

LEONARDO FRANÇA DA SILVA
FERNANDA LAMEDE FERREIRA DE JESUS
JÉSSICA MANSUR SIQUEIRA FURTADO CRUSÓÉ
(ORGANIZERS)



AGRICULTURAL SCIENCES UNVEILED:

EXPLORING THE DYNAMICS OF FARMING AND SUSTAINABILITY 2

Atena
Editora
2024

LEONARDO FRANÇA DA SILVA
FERNANDA LAMEDE FERREIRA DE JESUS
JÉSSICA MANSUR SIQUEIRA FURTADO CRUSÓÉ
(ORGANIZERS)



AGRICULTURAL SCIENCES UNVEILED:

EXPLORING THE DYNAMICS OF FARMING AND SUSTAINABILITY 2

Atena
Editora
2024

Chief editor

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Executive editor

Natalia Oliveira

Editorial assistant

Flávia Roberta Barão

Librarian

Janaina Ramos

Graphic project

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Thamires Camili Gayde

Cover pictures

iStock

Art edition

Luiza Alves Batista

2024 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright of the text © 2024 The authors

Copyright of the edition © 2024 Atena Editora

Rights for this edition granted to Atena Editora by the authors.

Open access publication by Atena Editora



All content in this book is licensed under a Creative Commons Attribution License. Attribution-Non-Commercial-NonDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).

The content of the articles and their data in their form, correctness and reliability are the sole responsibility of the authors, and they do not necessarily represent the official position of Atena Editora. It is allowed to download the work and share it as long as credits are given to the authors, but without the possibility of altering it in any way or using it for commercial purposes.

All manuscripts were previously submitted to blind evaluation by peers, members of the Editorial Board of this Publisher, having been approved for publication based on criteria of academic neutrality and impartiality.

Atena Editora is committed to ensuring editorial integrity at all stages of the publication process, avoiding plagiarism, fraudulent data or results and preventing financial interests from compromising the publication's ethical standards. Suspected scientific misconduct situations will be investigated to the highest standard of academic and ethical rigor.

Editorial Board**Agricultural sciences**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Ariadna Faria Vieira – Universidade Estadual do Piauí

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Jessica Mansur Siqueira Crusoé – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Agricultural sciences unveiled: exploring the dynamics of farming and sustainability 2

Diagramming: Ellen Andressa Kubisty
Correction: Maiara Ferreira
Indexing: Amanda Kelly da Costa Veiga
Review: The authors
Organizers: Leonardo França da Silv
Fernanda Lamede Ferreira de Jesus
Jéssica Mansur Siqueira Furtado Crusoe

International Cataloging-in-Publication Data (CIP)	
A278	<p>Agricultural sciences unveiled: exploring the dynamics of farming and sustainability 2 / Organizers Leonardo França da Silva, Fernanda Lamede Ferreira de Jesus, Jéssica Mansur Siqueira Furtado Crusoe. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2024.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-2644-8 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.448240807</p> <p>1. Farming. 2. Sustainability. I. Silva, Leonardo França da (Organizer). II. Jesus, Fernanda Lamede Ferreira de (Organizer). III. Crusoe, Jéssica Mansur Siqueira Furtado (Organizer). IV. Title. CDD 630</p>
Prepared by Librarian Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

AUTHORS' DECLARATION

The authors of this work: 1. Attest that they do not have any commercial interest that constitutes a conflict of interest in relation to the published scientific article; 2. They declare that they actively participated in the construction of their manuscripts, preferably in: a) Study design, and/or data acquisition, and/or data analysis and interpretation; b) Elaboration of the article or revision in order to make the material intellectually relevant; c) Final approval of the manuscript for submission; 3. They certify that published scientific articles are completely free from fraudulent data and/or results; 4. Confirm correct citation and reference of all data and interpretations of data from other research; 5. They acknowledge having informed all sources of funding received for carrying out the research; 6. Authorize the publication of the work, which includes the catalog records, ISBN (Internacional Standard Serial Number), D.O.I. (Digital Object Identifier) and other indexes, visual design and cover creation, interior layout, as well as the release and dissemination according to Atena Editora's criteria.

PUBLISHER'S DECLARATION

Atena Editora declares, for all legal purposes, that: 1. This publication constitutes only a temporary transfer of copyright, right to publication, and does not constitute joint and several liability in the creation of published manuscripts, under the terms provided for in the Law on Rights copyright (Law 9610/98), in art. 184 of the Penal Code and in art. 927 of the Civil Code; 2. Authorizes and encourages authors to sign contracts with institutional repositories, with the exclusive purpose of disseminating the work, provided that with due acknowledgment of authorship and editing and without any commercial purpose; 3. All e-books are open access, so it does not sell them on its website, partner sites, e-commerce platforms, or any other virtual or physical means, therefore, it is exempt from copyright transfers to authors; 4. All members of the editorial board are PhDs and linked to public higher education institutions, as recommended by CAPES for obtaining the Qualis book; 5. It does not transfer, commercialize or authorize the use of the authors' names and e-mails, as well as any other data from them, for any purpose other than the scope of dissemination of this work.

This work's main focus is scientific discussion through various publications that make up its chapters. The objective of the e-book is to explore different content linked to environmental issues in 13 chapters, addressing contemporary themes of sustainability and the direct action of human beings in responsibility and creating strategies for the development of the environment. The volume will deal in a categorized and interdisciplinary way with works, investigations, case reports and reviews that cross several areas of the environment and sustainability.

It is worth highlighting that sustainability is linked to the growing demand for global progress, highlighting the need to expand studies that present alternative uses of resources present in the environment in a responsible way, without compromising the benefits and systems involved. The work seeks to minimize impacts, develop environmental responsibility and strengthen sustainable growth, covering economic, social and cultural aspects.

In this way, the work "Agrarian Sciences Unveiled: Exploring the Dynamics of Agriculture and Sustainability" presents the foundations of the theory applied in practice by the authors, who include several professors, academics and researchers who have diligently developed their work. These will be presented in a concise and didactic way. The importance of this space for scientific dissemination is proof of the commitment and structure of Atena Editora, which provides us with a consolidated and reliable platform for researchers to present and disseminate their results.

The authors hope to contribute relevant content, providing technical, scientific and constructive assistance to the reader, as well as demonstrating that sustainability is an important tool, becoming an ally of growth. From this perspective, Atena Editora works to stimulate and encourage more and more researchers from Brazil and other countries to publish their work, ensuring quality and excellence in the form of books, book chapters and scientific articles.

Good reading!

Leonardo França da Silva
Fernanda Lamede Ferreira de Jesus
Jéssica Mansur Siqueira Furtado Crusóé

CHAPTER 1..... 1

PERFIL FÍSICO-QUÍMICO DE MÉIS DE ABELHAS *APIS MELLIFERA* L. PRODUZIDOS EM DIFERENTES AMBIENTES NO ESTADO DE PERNAMBUCO, NORDESTE DO BRASIL: UM ESTUDO PRELIMINAR

Larissa Márjory da Costa Silva
 Helena Costa Marcucci
 Carlos Henrique da Silva Mendes
 Victor Gurgel Pessoa
 André Carlos Silva Pimentel
 Gabriel Siqueira Tavares Fernandes
 Tomás Guilherme Pereira da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4482408071>

CHAPTER 2 11

ENSAIO PARA PRODUÇÃO COMERCIAL DE PÓLEN APÍCOLA EM ÁREA DE AMAZÔNIA LEGAL. ARAGUAÍNA, TO

Edésio da Silva Almeida
 Letícia Liandra de Souza Barbosa
 Rômulo Augusto Guedes Rizzardo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4482408072>

CHAPTER 3 21

AGRONOMIC PERFORMANCE OF *RAPHANUS SATIVUS* L. CULTIVATED IN DENSE FERRALSOLS FERTILIZED WITH ORGANIC COMPOST

Magda Verônica de Oliveira Neves
 Marluce Santana de Oliveira
 Elisângela Gonçalves Pereira
 Ésio Castro Paes
 Fabiane Pereira Machado Dias
 Júlio César Azevedo Nóbrega
 Rafaela Simão Abrahão Nóbrega

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4482408073>

CAPÍTULO 438

GENETIC DISSIMILARITY BETWEEN SOYBEAN GENOTYPES SCREENING OF SOYBEAN GENOTYPES USING SEEDS PHYSIOLOGICAL ATTRIBUTES THROUGH MULTIVARIATE ANALYSIS

Lucas de Souza Dias
 Tathiana Elisa Masetto
 Leilaine Gomes da Rocha
 Rafaela Martins de Araújo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4482408074>

CHAPTER 5 51

A MICROBIOTA DO SOLO E SUA IMPORTÂNCIA NA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

Marcos Roberto Ribeiro-Junior

Daniele Maria do Nascimento
 Francisco José Domingues Neto
 Pedro Henrique Ribeiro
 Adriana Zanin Kronka

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4482408075>

CHAPTER 658

MEASURES TO CONTROL PARASITIC INFECTIONS OF PIGS IN THE PRODUCTION CHAIN FROM THE FARMS BREEDER TO THE CONSUMER

Ivan Pavlovic
 Aleksandra Tasic
 Nemanja Zdravkovic
 Vesna Karapetkovska-Hristova

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4482408076>

CAPÍTULO 786

APLICAÇÕES DA BIOLOGIA MOLECULAR NA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS

Marcos Roberto Ribeiro-Junior
 Francisco José Domingues Neto
 Daniele Maria do Nascimento

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4482408077>

CHAPTER 892

ALGODÃO COLORIDO: UMA HISTÓRIA DE CORES E DE SUSTENTABILIDADE

Victor Gurgel Pessoa
 Helena Maria de Moraes Neta Góis
 Tomás Guilherme Pereira da Silva
 Palloma Vitória Carlos de Oliveira
 Gabriel Siqueira Tavares Fernandes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4482408078>

CHAPTER 9 107

AMBIÊNCIA E BEM-ESTAR ANIMAL EM BOVINOS LEITEIROS SOB ESTRESSE TÉRMICO: REVISÃO DE LITERATURA

Leonardo França da Silva
 Sarah Fernanda de Almeida Martins
 Jessica Mansur Siqueira Crusóe
 Fernanda Araujo Lima
 Cássio Furtado Lima
 Marcos Antônio Pereira da Fonseca Maltez
 Rafaella Resende Andrade
 Fernanda Lamede Ferreira de Jesus
 Fabiane de Fátima Maciel
 Irene Menegali
 Ariadna Faria Vieira
 Luciano José Minette

