tratamento de água é o sulfato de alumínio $Al_2(SO_4)_3$, em atenção a alta eficiência na remoção de sólidos e o custo acessível para implementação. Essa ideia também é defendida pelos autores Madrona (2010); Borgo *et al.* (2016) e Baptista *et al.* (2015).

Pode-se dizer que comparado ao sulfato de alumínio, o coagulante orgânico possui efeito mais satisfatório, sendo amplamente utilizado como base para objetos de pesquisas industriais com o intuito de melhorar o processo de tratamento de efluentes (SANTOS, 2022). A eficiência de coagulantes orgânicos a partir da *Moringa oleifera* demonstrou-se um coagulante próspero para o tratamento do efluente (VAZ, 2009).

A eficiência do coagulante extraído das sementes da *Moringa oleifera* foi avaliada através de duas etapas de tratamento de água: filtração lenta direta em manta não tecida e sedimentação (MIERZWA *et al.*, 2008). Logo, no processo de floculação, as proteínas se ligam com as cargas negativas, agrupando as partículas presentes na água, gerando os flocos na superfície (Oliveira *et al.*, 2018).

Constatando a importância da *Moringa oleifera* (T4), buscou-se investigar uma dose de pó preparado a partir da semente de *Moringa oleifera* eficiente na remoção da turbidez da água utilizada para abastecimento humano no campo de estudo (área rural). Com base nos experimentos realizados neste presente trabalho, Dos Santos *et al.* (2019) relata que a quantidade de solução que demonstrou a eficiência na remoção da turbidez da água no local de estudo, foi de 0,648g de pó para 2L de água, equivalente a aproximadamente 3 sementes trituradas.

Lo Monaco *et al.* (2010) disserta que o extrato da semente de *Moringa* como coagulante é eficaz na remoção da turbidez. Portanto, baseado nas análises dos trabalhos, pode-se perceber que doses maiores ou menores do coagulante obtido a partir da *Moringa oleifera*, não agem com eficiência na remoção da turbidez. Para os ensaios de coagulação/floculação pode-se utilizar o equipamento Jar Test cujo objetivo é determinar a quantidade apropriada de coagulantes a ser utilizada durante o tratamento da água.

Em T6, os estudos de Michelan *et al.* (2021) demonstram que as sementes empregadas com casca ou sem casca são eficazes na remoção de turbidez e cor. Pode-se observar que nestes estudos, o uso da *Moringa oleifera* como coagulante não altera significativamente o pH da água, logo não acidifica a água tratada. O trabalho enquadrado em T7, Santos (2022) concluiu que o uso de *M. oleifera* apresenta diversas vantagens em

relação aos coagulantes químicos, tais como baixa toxicidade e menor geração de lodo, além de ser uma opção mais acessível economicamente para tratamento de água em regiões com recursos limitados.

Baseando-se nos estudos de Muniz *et al.* (2015), quando se utilizou apenas o pó da moringa adicionado à água a ser tratada obteve-se remoção de turbidez com o resultado de 98,7% e o tempo de sedimentação (120 minutos). Logo, a *Moringa* demonstrou potencial na obtenção da água potável, principalmente o extrato obtido da casca.

Ainda no estudo de Michelan *et al.* (2021), os valores de pH da “amostra controle” e das amostras coaguladas com as diferentes concentrações da *Moringa* resultaram em uma variação mínima de pH da água bruta coletada (6,80 a 7,30), apresentando-se próximo à neutralidade (6,85 a 7,70). Os estudos realizados em T1 constataram que a *Moringa* oleifera não apresenta riscos à saúde e de toxicidade (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

Dessa forma, deve-se destacar que toda a população deve buscar conhecimento em relação aos métodos e aos padrões que envolvem o processo de tratamento da água com o objetivo de evitar a ocorrência de doenças patogênicas causadas pelo consumo de água contaminada. Portanto, é importante avaliar as condições específicas antes de optar pelo uso da *Moringa* oleifera como coagulante.