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4482408079>

CHAPTER 10..... 119**PRODUÇÃO DE MIRTILOS NO RIO GRANDE DO SUL: UM MERCADO EM POTENCIAL PARA A AGRICULTURA FAMILIAR**

Gabriela Cecília Gheno
 Bruna Dalcin Pimenta
 Karen Nayara Durigon
 João Vitor Alves Rebelato
 Thaina Scorsatto
 Lucas Machiavelli de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.44824080710>

CHAPTER 11 136**TEORES DE CROMO EM SOLOS, SEDIMENTOS E ÁGUAS EM ÁREAS AGRÍCOLAS DO MUNICÍPIO DE BOM RETIRO - SC**

Daniely Neckel Rosini
 Guilherme de Lima Steffens
 Valter Antonio Becegato

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.44824080711>

CHAPTER 12..... 158**DIAGNÓSTICO DA MASTITE BOVINA EM VACAS LEITEIRAS DO MUNICÍPIO DE IMPERATRIZ, MARANHÃO**

Stefane Santos Bezerra
 Monalisa de Sousa Moura Souto
 Hamilton Pereira Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.44824080712>

CAPÍTULO 13..... 165**TOXIC IMPACT OF AN AGRICULTURAL INSECTICIDE RUSTILE ON A NON-TARGET SPECIES *DAPHNIA MAGNA* STRAUS, 1820 (CRUSTACEA, CLADOCERA)**

Habiba Gacem
 Hadia Rizi
 Imene Khafallah
 Taqiyeddine Bensouilah
 Ahmed Lemouchi
 Rabah Chaouch
 Hicham Boughendjioua
 Moussa Houhamdi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.44824080713>

ABOUT THE ORGANIZERS 173**INDEX..... 174**

CHAPTER 1

PERFIL FÍSICO-QUÍMICO DE MÉIS DE ABELHAS *APIS MELLIFERA* L. PRODUZIDOS EM DIFERENTES AMBIENTES NO ESTADO DE PERNAMBUCO, NORDESTE DO BRASIL: UM ESTUDO PRELIMINAR

Submission date: 30/05/2024

Acceptance date: 01/07/2024

Larissa Márjory da Costa Silva

Centro Universitário Maurício de Nassau
(UNINASSAU)
Recife - PE
<https://orcid.org/0000-0002-5685-1598>

Helena Costa Marcucci

Centro Universitário Maurício de Nassau
(UNINASSAU)
Recife - PE
<https://orcid.org/0009-0008-2595-5846>

Carlos Henrique da Silva Mendes

Universidade Federal Rural de
Pernambuco (UFRPE)
Recife - PE
<https://orcid.org/0000-0003-3413-2020>

Victor Gurgel Pessoa

Universidade Federal Rural de
Pernambuco (UFRPE)
Recife - PE
<https://orcid.org/0000-0003-4845-9948>

André Carlos Silva Pimentel

Universidade Federal Rural de
Pernambuco (UFRPE)
Recife - PE
<https://orcid.org/0000-0002-0441-3449>

Gabriel Siqueira Tavares Fernandes

Universidade Federal Rural da Amazônia
(UFRA)
Belém - PA
<https://orcid.org/0000-0002-0781-1696>

Tomás Guilherme Pereira da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí (IFPI)
Paulistana - PI
<https://orcid.org/0000-0002-6115-5474>

RESUMO: Estudos que visam compreender o perfil do mel produzido em diferentes regiões geográficas e relacionar as características do produto às espécies vegetais visitadas pelas abelhas são fundamentais. Nesse contexto, objetivou-se investigar os parâmetros físico-químicos de méis de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) produzidos em ambientes com distintas espécies vegetais. Para tanto, foram coletadas 12 (doze) amostras de méis, obtidas diretamente de seis apicultores de diferentes municípios da Região Metropolitana do Recife, Zona da Mata e Sertão de Pernambuco. Os méis coletados foram analisados quanto as seguintes variáveis físico-químicas: pH, cor, acidez, condutividade elétrica, umidade e cinzas. Verificou-se que, apesar da variação nos parâmetros físico-químicos em função da espécie vegetal visitada pelas abelhas, os resultados obtidos indicam que os méis

podem ser considerados de boa qualidade, tornando-os próprios para consumo. Apenas o teor de umidade encontrou-se fora dos padrões na maioria dos méis avaliados (20,50%±0,20; 22,0%±0,22; 23,0%±0,18 e 23,35%±0,21 para os méis de cajueiro, melato de cana-de-açúcar, de eucalipto e de aroeira, respectivamente), com resultados acima do valor máximo permitido pela legislação brasileira, que é de 20%. Conclui-se que as amostras de méis avaliadas se apresentam dentro dos padrões de aceitação exigidos pela legislação para a maioria dos parâmetros considerados.

PALAVRAS-CHAVE: Apicultura; composição; florada apícola; Nordeste brasileiro; qualidade.

CHEMICAL PROFILE OF HONEY FROM BEES *APIS MELLIFERA* L. PRODUCED IN DIFFERENT ENVIRONMENTS IN THE STATE OF PERNAMBUCO, NORTHEAST BRAZIL: A PRELIMINARY STUDY

ABSTRACT: Studies that aim to understand the profile of honey produced in different geographic regions and relate the characteristics of the product to the plant species visited by bees are essential. In this context, the objective was to investigate the physicochemical parameters of honey from Africanized bees (*Apis mellifera* L.) produced in environments with different plant species. For this purpose, 12 (twelve) honey samples were collected, obtained directly from six beekeepers from different municipalities in the Metropolitan Region of Recife, Zona da Mata and Sertão de Pernambuco. The collected honeys were analyzed for the following physical-chemical variables: pH, color, acidity, electrical conductivity, humidity and ash. It was found that, despite the variation in physical-chemical parameters depending on the plant species visited by the bees, the results obtained indicate that the honeys can be considered of good quality, making them suitable for consumption. Only the moisture content was found to be outside the standards in most of the honeys evaluated (20.50%±0.20; 22.0%±0.22; 23.0%±0.18 and 23.35%±0.21 for cashew, sugarcane, eucalyptus and mastic honey, respectively), with results above the maximum value allowed by Brazilian legislation, which is 20%. It is concluded that the honey samples evaluated are within the acceptance standards required by legislation for most of the parameters considered.

KEYWORDS: Bee flora; beekeeping; composition; Northeast Brazil; quality.

INTRODUÇÃO

A criação racional de abelhas vem sendo desenvolvida como atividade econômica em praticamente todos os estados brasileiros, produzindo mel e outros produtos apícolas. O mel pode ser definido com um produto elaborado por abelhas melíferas, que utilizam o néctar das flores (mel floral), secreções provenientes de partes vivas de plantas ou ainda excreções de insetos que sugam plantas (mel de melato), sendo esses substratos recolhidos, transformados, combinados com substâncias específicas, armazenados e deixados em maturação nos favos da colmeia (BRASIL, 2000).

O mel é bastante utilizado no mundo inteiro em razão de suas variadas funcionalidades, dentre elas: capacidade anti-inflamatória, cicatrização de feridas cutâneas, combate a infecções bacterianas e fúngicas, além de tratamento de infecções urinárias por bactérias

como *Escherichia coli*, *Proteus species* e *Streptococcus faecalis*, que são sensíveis à atividade antibacteriana do mel (SOARES; AROUCHA, 2010). Em adição, destaca-se como alimento rico em vitaminas, minerais e energia (KUROISHI et al., 2012). Entre os anos de 2001 e 2004, notou-se crescimento considerável na apicultura nordestina, em função da alta demanda internacional, aliado a capacidade do setor de se desenvolver rapidamente devido a existência de tecnologia e abelhas muito produtivas.

Segundo Khan et al. (2014), a apicultura brasileira tem se expandido consideravelmente, tendo o mel como o principal produto. Cabe mencionar que fatores como condições climáticas, espécie da abelha, tipo floral visitado, processamento e armazenamento exercem influência sobre a composição físico-química e, por conseguinte, sobre a qualidade do mel produzido (SILVA et al., 2004). Diversos parâmetros físico-químicos vêm sendo utilizados na caracterização do mel. Nesse contexto, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) preconiza parâmetros de controle de qualidade estabelecidos por uma legislação própria, cujos padrões ou faixas de variação com valores considerados referência estão reportados na Instrução Normativa Nº 11, de 20 de outubro de 2000 (BRASIL, 2000). Por outro lado, não estão estipulados na legislação vigente padrões para variáveis como condutividade elétrica e teor de proteína bruta, por exemplo.

O estado de Pernambuco tem se destacado na apicultura nacional e apresenta grande potencial para crescimento dessa atividade econômica, tendo em vista, além de outros fatores, a diversidade de espécies vegetais que podem ser visitadas pelas abelhas, sendo essa flora apícola bastante variável, a depender da zona geográfica. Gomes et al. (2017), ao descreverem o perfil da atividade apícola na região da zona da mata sul de Pernambuco com ênfase na produção e qualidade dos méis produzidos, relataram que as amostras coletadas de apiários localizados em áreas de mangue, mata atlântica e região canavieira apresentaram qualidade satisfatória e estavam conforme o estabelecido pela legislação brasileira. Por outro lado, são necessários novos estudos a fim de comprovar a conformidade dos méis em outros momentos de coleta, com vistas à obtenção de respostas que comprovem ou não a constância do atendimento aos padrões físico-químicos necessários.

Em adição, o sertão Pernambucano apresenta características ambientais próprias, no que diz respeito a solo, clima e relevo, além de uma vegetação diversificada, com predomínio do bioma caatinga, fatores estes que propiciam a atividade apícola. Nesse sentido, a variabilidade das espécies vegetais que podem ser visitadas pelas abelhas pode interferir consideravelmente sobre as características dos méis produzidos, o que sinaliza a necessidade de investigações científicas que tracem o perfil dos méis oriundos dessa região. Objetivando-se realizar um levantamento das espécies vegetais visitadas por *Apis mellifera*, em áreas de Caatinga de municípios do sertão do estado de Pernambuco, Silva (2012), concluiu que existe riqueza florística na região, possivelmente pela conservação da vegetação nativa das áreas avaliadas.

Diante do exposto, hipotetizou-se que existem floras apícolas mais apropriadas para assegurar os parâmetros físico-químicos de méis coletados em diferentes regiões geográficas do estado de Pernambuco, fazendo com que esses produtos obedeçam aos padrões estabelecidos pelo MAPA e reportados em trabalhos científicos. Assim, a realização de análises de natureza física e química contribui para caracterização do produto e determinação da qualidade do mel produzido, que segue para o mercado e, conseqüentemente, chega até os consumidores finais. Estudos que visam compreender o perfil do mel produzido em diferentes regiões geográficas e relacionar as características do produto às espécies vegetais utilizadas pelas abelhas são fundamentais. Assim, objetivou-se investigar os parâmetros físico-químicos de méis de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) produzidos em ambientes com distintas espécies vegetais.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de méis de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) utilizadas na pesquisa (n=12) foram obtidas diretamente de seis apicultores de diferentes municípios da Região Metropolitana do Recife (municípios de Cabo de Santo Agostinho e Moreno) e Zona da Mata de Pernambuco (município de Escada), sendo estes elaborados predominantemente a partir de espécies vegetais ocorrentes em área de manguezal, área com eucalipto (*Eucalyptus* sp.) e com cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.); e de diferentes municípios do sertão do estado de Pernambuco (municípios de Ibimirim, Inajá e Trindade), sendo estes elaborados predominantemente a partir das floradas de algaroba (*Prosopis juliflora*), aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) e cajueiro (*Anacardium occidentale* L.). As amostras foram acondicionadas em frascos de vidro transparente, hermeticamente fechados e devidamente etiquetados com as informações do local de produção.

Os méis coletados foram conduzidos ao Laboratório de Nutrição Animal (LNA) do Departamento de Zootecnia (DZ) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), situado em Recife - PE, para realização das seguintes análises físico-químicas: pH, cor, acidez, condutividade elétrica, umidade e cinzas. Para determinação dos parâmetros físico-químicos foram utilizadas as metodologias preconizadas pela Instrução Normativa (IN nº 11/2000) do MAPA (BRASIL, 2000), além de metodologias recomendadas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

Para análise de umidade e cinzas das amostras, pesou-se 10g de cada amostra de mel e transferiu-se para cadinhos de porcelana previamente limpos, secos e pesados. As amostras foram então levadas para uma estufa de circulação forçada a 105°C durante 16h. Após isso, pesou-se novamente os cadinhos para avaliação da perda de água e os mesmos foram levados ao forno mufla a 600°C por 4h. Por fim, a amostra foi pesada novamente para avaliação do teor de cinzas.

Para determinação de pH, foram pesados 10g de mel e diluídos com 75mL de água destilada. Esta solução foi colocada num banho gelado até que a mistura atingisse a temperatura de 20°C (aferida com auxílio do termômetro digital). Posteriormente, o pH foi determinado por leitura direta com potenciômetro previamente calibrado. Com a mesma mistura, fez-se a leitura da amostra em um condutivímetro previamente calibrado. O valor de condutividade obtido foi multiplicado por 1,5 e os resultados apresentados em mS/cm.

Para análise de acidez, realizou-se preparo de soluções e padronização (solução de NaOH 0,1 mol/L). Para tanto, dissolveu-se 4,0g de hidróxido de sódio P.A. em água destilada e, em seguida, transferiu-se a massa previamente diluída para um balão volumétrico de 1000mL com a consequente aferição do volume com água destilada. Pesou-se em erlenmeyer aproximadamente 0,5g de biftalato de potássio pré-seco em estufa de 105°C por duas horas. Em seguida, adicionou-se 50mL de água destilada e homogeneizou-se o sistema até total dissolução do sólido. Adicionou-se ao recipiente 2 gotas de solução hidroalcoólica de fenolftaleína 1% (m/v) e então a mistura foi titulada com o NaOH preparado, até a viragem do sistema para coloração rósea. Ao fim do processo, utilizou-se o fator de correção a partir da seguinte fórmula:

$$F = (m/0.02042.V)$$

Onde m é a massa exata de hidróxido de sódio pesada e V é o volume de solução de NaOH gasto na titulação.

Para determinação da acidez, pesou-se 10g do mel em um béquer e adicionou-se 75mL de água destilada e então o sistema foi homogeneizado manualmente até total solubilização. O eletrodo de um potenciômetro previamente calibrado foi então inserido no béquer e o pH do sistema foi observado. Adicionou-se, com o auxílio de uma bureta, gota a gota do NaOH 0,1 mol/L padronizado com o sistema em constante agitação até o sistema atingir pH = 8,3. O cálculo da acidez do mel foi então realizado a partir da fórmula:

$$\text{Acidez (mEq/Kg)} = \text{Volume gasto (NaOH)} \times \text{fator de correção (NaOH)} \times 10$$

Quanto a análise da cor, pesou-se 1,0g do mel e dilui-se em 2,0mL de água destilada. Então o sistema foi deixado em repouso de 10 a 15 minutos. Em seguida, transferiu-se a mistura para uma cubeta de quarto limpa e a absorvância da amostra foi medida no comprimento de onda de 635nm (o branco para calibração do espectrofotômetro foi a glicerina). O valor de absorvância obtido foi convertido em mm Pfund a partir da fórmula abaixo e a faixa de coloração que se encontra o mel foi verificado pela tabela Pfund.

$$\text{mm Pfund} = (371,39 \times \text{Abs } 635 \text{ nm}) - 38,70$$

Com base nos resultados obtidos foi realizada avaliação comparativa entre os valores encontrados na pesquisa e aqueles reportados pela legislação vigente, a fim de se determinar a qualidade dos méis em função da flora apícola visitada pelas abelhas. Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva, com determinação da média e desvio padrão, utilizando-se o programa Microsoft Excel® 2016.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que os valores de pH dos méis coletados na Região Metropolitana do Recife e Zona da Mata de Pernambuco oscilaram entre 3,86 e 4,37 (valor médio de 4,05) (Tabela 1), mantendo-se na faixa considerada normal.

Parâmetro	Melato de cana-de-açúcar (n=2)	Mel do mangue (n=2)	Mel de eucalipto (n=2)
pH	3,91±0,04	4,37±0,05	3,86±0,05
Cor	Âmbar escuro	Âmbar	Âmbar escuro
Acidez (mEq/Kg)	31,9±1,09	29,1±0,85	41,6±0,97
Condutividade (mS/cm)	539,0±30,37	575,4±33,03	741,1±20,14
Umidade (%)	22,0±0,22	18,0±0,17	23,0±0,18
Cinzas (%)	0,25±0,04	0,36±0,04	0,33±0,06

Tabela 1 - Média e desvio padrão para características físico-químicas de méis produzidos a partir de diferentes espécies vegetais na Região Metropolitana do Recife e Zona da Mata de Pernambuco.

Com relação aos méis coletados no Sertão do estado, os valores de pH apresentaram variação de 4,06 a 4,49, cujo valor médio foi de 4,22 (Tabela 2).

Parâmetro	Mel de cajueiro (n=2)	Mel de aroeira (n=2)	Mel de algaroba (n=2)
pH	4,06±0,03	4,11±0,03	4,49±0,05
Cor	Âmbar	Âmbar	Âmbar claro
Acidez (mEq/Kg)	23,9±1,03	29,5±1,05	27,6±0,98
Condutividade (mS/cm)	714,0±18,89	546,0±29,98	555,2±18,14
Umidade (%)	20,50±0,20	23,35±0,21	19,98±0,17
Cinzas (%)	0,39±0,07	0,32±0,07	0,31±0,04

Tabela 2 - Média e desvio padrão para características físico-químicas de méis produzidos a partir de espécies vegetais do sertão Pernambucano.

De acordo com Leal et al. (2001), o mel é naturalmente ácido, estando o pH compreendido entre 3,3 e 4,6, sendo a variação dos ácidos orgânicos causada pelas diversas fontes de néctar, as diferenças na composição do solo ou a associação de espécies vegetais os fatores responsáveis pela flutuação desse parâmetro (ABADIO FINCO et al., 2010). Um indício da ocorrência de fermentação ou adulteração dos méis seria a alteração desses valores. Assim, o pH serve como parâmetro auxiliar na análise de controle de qualidade do mel (LEAL et al., 2001).

A coloração do mel pode variar significativamente em função da florada, embora algumas possíveis reações enzimáticas, o armazenamento prolongado, a luz, o aquecimento e o processo de colheita também possam escurecer o mel (CRANE, 1983; MARCHINI et al., 2005). O MAPA (BRASIL, 2000) estabelece como padrão aceitável que o mel apresente coloração de levemente amarelada à castanho escuro. Portanto, as amostras colhidas para esse estudo se mantiveram dentro dos padrões exigidos pela legislação, entre as cores âmbar e âmbar escuro (Tabelas 1 e 2). Segundo Bastos de Maria; Moreira (2003), os méis de néctar têm coloração variada, desde quase transparente até o marrom escuro. A cor escura não indica que o mel seja de qualidade duvidosa, ao contrário, são méis ricos em elementos minerais e substâncias essenciais. No mercado em geral, o mel é julgado por sua cor, sendo que os mais claros alcançam preços mais altos em relação aos escuros (CRANE, 1983).

As variações obtidas neste quesito foram de 29,1 a 41,6 (Tabela 1) e de 23,9 a 29,5 (Tabela 2), demonstrando que os méis se enquadraram nas recomendações de qualidade mencionadas pela legislação brasileira. O MAPA (BRASIL, 2000) estabelece que esses valores se apresentem até o limite máximo de 60 Meq/kg de acidez para o mel de abelha. A acidez é importante para manter a estabilidade e reduzir os riscos de desenvolvimento de microrganismos, mas pode influenciar diretamente no sabor do mel. O responsável pela acidez natural do mel, é o ácido glucônico, produzido através da enzima glicose-oxidase, que continua agindo mesmo após o processamento do mel, durante seu armazenamento (ALVES et al., 2005). A acidez pode ser determinada pela oscilação dos ácidos orgânicos originados pelas diferentes fontes de néctar coletadas pelas abelhas (ROOT, 1985; OLIVEIRA; SANTOS, 2011). Adicionalmente, fatores como a concentração de íons inorgânicos presentes na composição (fosfato e cloreto, por exemplo) podem alterar a acidez do mel (WHITE JÚNIOR, 1978). Os valores de pH e acidez, assim como a cor das amostras de méis utilizadas no presente estudo, estão condizentes com os resultados reportados por Gomes et al. (2017), que avaliaram a produção e qualidade do mel produzido na Zona da Mata do estado de Pernambuco.