Considerações Finais

A falta de acesso à água potável e a contaminação das fontes de água comprometem a saúde da população e aumentam os riscos de doenças. Deve-se incentivar a consciência sobre o meio ambiente no indivíduo com o intuito de desenvolver um ambiente seguro para as futuras gerações. Dessa forma, a Educação Ambiental inserida nos conteúdos curriculares contribui para o exercício da cidadania.

A presente pesquisa objetificou compreender acerca do acesso a água tratada, visando aprofundar o ensino da Educação Ambiental e o tratamento de água a partir da *Moringa oleifera* nas Escolas Municipais do Campo. Os trabalhos resultantes de pesquisas bibliográficas e experimentais evidenciaram aspectos relevantes para a inserção da EA nas escolas e comunidade, além de discutirem sobre as possibilidades para o tratamento alternativo da água de forma segura e eficiente.

É importante ressaltar que o uso da *Moringa* como coagulante deve ser complementado por boas práticas de saneamento básico e tratamento de resíduos, com o objetivo de garantir a qualidade da água para o consumo humano. O uso apresenta algumas vantagens em relação aos coagulantes químicos, como baixa toxicidade, baixo

custo, fácil disponibilidade e potencial de uso em regiões rurais e de difícil acesso. No entanto, alguns estudos indicam que a eficiência da *Moringa oleifera* pode variar em função de fatores como pH, turbidez da água e tempo de sedimentação, o que pode limitar sua aplicação em algumas situações.

Logo, é importante avaliar cuidadosamente as condições locais antes de optar pela utilização do extrato como coagulante para tratamento de água. Com base nos trabalhos, o uso de coagulantes derivados de sementes de *M. oleifera* pode ser uma alternativa viável e sustentável para o tratamento de água, especialmente em comunidades carentes/rurais que não têm acesso a métodos convencionais de tratamento de água. Em contrapartida, é necessário que sejam realizados estudos adicionais para entender melhor seus efeitos e limitações em diferentes condições.

Portanto, é fundamental que a pesquisa em torno da *Moringa oleifera* como coagulante seja intensificada, visando aprimorar os métodos de tratamento, avaliar a sua eficácia em diferentes tipos de água e verificar os impactos ambientais e econômicos. Ademais, é necessário que haja uma conscientização e ações efetivas para a preservação e conservação da água, onde será possível garantir a disponibilidade de água potável para as presentes e futuras gerações.

Referências

ANDRADE, D. F. Implementação da educação ambiental em escolas: uma reflexão. In: Fundação Universidade Federal do Rio Grande. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 4. 2000.

BORGO, C.; DELLACQUA, G. S.; DIAZ, H. S. L.; CARDOSO, H. F. G.; MOTTA, L. T. A.; BISPO, Y. M. **Tratamento De Água Com Semente De Moringa oleifera**. Blucher Proceedings, 4 (1), 48-50. <https://doi.org/10.5151/sequfes2016-011>. 2016.

BRAGATO, Mirele et al. A água e a saúde no meio rural. Educação ambiental nas escolas. **Expressa Extensão**, v. 23, n. 1, p. 74-82, 2018.

CAMACHO, F. P.; SILVA, M. O.; MORETI, L. O. R.; BAPTISTA, A. T. A.; ARAKAWA, F. S.; SHIMABUKU, Q. L.; SANTOS, T. R.; BAZANA, S. L., COLDEBELLA, P. F.; VALVERDE, K. C.; SILVA, M. F.; BERGAMASCO, R. Uso do coagulante natural *Moringa oleifera* lamno tratamento de água com florações de cianobactérias. **Revista Tecnológica**, 305-313. 2015.

DE MOURA CARVALHO, Isabel Cristina. A pesquisa em educação ambiental: perspectivas e enfrentamentos. **Pesquisa em Educação Ambiental**, v. 15, n. 1, p. 39-50, 2020.

DOS SANTOS, Andresa Regina Arthuso; DA CRUZ, Larissa Aparecida; GONTIJO, Hebert Medeiros. Semente de Moringa Oleífera como solução alternativa para o tratamento de água em comunidades rurais. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 6, p. 14, 2019.

FIGUEIREDO, Maria Thalillian Santos et al. Tratamento de água utilizando extrato de sementes de Moringa oleifera: Uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, p. e41411225889-e41411225889, 2022.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: **Atlas**, 2007.

GUALBERTO, A. F.; FERRARI, G. M.; ABREU, K. M. P. d.; PRETO, B. D. L.; FERRARI, J. L. Características, propriedades e potencialidades da moringa (Moringa oleifera Lam.): Aspectos agroecológicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 2014.

LAKATOS, Eva Maria; MARCON I, Marina de Andrade. **Metodologia científica**. 5 Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

LO MONACO, P.A.V.; MATOS, A.T.; RIBEIRO, I.C.A.; NASCIMENTO, F.S.; SARMENTO, A.P. Utilização de extrato de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias. **Ambi-água**, Taubaté, v.5, n.3, p.222-231, 2010.

LÜDKE, Menga. L975p. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas I Menga. **Lüdke, Marli E.D.A. André**. - São Paulo: EPU, 1986.

MADRONA, G.S., SERPELLONI, G.B., VIEIRA, A.M.S., NISHI, L., CARDOSO, K.C., & BERGAMASCO, R. (2010). **Study of the effect os saline solution on the extraction of the moringa oleifera seed´s active component for water treatment**. Water, Air, Soil Pollut, 211, 409-415.

MICHELAN, Denise Conceição de Gois Santos et al. Uso do coagulante/floculante emergente à base de moringa no tratamento de água com verificação da composição e toxicidade do lodo produzido: tratamento de água com Moringa e toxicidade do lodo. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 26, p. 955-963, 2021.

MIERZWA, José Carlos *et al.* Tratamento de água para abastecimento público por ultrafiltração: avaliação comparativa através dos custos diretos de implantação e operação com os sistemas convencional e convencional com carvão ativado. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 13, p. 78-87, 2008.

MUNIZ, G. L.; DUARTE, F. V.; OLIVEIRA, S. B. Uso de sementes de Moringa oleifera na remoção da turbidez de água para abastecimento. **Revista Ambiente & Água**, 2015, 10, 454-463.

OLIVEIRA, N. T.; NASCIMENTO, K. P.; GONÇALVES, B. O.; LIMA, F. C.; COSTA, A. L. N. **Tratamento de água com moringa oleifera como coagulante/floculante natural**. Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente. Ariquemes: FAEMA, v. 9, n. 1, jan./jun., 2018.

PÁDUA, V. L. (Org). **Remoção de micro-organismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano**. Rio de Janeiro: **ABES**, 2009. 392p. Disponível em: http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_1.pdf. Acesso em: 6 mar 2023.

SANTOS, Rafael Leite dos. **Uso da moringa oleífera como coagulante no tratamento de água: revisão da literatura**. 2022.

SATO, Michèle. **Educação ambiental**. São Carlos: Rima, 2002.

SIMÕES, Robson Marani. A educação ambiental como atividade interdisciplinar em escolas do ensino fundamental. **BARBAQUÁ**, v. 2, n. 4, p. 63-77, 2018.

UNESCO. **Década das Nações Unidas da Educação para um Desenvolvimento Sustentável**. 2005-2014: documento final do esquema internacional de implementação. –Brasília: UNESCO, 2005. 120p

VAZ, Luiz G. **Performance do processo de coagulação/floculação no tratamento o efluente líquido gerado na galvanoplastia**. 2009. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2009.

CAPÍTULO 16

PUBLIQUE COM A SCIENCE EM FLUXO CONTÍNUO

PUBLISH WITH SCIENCE IN CONTINUOUS FLOW

DOI: <https://doi.org/10.56001/22.9786500451016.16>

Submetido em: 29/02/2024

Revisado em: 07/03/2024

Publicado em: 10/03/2024

AUTORES

Universidade Federal do Brasil, Faculdade de Ciências, Localidade-PE

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

AUTORES

Universidade Estadual do Brasil, Centro de Ciências, Localidade-PB

<https://orcid.org/>

AUTORES

Instituto Federal do Brasil, Departamento de Ciências, Localidade-SE

<https://orcid.org/>

Resumo

Texto

Palavras-chave: Words.

Abstract

Texto

Keywords: Words.

Introdução

Aqui começa sua publicação de sucesso.