Segundo Alves et al. (2005), a condutividade elétrica não configura uma variável exigida pela legislação brasileira, mas é considerada um bom critério para determinação botânica do mel e atualmente substitui a análise de teor de cinzas, pois essa medição é diretamente proporcional ao teor de minerais do mel. A condutividade elétrica representa uma propriedade intimamente relacionada com a concentração de sais minerais, ácidos orgânicos e proteínas (BRASIL, 2000).

Os teores de umidade obtidos nas amostras variaram de 18 a 23,35% (Tabelas 1 e 2). No entanto, o MAPA (BRASIL, 2000) admite um valor máximo de 20%, sendo a margem ideal entre 17 e 18%. Os únicos méis que atenderam aos requisitos legais nesse aspecto analisado foram o do Mangue e o de Algaroba. Segundo Marchini et al. (2005), uma das possíveis razões para os valores de umidade se apresentarem acima do permitido é a colheita do mel oriundo de favos não operculados ou ainda período e/ou condições de armazenamento inadequados, podendo o mel ter absorvido umidade do ambiente. A umidade é importante para manter a fluidez do mel, bem como sua viscosidade. No entanto, em altos teores pode diminuir seu tempo de prateleira, favorecendo a fermentação do produto (CAVIA et al., 2002). Assim, para a manutenção de um baixo teor de umidade deve-se adotar boas práticas de produção, do apiário até o processamento (extração, decantação, homogeneização e envase).

A análise das cinzas é uma variável que pode determinar possíveis irregularidades no mel, como não filtração no processo final de retirada do mel pelo apicultor, além de falta de higiene durante sua manipulação (EVANGELISTA-RODRIGUES et al., 2005). O máximo de cinzas permitido pela legislação brasileira é de 0,6%, tolerando no mel de melato e suas misturas com mel floral até 1,2% (BRASIL, 2000). Sendo assim, as amostras analisadas se mantiveram ainda distantes do máximo de cinzas permitido (Tabelas 1 e 2). Os elementos minerais encontram-se em baixa quantidade no mel, mas influenciam na sua coloração, estando em maior concentração nos méis escuros (BOGDANOV et al., 1997). A sua concentração pode ser alterada em função de diversos fatores como a origem floral, região, espécie de abelhas e tipo de manejo.

A variação que pode ser observada nos parâmetros estudados neste trabalho pode estar relacionada ao tipo de néctar que as abelhas utilizaram para produzir o mel. De acordo com Damasia-Gomes et al. (2015), as análises de natureza físico-químicas em amostras de méis são fundamentais para garantir ao consumidor a qualidade do produto adquirido, assim como respaldar o apicultor em relação a excelência do produto por ele comercializado. Além disso, a caracterização do perfil físico-químico de méis contribui com a fiscalização dos produtos importados e com o controle da qualidade do mel produzido no país (SANTOS et al., 2011).

CONCLUSÃO

As amostras de méis oriundas dos diferentes apiários analisados apresentam qualidade e estão dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira, para a maioria dos parâmetros considerados. Nesse contexto, é possível inferir que o controle de qualidade, as técnicas de manejo e o processamento estão sendo executados adequadamente, visando atender aos requisitos necessários à comercialização e consumo do mel.

No entanto, o parâmetro de umidade dos méis foi o único que não atendeu aos padrões exigidos pela legislação brasileira, ficando acima do valor permitido na maioria dos méis analisados, podendo ter ocorrido uma possível falha durante a extração do mel, o que indica a necessidade de maiores cuidados durante essa etapa, a fim de evitar alteração na qualidade do produto. Adicionalmente, sugere-se que estudos futuros analisem a composição físico-química dos méis em distintos momentos do ano, envolvendo maior número de amostras, com vistas a obtenção de informações mais robustas e que melhor caracterizem os méis das regiões geográficas em estudo.

REFERÊNCIAS

- ABADIO FINCO, F. D. B.; MOURA, L. L.; SILVA, I. G. Propriedades físicas e químicas do mel de *Apis mellifera* L. **Food Science and Technology**, v. 30, n. 3, p. 706-712, 2010.
- ALVES, R. M. O.; CARVALHO, C. A. L.; SOUZA, B. A.; SODRÉ, G. S.; MARCHINI, L. C. Características físico-químicas de amostras de mel de *Melipona mandacaia* Smith (Hymenoptera: apidae). **Food Science and Technology**, v. 25, n. 4, p. 644-650, 2005.
- BASTOS DE MARIA, C. A.; MOREIRA, R. F. A. Volatile compounds in floral honeys. **Química Nova**, v. 26, n. 1, p. 90-96, 2003.
- BOGDANOV, S.; MARTIN, P.; LÜLLMANN, C.; BORNECK, R.; FLAMINI, C.; MORLOT, M.; HERETIER, J.; VORWOHL, G.; RUSSMANN, H.; PERSANO-ODDO, L.; SABATINI, A. G.; MARCAZZAN, G. L.; MARIOLEAS, P.; TSIGOURI, K.; KERKVLIT, J.; ORTIZ, A.; IVANOV, T. Harmonized Methods of the European Honey. **Apidologie**, p. 1-59, 1997.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000**. Regulamento Técnico de identidade e qualidade do mel. Diário Oficial da União.
- CAVIA, M. M.; FERNÁNDES-MUIÑO, M. A.; GÓMEZ-ALONSO, E.; MONTES-PÉREZ, M. J.; HUIDOBRO, J. F.; SANCHO, M. T. Evolution of fructose and glucose in honey over one year: influence of induced granulation. **Food Chemistry**, v. 78, n. 2, p. 157-161, 2002.
- CRANE E. **O livro do mel**. 2ªed., São Paulo: Nobel, 1983
- DAMASIA-GOMES, L.; FALEIRO, K. M.; SANTOS, S. O.; GUIMARÃES, L. E.; SILVA-NETO, C. M. Physical-chemical characteristics of honey on Brazil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 670-682, 2015.
- EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; SILVA, E. M. S.; BESERRA, E. M. F.; RODRIGUES, M. L. Análise físico-química dos méis das abelhas *Apis mellifera* e *Melipona scutellaris* produzidos em duas regiões no Estado da Paraíba. **Ciência Rural**, v. 35, n. 5, p. 1166-1171, 2005.
- GOMES, R. V. R. S.; MIRANDA, M. E.; GOMES, E. N.; SOMBRA, D. S.; SILVA, J. B. A. Produção e qualidade de mel na zona da mata de Pernambuco. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 26, p. 539-549, 2017.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 1ª ed., São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

KHAN, A. S.; VIDAL, M. F.; LIMA, P. V. P. S.; BRAINER, M. S. C. P. **Perfil da apicultura no Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2014.

KUROISHI, A. M.; QUEIROZ, M. B.; ALMEIDA, M. M. QUAST, L. B. Avaliação da cristalização de mel utilizando parâmetros de cor e atividade de água. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 1, p. 84-91, 2012.

LEAL, V. M.; SILVA, M. H.; JESUS, N. M. Aspecto físico-químico do mel de abelhas comercializado no município de Salvador - Bahia. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 1, n. 1, p. 14-18, 2001.

MARCHINI, L. C.; MORETI, A. C. C. C.; OTSUK, I. P. Análise de agrupamento, com base na composição físico-química, de amostras de méis produzidos por *Apis mellifera* L. no Estado de São Paulo. **Food Science and Technology**, v. 25, n. 1, p. 8-17, 2005.

OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C. Análise físico-química de méis de abelhas africanizada e nativa. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 70, n. 2, p. 132-138, 2011.

ROOT, A. I. **ABC y xyz de la apicultura: enciclopedia de La cria científica y práctica de las abejas**. Buenos Aires: Editorial Hemisfério Sur, 1985.

SANTOS, D. C.; OLIVEIRA, E. N. A.; MARTINS, J. N. Caracterização físico-química de méis comercializados no município de Aracati-CE. **Acta Veterinária Brasilica**, v. 5, n. 2, p. 158-162, 2011.

SILVA, C. L.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Caracterização físico-química de méis produzidos no Estado do Piauí para diferentes floradas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 2/3, p. 260-265, 2004.

SILVA, C. S. R. **Origem botânica e produção de méis de municípios do sertão central do estado de Pernambuco**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina.

SOARES, K. M. P.; AROUCHA, E. M. M. Características e propriedades inerentes ao mel. **PUBVET**, v. 4, n.9, p. 1-13, 2010.

WHITE JÚNIOR, J. W. Honey. **Advances in Food Research**, v. 22, p. 287-374, 1978.

ENSAIO PARA PRODUÇÃO COMERCIAL DE PÓLEN APÍCOLA EM ÁREA DE AMAZÔNIA LEGAL. ARAGUAÍNA, TO

Acceptance date: 01/07/2024

Edésio da Silva Almeida

Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Centro de Ciências Agrárias (CCA) Araguaína – Tocantins
<https://lattes.cnpq.br/1920212418853693>

Letícia Liandra de Souza Barbosa

Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Centro de Ciências Agrárias (CCA) Araguaína – Tocantins
<http://lattes.cnpq.br/4722771757876974>

Rômulo Augusto Guedes Rizzardo

Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Centro de Ciências Agrárias (CCA) Araguaína – Tocantins
<http://lattes.cnpq.br/8220832219694583>

RESUMO: A atividade apícola e sua diversidade de produtos são geradores de receitas na propriedade rural, mas é preciso o manejo adequado e tecnologias para desenvolver a produção de pólen apícola na região norte do país, ainda pouco explorado na região, podendo aumentar a renda dos apicultores, aliado com a produção de mel. O objetivo desse trabalho foi determinar o efeito das condições ambientais do ecótono Cerrado Amazônia sobre a coleta e armazenamento de alimento pelas abelhas e possibilidade da produção comercial no período de maior oferta de alimento. O

experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Norte do Tocantins. Foram sorteadas doze colônias de abelhas melíferas previamente homogeneizadas e em produção, dentre aquelas disponíveis no apiário e divididas em dois grupos: Produção de comercial de mel e pólen e Produção comercial de mel (controle). Foram instalados os coletores e coletado diariamente, de terça a sexta-feira, sempre no mesmo horário. A produtividade média diária das colônias variou entre 22 e 50 gramas, sendo que a segunda semana de maio teve uma produtividade de 368,20 e 799,62g/colônia/semana. Essas variações de produtividade podem estar relacionadas a vários motivos como aptidão de forrageamento de pólen, variações climáticas, diversidade floral e manejo das colmeias. Quanto a produção de mel, as colônias com coleta de pólen, apresentaram produção média na 1ª safra, final deste experimento, de 13,22kg por colônia, enquanto as testemunhas produziram uma média de 15,06kg por colônia. É viável a produção comercial de pólen apícola na região e mel podem agregar maior potencial para geração de renda ao apicultor do que apenas a produção de mel.