SOBRE OS ORGANIZADORES DO LIVRO DADOS CNPQ:

Pós-Dra. Carliane Rebeca Coelho da Silva



Possui Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco apresentando monografia na área de genética com enfoque em transgenia. Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas pela Universidade Federal do Rural de Pernambuco com dissertação na área de melhoramento genético com enfoque em técnicas de imuno detecção. Doutora em Biotecnologia pela RENORBIO (Rede Nordeste de Biotecnologia, Área de Concentração Biotecnologia em Agropecuária) atuando principalmente com tema relacionado a transgenia de plantas. Pós-doutorado em Biotecnologia com concentração na área de Biotecnologia em Agropecuária. Atua com linhas de pesquisa focalizadas nas áreas de defesa de plantas contra estresses bióticos e abióticos, com suporte de ferramentas biotecnológicas e do melhoramento genético. Tem experiência na área de Engenharia Genética, com ênfase em isolamento de genes, expressão em plantas, melhoramento genético de plantas via transgenia, marcadores moleculares e com práticas de transformação de plantas via "ovary drip". Tem experiência na área de genética molecular, com ênfase nos estudos de transcritos, expressão diferencial e expressão gênica Integra uma equipe com pesquisadores de diferentes instituições como Embrapa Algodão, UFRPE, UEPB e UFPB, participando de diversos projetos com enfoque no melhoramento de plantas.

Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos



Possui Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2003) e Mestrado em Genética e Biologia Molecular pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2006). Doutor em Biotecnologia pela RENORBIO (Rede Nordeste de Biotecnologia (2013), Área de Concentração Biotecnologia em Saúde atuando principalmente com pesquisa relacionada a genética do câncer de mama. Participou como Bolsista de Desenvolvimento Tecnológico Industrial Nível 3 de relevantes projetos tais como: Projeto Genoma *Anopheles darlingi* (de 02/2008 a 02/2009); e Isolamento de genes de interesse biotecnológico para a agricultura (de 08/2009 a 12/2009). Atualmente é Professor Adjunto III da Universidade Federal de Campina Grande-UFCG, do Centro de Educação e Saúde onde é Líder do Grupo de Pesquisa BASE (Biotecnologia Aplicada à Saúde e Educação) e colaborador em ensino e pesquisa da UFRPE, UFRN e EMBRAPA-CNPA. Tem experiência nas diversas áreas da Genética, Fisiologia Molecular, Microbiologia e Bioquímica com ênfase em Genética Molecular e de Microrganismos, Plantas e Animais, Biologia Molecular e Biotecnologia Industrial. Atua em projetos versando principalmente sobre os seguintes temas: Metagenômica, Carcinogênese, Monitoramento Ambiental e Genética Molecular, Marcadores Moleculares Genéticos, Polimorfismos Genéticos, Bioinformática, Biodegradação, Biotecnologia Industrial e Aplicada, Sequenciamento de DNA, Nutrigenômica, Farmacogenômica, Genética na Enfermagem e Educação.



AGROECOLOGIA



E A PRESERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE

“Esperamos que tenham aproveitado todos os trabalhos disponíveis na íntegra e gratuitos para seu conhecimento e consulta.

Esta obra objetivou ampliar os seus horizontes sobre a temática proposta além dos muros acadêmicos, proporcionando uma visão mais realista, ampla e multidisciplinar desta área de estudo seus impactos e descobertas.

Os livros da Science compreendem do conhecimento mais simples ao mais complexo, do mais acadêmico ao mais aplicado, procurando sempre a socialização global com conhecimento científico respaldado e de qualidade, para que a sociedade possa se beneficiar em todos os sentidos.

Agradecemos o seu interesse em chegar até o final deste livro na busca por conhecimento. Aguardem novos títulos e eventos da Editora Science sempre comprometida com a qualidade e o sucesso da sua publicação.”

PARA MAIS INFORMAÇÕES E OBRAS DA EDITORA SCIENCE ACESSE:

www.editorascience.com.br

Siga nossas redes sociais e amplie o alcance dos nossos livros:

Facebook: <http://www.facebook.com/editorascience>

Instagram: <https://www.instagram.com/editorascience>



Todos os Direitos Reservados