PALAVRAS-CHAVE: Pólen; Produção; Clima; Mel; Renda; Amazônia

TRIAL FOR COMMERCIAL PRODUCTION OF BEE POLLEN IN A LEGAL AMAZON AREA. ARAGUAÍNA, TO

ABSTRACT: Beekeeping activity and its diversity of products generate income on rural properties, but appropriate management and technologies are needed to develop bee pollen production in the northern region of the country, which is still little explored in the region, which can increase beekeepers' income, combined with honey production. The objective of this work was to determine the effect of the environmental conditions of the Cerrado Amazonia ecotone on the collection and storage of food by bees and the possibility of commercial production during the period of greatest food supply. The experiment was conducted at the Agricultural Sciences Center of the Federal University of Northern Tocantins. Twelve honey bee colonies previously homogenized and in production were drawn from among those available in the apiary and divided into two groups: Commercial production of honey and pollen and Commercial production of honey (control). Collectors were installed and collected daily, from Tuesday to Friday, always at the same time. The average daily productivity of the colonies varied between 22 and 50 grams, with the second week of May having a productivity of 368.20 and 799.62g/colony/week. These productivity variations may be related to several reasons such as pollen foraging ability, climatic variations, floral diversity and hive management. As for honey production, the colonies with pollen collection presented an average production in the 1st harvest, at the end of this experiment, of 13.22kg per colony, while the controls produced an average of 15.06kg per colony. The commercial production of bee pollen in the region is viable and honey can add greater potential for generating income for the beekeeper than just honey production.

KEYWORDS: Pollen; Production; Climate; Honey; Income; Amazon

INTRODUÇÃO

A atividade apícola no Brasil teve seu início no ano de 1839, quando o padre Antônio Carneiro trouxe algumas colônias de abelhas da espécie *Apis mellifera* da região do Porto, em Portugal, para o Rio de Janeiro, depois outras subespécies foram introduzidas principalmente pelos imigrantes europeus, na região do sul e sudeste. A partir de 1956, no entanto, com a dispersão de abelhas de raças africanas, teve início o processo conhecido como africanização da apicultura brasileira e, posteriormente, da maioria do continente americano. A abelha africanizada hoje é encontrada em quase todo continente, do paralelo 30°S, na Argentina até o sul dos Estados Unidos (KERR, DEL RIO E BARRIONUEVO, 1982; BUCHMANN E NABHAN, 1996; OLIVEIRA E CUNHA, 2005; SEBRAE 2015).

O manejo destas abelhas pelo homem é uma atividade de grande importância na produção animal e na diversificação da renda em propriedades rurais, devido ao fato de ser atividade econômica voltada à conservação do meio ambiente, à intensificação da agricultura através da polinização, e praticada de forma racional em todas as regiões do Brasil (RIZZARDO et al., 2012; MILFONT et al. 2013; DE SOUZA et al., 2016). De acordo com dados produtivos do ano de 2019, a Região Sul do país se destaca com 38,2% da produção nacional de mel, seguida pelo Nordeste e Sudeste, com 34,3% e 21,4%,

respectivamente. O restante da produção, 6,1 %, está dividido entre Centro-Oeste e Norte (IBGE, 2019). No Norte do país, onde estão presentes os dois maiores biomas nacionais, Amazônia e Cerrado, é uma atividade que tem grande potencial produtivo, mas ainda não se tornou tradicional.

O pólen apícola é um alimento consumido há séculos. No Egito Antigo era chamado de “o pó que dá a vida”. Na Grécia, Hipócrates indicava o consumo para seus pacientes por acreditar em seu potencial terapêutico (CAMPOS et al., 2008, apud MELO et al.,2018). Na América do Norte, há registros de consumo intencional entre os anos de 1.400 e 200 a.C. por indígenas (REINHARD; HAMILTON; HEVLY, 1991; LINSKENS; JORDE, 1997, apud MELO et al.,2018). Recentemente, pesquisas confirmaram o potencial nutritivo e biológico deste alimento. Entende-se por pólen apícola “o resultado da aglutinação do pólen das flores, efetuada pelas abelhas operárias, mediante néctar e suas substâncias salivares, o qual é recolhido no ingresso da colmeia” (MELO et al.,2018).

É importante o manejo adequado para maximizar a produção de pólen apícola na região norte do país, ainda pouco explorado na região, podendo aumentar a renda dos apicultores, aliado com a produção de mel. O pólen apícola também vem sendo estudo para suplementação de animais monogástrico como alternativa de melhorar o desempenho zootécnico, adicionado à formulações de dietas como aditivo alimentar em frango de corte e codorna. (GENOVA et al., 2020; RODRIGUES et al., 2018; OLIVEIRA et al.,2020)

Geralmente explorada como fonte de renda complementar, a criação de abelhas é dependente da flora local e necessita que os recursos naturais sejam preservados, atendendo sobremaneira os três requisitos da sustentabilidade: econômico, por gerar renda aos produtores rurais; social, porque utiliza a mão de obra familiar, fixando o homem ao campo e diminuindo a migração para a zona urbana; e ecológico, por não desmatar, estimulando a restituição da vegetação nativa a fim de suprir o requerimento de manutenção e produção das abelhas (WIESE, 2005).

Na Amazônia e seus arredores, região Norte de modo geral, a agricultura familiar apresenta grande importância na base produtiva, no entanto tem na apicultura uma parcela ainda incipiente, com potencial de desenvolvimento se utilizadas de formas organizadas e com tecnologias de manejos adequados. Dentre as principais dificuldades para o pleno desenvolvimento desta atividade na região é a de tornar as colônias fortes o suficiente para boa produção de mel e pólen no período das floradas e evitar o enfraquecimento e perda das mesmas no período de escassez de alimento, fato geralmente observado na apicultura brasileira e que se apresenta de forma marcante nesta região do país (RAMALHO-SOUSA et al., 2017).

É importante entender, no entanto, o comportamento de forrageamento das *Apis mellifera*, geralmente mais intenso no período da manhã, onde a coleta de pólen e néctar parece ser facilitada pelo maior número de flores jovens abertas (ALMEIDA, 2008). As variações climáticas, de temperatura, umidade, pluviosidade, são também necessárias

para o entendimento da atividade apícola e o desenvolvimento de atividades voltadas para o manejo correto. Dentre as possíveis razões para a dificuldade de fortalecimento e sobrevivência de colônias de *Apis mellifera* em regiões equatoriais, suspeita-se que a condição climática, com muita chuva, temperatura e umidade elevada, possam desempenhar papel relevante no aumento da mortalidade de larvas e diminuição da taxa de postura da abelha rainha, enfraquecendo a colônia (ROUBIK, 1989).

Apesar de alguns trabalhos já virem sugerindo o impacto negativo destes fatores para esta espécie de abelha, existe a possibilidade de praticar a apicultura, produzindo mel, pólen, própolis, cera e até mesmo apitoxina na região Norte (ROSA et al., 2014; RAMALHO-SOUSA et al., 2017; DA SILVA, 2018). Existe ainda, a necessidade de desenvolver rotina de manejo específica para a região, no sentido de minimizar o impacto do clima tropical úmido na dinâmica populacional e aumentar a produtividade das colônias de abelhas melíferas.

O objetivo desse trabalho foi determinar o efeito das condições ambientais do ecótono Cerrado Amazônia sobre a coleta e armazenamento de alimento pelas abelhas e possibilidade da produção comercial. Medir a produção comercial de pólen apícola por colônia, durante o período seco do ano (período de maior oferta de alimento), avaliar a entrada de alimento nas colônias ao longo do ano e medir a produção de mel.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), no município de Araguaína, região Norte do Tocantins, BR-153, Km 112, s/n°. Prevalece vegetação de transição Cerrado e Amazônica.

Foram sorteadas doze colônias de abelhas melíferas previamente homogêneas e em produção, dentre aquelas disponíveis no apiário da UFNT-CCA, e divididas em dois grupos: 1) Produção de comercial de mel e pólen; 2) Produção comercial de mel (controle).

O modelo de coletor de pólen que foi utilizado é o externo, acoplado no alvado da colmeia, sem cobertura, com grade de retenção inclinada a 45° graus, perfurações com diâmetro de 4,3 a 4,5mm, espessura de 3mm. O pólen era armazenado em bolsas confeccionadas em tecido poliéster e coletado diariamente, de terça a sexta-feira, sempre no mesmo horário, perfazendo intervalos diários de 24h. Às segundas-feiras, às 11:00h, eram instalados os coletores de pólen nas colmeias que permaneciam até as sextas-feiras, às 11:00h. Foi feito um período de adaptação antes de instaladas as grades de retenção (trampas). Desta forma, foram realizadas quatro coletas semanais, durante os meses secos do ano ou enquanto houve produção de mel nas colmeias, considerando assim o período propício à produção apícola. Foi avaliada a produção diária, semanal e mensal de pólen, bem como a produção de mel por colônia.

Após a coleta diária de pólen, cada amostra foi acondicionada em frascos plásticos individuais, devidamente identificados e congelados para posterior processamento e outras

avaliações ligadas à qualidade nutricional, seguindo a metodologia de beneficiamento para pólen apícola desidratado de Milfont, Freitas e Alves, (2011).

Durante os dias de coleta os dados meteorológicos foram coletados da estação meteorológica situada na EMVZ, no Instituto Nacional de Meteorologia- INMET. Os dados relativos à temperatura, umidade relativa média do ar e pluviosidade.

Foi considerado um experimento em delineamento inteiramente casualizado, onde a colmeia foi a unidade experimental, totalizando 12 repetições. Os dados foram submetidos a análise de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e homogeneidade de variância pelo teste de Bartlett. Satisfeitas essas pressuposições, os dados foram avaliados por teste *f* e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

RESULTADO E DISCUSSÃO

De acordo com os dados obtidos no experimento de produção de pólen, temos na tabela 1, a produção semanal e total das colônias ao longo do período propício para produção apícola. É possível verificar a produção de pólen apícola durante todo o período de baixa pluviosidade estudado, na Região Norte do Tocantins, bem como a possibilidade de ser trabalhado comercialmente, como incremento de renda para os apicultores da região,

Na tabela 1 é possível verificar a coleta de pólen apícola no período de 18 semanas, entre os meses de março 30/03/2021 a agosto 13/08/2021. Foram 330 amostras coletadas.

Mês Semana	Colmeia 01	Colmeia 02	Colmeia 03*	Colmeia 04	Colmeia 05	Colmeia 06*	Média semanal
Março 4	83,05	93,10	96,14	94,85	117,56	131,98	102,78bc**
Abril 1	53,89	51,00	64,82	78,23	107,88	95,61	75,24 bc
Abril 2	177,67	161,47	205,16	148,91	314,11	198,40	200,95 b
Abril 3	51,79	42,89	107,56	93,51	138,58	118,31	92,11 bc
Abril 4	86,94	39,19	113,04	51,21	102,82	199,61	98,80 bc
Mai 1	47,17	32,68	68,76	53,92	110,01	126,15	73,11 bc
Mai 2	655,70	368,20	574,28	527,54	735,98	799,62	610,22 a
Mai 3	86,35	39,55	77,04	50,00	6,31	48,72	51,33 bc
Mai 4	22,23	16,01	47,42	46,97	11,98	26,04	28,44 c
Junho 2*	23,29	86,48	21,80	30,95	***	***	40,63 bc
Junho 3	66,68	162,06	48,85	47,82	155,32	***	96,15 bc
Junho 4	132,33	123,52	77,76	80,17	142,43	163,58	119,96 bc
Julho 1	156,65	123,88	27,21	90,29	218,49	383,61	166,69 bc
Julho 2	170,67	83,37	26,54	102,69	204,85	335,94	154,01 bc
Julho 3	62,93	17,13	***	79,40	118,36	146,89	84,94 bc
Julho 4	62,97	***	***	69,21	69,04	87,91	72,28 bc
Agosto 1	104,05	20,30	***	131,97	124,12	83,40	92,77 bc
Agosto 2	187,44	55,16	53,43	327,87	218,99	235,41	179,71 b
Média (p>0,05)	123,99	89,18	107,32	116,97	170,40	198,82	
TOTAL	2.231,8	1.516,0	1.609,8	2.105,5	2.896,8	3.181,2	

* Com trampa de orifício de 4,5mm;

* Entre os meses de maio e junho houve período de 15 dias sem coleta de pólen, para fortalecimento das colônias.

** Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si.

*** Não houve coleta devido à redução na população da colônia.

Tabela 1. Produção média semanal, em 4 dias de coleta, de pólen apícola, em gramas, na região de ecótono Cerrado Amazônia, em Araguaína, TO. 2021

De acordo com os dados apresentado na tabela 1, a segunda semana de maio foi a mais produtiva, com 610,22g em quatro dias de coleta, ou seja, produção média de 152,55g de pólen apícola por colmeia/dia. Por outro lado, tem-se na última semana de maio a menos produtiva, com média de 7,11g de pólen por colmeia/dia. Estes resultados demonstram a necessidade de compreensão da escala e do manejo produtivo para esta finalidade. Em média, a produção das colônias variou entre 22 e 50 gramas diárias de pólen. Embora estejam abaixo daqueles valores preconizados para produção de pólen apícola, entre 50 e 150g diárias, acredita-se que com o fortalecimento do manejo e a condução de novos trabalhos neste sentido, os índices possam sofrer melhoras, estimulando a produção de pólen apícola no estado do Tocantins, que hoje é inexistente (ALMEIDA et al., 2013).

Data	Prec. total(mm)	T.Máx. (°C)	T. Min. (°C)	U.R (%)
Mar/21	244,5	31,6	21,7	83,5
Abr/21	77,4	32,3	21,9	81,0
Mai/21	53,2	32,7	20,0	76,6
Jun/21	14,0	33,7	18,9	71,2
Jul/21	4,0	34,0	17,5	65,5
Ago/21	1,4	35,8	17,5	55,3

Tabela 2. Dados meteorológicos, coletados em região de Ecótono Cerrado Amazônia, no município de Araguaína, TO.

Fonte: INMET, Instituto Nacional de Meteorologia

A produção de pólen tem variações de acordo com o período de coleta ano e variações ambientais climáticas, sendo elas a temperatura, umidade relativa do ar, precipitação que podem afetar a atividade das abelhas forrageadoras para a coleta de alimento para colônia (ALMEIDA; GONÇALVES, 2008). Essas variáveis podem afetar a produção tanto pela escassez de alimentos, ou pelo fato das altas precipitações e umidade alta que tem na região, fazendo com que pólen se desagregar em contato com esses dois últimos fatores.

Ao comparamos a produção de pólen dos meses de abril e maio das colônias de 1 a 4 com o trabalho de Silva et al. (2010), que trabalhou a produção pólen em área de girassol, com suplementações diferentes, que teve uma produção total de 2112,48 g com alimentação energética, tivemos na região sem alimentação com a vegetação nativa uma produção total de 4241,08 g, foi mais que o dobro, a oferta de alimento é maior aqui na região e condições climáticas diferentes. A segunda semana de maio teve uma produtividade de 368,20 e 799,62g/colônia/semana um desempenho superior à produtividade do mês de setembro de 2019 que variou entre 29,63 e 415,75g por colônia/semanal.

Na região tivemos uma produtividade média mensal que variou em 283,80g a 638,06g/colmeia/mês, desconsiderando o mês de março, por ter só uma semana de coleta. De acordo com Fonseca et al., 2006 e De Mattos, 2016, essa variação de produtividade pode ter vários motivos, dentre eles o tamanho de população, variações climáticas, potencial genético de cada colônia e oferta de alimento. Em ensaios feito por Xavier et al. (2020), na caatinga em comparando diferentes coletores obteve produtividade médias de 513g/colmeia/mês.

Meses	Colmeia 01	Colmeia* 02	Colmeia 03	Colmeia 04	Colmeia 05	Colmeia *06
Março	27,683	31,003	32,046	31,618	39,188	43,993
Abril	28,484	23,254	37,737	28,604	51,031	46,994
maio	73,767	41,494	69,772	61,675	96,032	90,958
Junho	21,272	38,676	15,767	15,646	41,582	44,873
Julho	31,583	23,919	8,447	23,460	41,188	64,261
Agosto	36,435	9,433	11,173	57,479	42,889	39,851
Media	37,827	27,562	32,903	35,686	52,670	60,003

Tabela 3. Produção de pólen com Médias diárias, em gramas, coletados em região de Ecótono Cerrado Amazônia, no município de Araguaína, TO.

Os meses que tiveram maiores produtividade em média por dia foram em abril com 28,48 a 51,03g/colmeia/dia e maio com 41,49 a 90,96g/colmeia/dia. A média de alguns apicultores na região sul da Bahia é de 80-100g/dia/colmeia, podendo mais produtividade nos períodos de maior disponibilidade e qualidade da flora, a Bahia é o maior produtor de pólen do Brasil, com 2-4 kg/mensal/colmeia, mas pode ter maiores produtividade devido a coleta monofloral (ALMEIDA et al, 2013). Ainda tem que desenvolver pesquisas para adaptar, melhorar a produção de pólen na região, assim como o modelo de coletor e colônias que sejam suscetíveis ao forrageamento por pólen.

Quanto a produção de mel, as colônias com coleta de pólen, apresentaram produção média na 1ª safra, final deste experimento, de 13,22kg por colônia, enquanto as testemunhas, sem coletores de pólen, produziram uma média de 15,06kg por colônia. Este desempenho equivale a 15,26% de diferença, no entanto, aquelas colônias produziram entre 1,5 e 3,2 kg de pólen apícola na temporada. Levando em consideração que o preço médio do mel na região varia entre R\$30,00 e R\$35,00/kg e o preço do pólen entre R\$120,00 e R\$200,00/kg (ALMEIDA e RIZZARDO, inf. Pessoal), com colmeia produtora de mel é possível chegar a um faturamento entre R\$451,80 e R\$527,10 na temporada da primeira safra. Já com a colônia produtora de mel e pólen, o faturamento com mel (R\$ 396,60 a R\$ 462,70) somado ao faturamento com pólen (R\$ 180,00 a R\$ 640,00), pode atingir valores entre R\$ 576,60 e R\$ 1102,70. De qualquer forma a produção de pólen incrementa o faturamento da colônia. A produção total de pólen deste experimento alcançou 13,55kg, explicitando o potencial para agregação de renda ao apicultor da região.

CONCLUSÕES

É viável a produção comercial de pólen apícola na região.

A produção de mel e pólen agrega maior potencial para geração de renda ao apicultor do que apenas a produção de mel.

Mais pesquisas são necessárias para elucidar o manejo para ampliar a produção.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Gesline Fernandes de; GONÇALVES, Lionel Segui. Fatores que interferem no comportamento enxameatório de abelhas africanizadas. 2008.128 p. Tese (Doutorado Entomologia) Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008.

ALMEIDA, P.M.A al et., Produção De Pólen Apícola: Quantidade De Colmeias, De Apiários E A Produtividade No Litoral Sul da Bahia.in: II Seminário Brasileiro de Própolis e Pólen / V Congresso Baiano de Apicultura e Meliponicultura / VII Seminário de Própolis do Nordeste / II Feira da Cadeia Produtiva da Apicultura e Meliponicultura, Centro de Convenções, Ilhéus, Bahia. 2013. Magistra, Cruz das Almas-BA, v. 25, n.1, Suplemento, maio, 2013. Disponível em: <https://portal.ifrn.edu.br/campus/paudosferros/arquivos/anais-do-ii-seminario-brasileiro-de-propolis-e-polen-2013>. Acesso em 5 de agosto de 2021.

BUCHMANN, S.L.; NABHAN. G.P. The Forgotten Pollinators. Washington, Island. 1996.

DA SILVA, D.F; ARAUJO, I.G; ARAUJO, J.H; WAGNER, R.B; DE MENEZES, L. F.G; ARBOIT, M. Z. Desenvolvimento e produção de pólen em colmeias de *Apis mellifera* L. africanizadas mantidas em cultura de girassol. Revista Agrarian, Dourados, v.3, n.8, p.147-151, 2010.

DA SILVA, N.V. Extração de apitoxina em colônias de abelhas melíferas africanizadas, no município de Araguaína-TO: ensaio quantitativo. Monografia Graduação, Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Araguaína, Curso de Zootecnia. Araguaína, TO. 2018

DE SOUZA, J.A.; DE SOUZA, E.F.M.; MODRO, A.F.H.; PORTO, W.S.; OLIVERIA, D.L. A apicultura em Rondônia (Amazônia Legal): Estudo de caso sobre o arranjo produtivo local da apicultura no Cone Sul. Revista Estudo & Debate, v. 23, n. 2, dez. 2016.

DE MATTOS, I.M. Estudo do melhoramento genético no sistema produtivo de pólen apícola e suas implicações na saúde de abelhas *Apis mellifera* L.2016.114 p. Tese (Doutorado em Genética) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. 2016.

GENOVA, J.L al et. Própolis e pólen apícola na nutrição de animais não ruminantes. Archivos Zootecnia.v.69 124-131. 2020.

KERR, W.E.; DEL RIO, S.L.; BARRIONUEVO, M.D. The southern limits of the distribution of the Africanized honeybee in South America. American Bee Journal, v.122, p.196-198. 1982.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da pecuária municipal. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html>. Acesso em 15 de julho 2021.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia - Banco de Dados Meteorológicos. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/> . Acesso em 2 de agosto 2021.

MELO, A. A. M. et al. Produção, beneficiamento e adequação à legislação do pólen apícola desidratado, produzido no Brasil. Rev. Ciênc. Ext.v.14, n.2, p.55-73, 2018.

MILFONT, M.O.; FREITAS, B.M.; ALVES, J.E. Pólen apícola: manejo para produção de pólen no Brasil. Viçosa, MG: Aprenda Fácil Editora. 2011.

MILFONT, M.O; ROCHA, E.E.M.; LIMA, A.O.N.; FREITAS, B.M. Higher soybean production using honeybee and wild pollinators, a sustainable alternative to pesticides and autopolllination. *Environmental Chemistry Letters (Print)*, v.11, p.335-341, 2013.

OLIVEIRA, M.L.; CUNHA, J.A. Abelhas africanizadas *Apis mellifera scutellata* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera: Apidae: Apinae) exploram recursos na floresta amazônica? *Acta Amazônica*, v.35, p.389-394, 2005.

OLIVEIRA Et al., APROVEITAMENTO DO RESÍDUO DO PÓLEN NA ALIMENTAÇÃO DE *Coturnix coturnix japonica*. *Revista Agrotrópica*. v32 p.139 - 146. 2020. Disponível em https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/ceplac/publicacoes/revista_agrotropica/artigos/2020-DOI-10.21757/0103-3816-2020v32n2p139-146.pdf . Acesso em 5 de julho 2021.

RIZZARDO, R.A.G.; MILFONT, M.O.; DA SILVA, E.M.S.; FREITAS, B.M. *Apis mellifera* pollination improves agronomic productivity of anemophilous castor bean (*Ricinus communis*). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.84, n.4, p.1137–1145. 2012.

RAMALHO-SOUSA, D.S.; TAVARES, D.H.S.; ROSA, F.L.; SOUSA, L.F.; RIZZARDO, R.A.G. Dinâmica populacional de colônias de *Apis mellifera* durante o período chuvoso na região de Araguaína. *Revista Desafios*, Palmas, v.03, n. Especial, 2016 (suplemento). 2017

ROUBIK, D.W. *Ecology and Natural History of Tropical Bee*. Cambridge: University Press, 1989.

RODRIGUES, B.R al et., 2018. Pólen apícola como aditivo em dietas para frangos de corte. *Nativa*, Sinop, v.6, n. 5, p. 551-556, 2018.

ROSA, F.L.; SILVA, A.L.; SILVA, A.O.da; SOARES, C.A.V.; SOUSA, L.F.; RIZZARDO, R.A.G. Sazonalidade da produção de pólen apícola em área de ecótono Cerrado Amazônia, no município de Araguaína, TO. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 24, Vitória, ES. *Anais... XXIV Congresso Brasileiro de Zootecnia*, 2014.

SEBRAE, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. In. *Apicultura-Manual do agente desenvolvimento rural*. Disponível em:<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/conhecendo-historico-da-apicultura-no-brasil,c078fa2da4c72410VgnVCM100000b272010aRCRD>. Acesso 28 de julho 2021.

WIESE, H. *Apicultura*. 2. ed. – Guaíba: Agrolivros, 2005. 378p.

XAVIER, M. S.A; NASCIMENTO, J. E.M; FELIX, J. A; MUNIZ, V. I. M.S M; PEREIRA, J. O. P; ALVES, J. E. Influência do método de coleta e da pluviometria na produtividade de pólen apícola na Caatinga. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 19 n. 4 .2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5965/223811711942020440>. Acesso em 6 de agosto 2021.

AGRONOMIC PERFORMANCE OF *RAPHANUS SATIVUS* L. CULTIVATED IN DENSE FERRALSOLS FERTILIZED WITH ORGANIC COMPOST

Submission date: 08/05/2024

Acceptance date: 01/07/2024

Magda Verônica de Oliveira Neves

Federal University of Reconcavo da Bahia
Cruz das Almas, Bahia
<http://lattes.cnpq.br/7392171852993240>

Marluce Santana de Oliveira

Federal University of Reconcavo da Bahia
Cruz das Almas, Bahia
<http://lattes.cnpq.br/2801398011929713>

Elisângela Gonçalves Pereira

Federal University of Reconcavo da Bahia
Cruz das Almas, Bahia
<http://lattes.cnpq.br/0577755215193821>

Ésio Castro Paes

Federal University of Viçosa
Viçosa - Minas Gerais, Brazil
<https://orcid.org/0000-0001-8384-9613>

Fabiane Pereira Machado Dias

Federal University of Reconcavo da Bahia
Cruz das Almas, Bahia
<https://orcid.org/0000-0002-1153-9613>

Júlio César Azevedo Nóbrega

Federal University of Reconcavo da Bahia
Cruz das Almas, Bahia
<https://orcid.org/0000-0002-2726-8205>

Rafaela Simão Abrahão Nóbrega

Federal University of Reconcavo da Bahia
Cruz das Almas, Bahia
<https://orcid.org/0000-0002-6717-1344>

ABSTRACT: The use of organic fertilizers in agriculture has been increasing and necessary in order not only to offer plants balanced nutrition but also to reuse organic solid waste that could be disposed of inappropriately in the environment. Thus, the objective of this work was to evaluate the agronomic indicators of the *R. sativus* according to different doses of organic compost in two growing seasons (autumn and spring) in the conditions of the Coastal Tablelands of Brazil. We carried out the experiment in the experimental area at the Federal University of Reconcavo da Bahia (UFRB) from June to July (rainy season) and from October to November (dry season), in both periods arranged in randomized blocks, consisting of five doses of organic compost (0, 5, 10, 15 and 20 t ha⁻¹). Thirty days after sowing, we evaluated: chlorophyll a, b, and total (in the rainy season only), plant height, number of leaves per plant, root diameter, dry and fresh mass of the aerial part and total, and mass and dry and fresh matter of tuberous root. The organic compost stimulated the growth and development of the *R. sativus* in the two growing seasons. The best agronomic performance of *R. sativus* was obtained with doses of 15.07 and 20 t ha⁻¹ in the dry and rainy seasons, respectively.

KEYWORDS: organic agriculture; organic fertilizers; sustainability; radish.

DESEMPENHO AGRONÔMICO DE *RAPHANUS SATIVUS* L. CULTIVADO EM FERRALSOLS DENSOS ADUBADOS COM COMPOSTO ORGÂNICO

RESUMO: O uso de fertilizantes orgânicos na agricultura vem sendo crescente e necessário, não só para oferecer às plantas uma nutrição balanceada, mas também para reaproveitar resíduos sólidos orgânicos que poderiam ser descartados de forma inadequada no meio ambiente. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os indicadores agronômicos de *R. sativus* em função de diferentes doses de composto orgânico em duas épocas de cultivo (outono e primavera) nas condições dos Tabuleiros Costeiros do Brasil. O experimento foi realizado na área experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) nos períodos de junho a julho (período chuvoso) e de outubro a novembro (período seco), em ambos os períodos dispostos em blocos casualizados, constituídos por cinco doses de composto orgânico (0, 5, 10, 15 e 20 t ha⁻¹). Trinta dias após a semeadura foram avaliados: clorofila a, b e total (somente no período chuvoso), altura das plantas, número de folhas por planta, diâmetro da raiz, massa seca e fresca da parte aérea e total, e massa e massa seca e matéria fresca de raiz tuberosa. O composto orgânico estimulou o crescimento e desenvolvimento de *R. sativus* nas duas safras. O melhor desempenho agronômico de *R. sativus* foi obtido com doses de 15,07 e 20 t ha⁻¹ nos períodos seco e chuvoso, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura orgânica; fertilizantes orgânicos; sustentabilidade; rabanete.

INTRODUCTION

The growing concern for the environment and the search for increasingly healthy eating habits are changing the consumption pattern of the world population. Thus, conservationist and agroecological practices to produce vegetables have become increasingly frequent (He et al., 2022; Liang et al., 2022; Paracchini et al., 2023; Testani et al., 2023). Agroecological practices, adopted mainly by family farming, have enabled farmers to add greater value to products, ensuring increased profitability. In addition, the replacement of chemical fertilization by organic fertilizers produced within the property has reduced production costs.

In agroecological crops, organic fertilization is one of the viable alternatives to supply the nutrient demand for vegetables. It can be done through several sources, such as animal manure, biofertilizers, composting, and green manure, favoring biological fixation of nitrogen (Dias et al., 2020; Nunes, et al., 2020; Jena, 2022; Paes et al., 2022). Regardless of the form of organic fertilization used, they promote, in addition to improvements in soil chemical attributes, physical and biological attributes (Kathayat and Rawat 2019; Gouveia et al. 2020). The importance of using organic fertilization to improve crop yields is well established; however, studies demonstrating adequate doses are still scarce since we have a very large diversity of species with different nutritional requirements (Manzoor et al. 2021).

The organic compost from composting is an important source of organic fertilizer for agriculture and the environment. Besides being a source of nutrients, it comes from various residues, which could contaminate the environment if discarded inappropriately (Islam et al. 2011). As it comes from different types of residues, the compound can present different

fertility levels, which justify studies to define adequate doses for application in different agricultures (Becker *et al.* 2010). Due to the great diversity of components used for the production of organic compounds, Brazil established specific legislation for the classification of organic fertilizers, taking into account the raw material used, and the chemical and microbiological constitution (ABNT NBR10004/2004).

R. sativus, for example, is a crop that is responsive to organic fertilization since, in addition to providing nutrients, organic fertilization improves the physical quality of soils, favoring the development of tuberous roots (Nishio 2017). Silva *et al.* (2017), analyzing the agronomic performance of *R. sativus* fertilized with *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. in two growing seasons, found that the best agronomic performance was obtained via green fertilization with 15.6 t ha⁻¹. Ferreira *et al.* (2011), when carrying out the organic cultivation of *R. sativus* in a no-tillage system with mulch and living roofs, obtained a positive result in conventional soil preparation with a linear response to the doses of compost.

R. sativus production is estimated at 9000 t ha⁻¹, being grown in greater quantities in Brazil's South and Southeast regions due to more favorable climatic characteristics (IBGE, 2017). Because it is a food with a high energy value and contains minerals such as phosphorus, iron, calcium, manganese, nicotinic acid and vitamins such as B1, B2 and C (Lopes 2008), the consumption of *R. sativus* has numerous benefits to human health, such as a diuretic effect, stimulating digestive functions, detoxifying the liver, and antibiotic due to its spicy substances (Minami *et al.* 1998). As it has several benefits to human health, it is of fundamental importance to expand *R. sativus* planting in other regions of the country.

In the Coastal Tablelands of Brazil, the presence of soils with dense horizons has hampered the production of several crops because, in dry conditions, it limits plants root development, reducing the absorption of water and nutrients, and in wet conditions, it can reduce the concentration of oxygen (Pereira, 2023). Given this, organic fertilization by promoting improvements in the soil's physical, chemical and biological properties can favor the greater development of plants, especially those whose commercial part is the root, such as the *R. sativus* crop.

In this context, studies on *R. sativus* cultivation in Coastal Tablelands are necessary to expand cultivation in the region. We hypothesize that there is an optimal dose of organic compost produced from tree pruning, goat and cattle manure (3:1:1) that favors the development and production of the *R. sativus* crop. Given the above, the objective of this work was to evaluate the agronomic indicators of *R. sativus* according to different doses of organic compost in two growing seasons (autumn and spring) in dense Ferrasols of Coastal Tablelands in Brazil.

MATERIAL AND METHODS

We carried out the experiment in two growing seasons: rainy season (autumn - June to July 2019) and dry season (spring - October to November 2019) at the Experimental Farm of Vegetal Production of the Center for Agricultural Environmental and Biological Sciences of the Federal University of Recôncavo da Bahia (UFRB), located in the municipality of Cruz das Almas-BA, with geographic coordinates 12°40'19" S latitude and 39°06'23" W longitude. The climate of the region, according to the Köppen-Geiger classification, is Aw to Am, that is, a hot and humid climate, with an average annual rainfall of 1,200 mm, an average annual temperature of 24.2 °C and relative humidity of approximately 82%, with the wettest quarter occurring in the months of May-June-July (Almeida, 1999). The meteorological data of a historical series of 20 years are presented in Figures 1 and 2, which were obtained from a conventional meteorological station, belonging to the National Institute of Meteorology (INMET) and located near the study area.

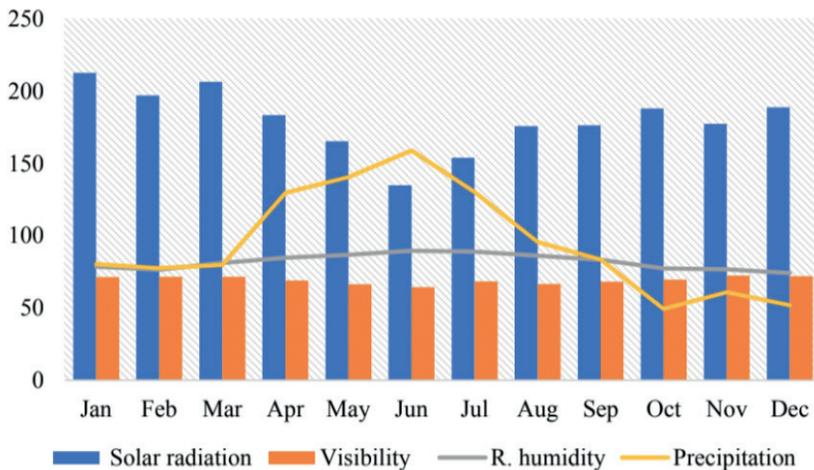


Figure 1. Solar radiation (h), visibility (h), relative humidity and average monthly precipitation of a 20-year historical series in the municipality of Cruz das Almas-BA.

We conducted the *R. sativus* planting in the first growing season (rainy period) from June 6 to July 6, 2019 (30 days of the cycle). We carried out the second planting (dry period) from October 13 to November 15, 2019 (30 days of the cycle) under rainfed conditions.

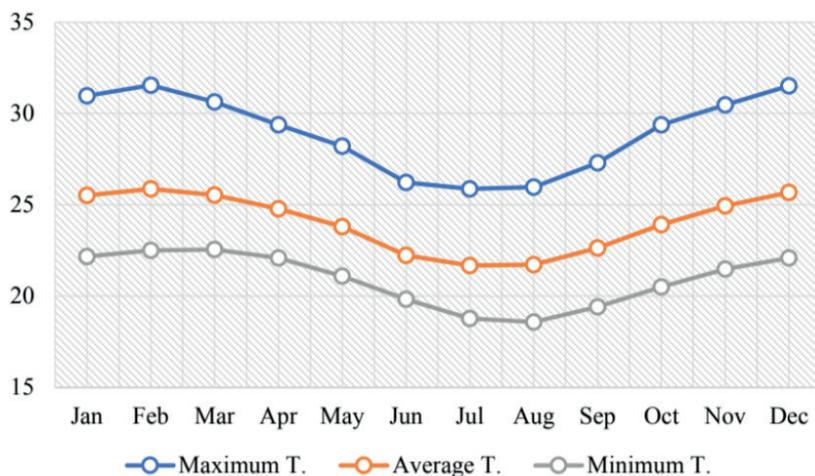


Figure 2. Maximum, average and minimum temperature (°C) of a historical series of 20 years in the Municipality of Cruz das Almas-BA.

Before initiating the experiment, we collected chemically characterized soil samples. The soils of the study area were classified as dense Ferralsols. The organic compost used in the experiment was produced at UFRB from the compost pile formed from tree pruning, cattle and goat manure in a ratio of 3:1:1. Soil chemical characterization indicated: pH (H₂O): 5.2; pH (CaCl): 4.5; P: 11.2 mg dm⁻³; K⁺: 74 mg dm⁻³; Ca²⁺: 0.8 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺: 0.4 cmol_c dm⁻³; Al³⁺: 0.3 cmol_c dm⁻³; Potential acidity: 2.6 cmol_c dm⁻³; Sum of bases: 1.4 cmol_c dm⁻³; T: 4 cmol dm⁻³; base saturation: 35%; OM: < 14.4 g kg⁻¹.

Chemical attributes of the compost were described on a wet basis (Moreira, 2018) and are presented in Table 1. According to NBR 10.004 (ANNT, 2004), the organic compound used was classified as Class II A Waste – Non-inert.

PARAMETERS	HUMYD BASED	NUTRIENT CONTENT APPLIED IN EACH DOSE (kg ha ⁻¹)			
		5	10	15	20
pH (H ₂ O)	7.0	-	-	-	-
pH (CaCl ₂ 0.01 M)	6.4	-	-	-	-
Density (Organic Residue)	1.00 g cm ⁻³	-	-	-	-
Humidity (Organic Residue) 60 - 65°C	12.03 %	-	-	-	-
Humidity (Organic Residue) 110°C	0.69 %	-	-	-	-
Total Organic Matter (Combustion)	10.64%	-	-	-	-
Organic Carbon	5.27 %	-	-	-	-
Total Mineral Residue (R.M.T.)	76.64 %	-	-	-	-
Mineral Residue (R.M.)	5.76 %	-	-	-	-
Insoluble Mineral Residue (R.M.I.)	70.88 %	-	-	-	-
Total Nitrogen	0.62 %	31	62	93	124
Phosphorus (P ₂ O ₅)	0.20 %	10	20	30	40
Potassium (K ₂ O)	0.22 %	11	22	33	44
Calcium (Ca)	0.50 %	25	50	75	100
Magnesium (Mg)	0.11 %	5.5	11	16.5	22
Sulfur (S)	0.02 %	1	2	3	4
C/N ratio	9	-	-	-	-
Copper (Cu)	13 mg kg ⁻¹	0.06	0.13	0.19	0.26
Manganese (Mn)	112 mg kg ⁻¹	0.56	1.12	1.68	2.24
Zin (Zn)	31 mg kg ⁻¹	0.15	0.31	0.465	0.62
Boron (B)	206 mg kg ⁻¹	1.03	2.06	3.09	4.12
Sodium (Na)	725 mg kg ⁻¹	3.62	7.25	10.87	14.49

* pH in 0.01 M CaCl₂; Total Organic Matter and Mineral Residue from Muffle Combustion; Potassium (K₂O), calcium (Ca), magnesium (Mg) by atomic absorption spectrophotometer, extracted with HC 1+1 l; Total nitrogen, sulfuric digestion (Kjeldahl); Carbon by dichromate oxidation followed by titration; Phosphorus (P₂O₅): Extraction with HCl 1+1, determination by spectrophotometer (reading at 430 nm wavelength) using the vanadomolybdic solution method; Sulfur (S) Gravimetric of barium sulfate; Manganese (Mn), Cuprum (Cu), Zinc (Zn), Sodium (Na) by atomic absorption spectrophotometer extracted with HCl 1+1. Boron (B) by spectrophotometer with monosodium Azomethine H.

Table 1. Physical and chemical characterization of the organic compost

The experimental design used in both experiments was in randomized blocks, with five treatments and four replications. The treatments consisted of five doses of organic compost: 0, 5, 10, 15, and 20 t ha⁻¹. Plots represented the experimental units with dimensions of 1.6 m × 5.0 m, covering an area of 160 m².

The *R. sativus* cultivar used was the 'Crimson Gigante', recommended for the conditions of the Northeast of Brazil, in the spacing of 0.40 m with 1.0 m between rows, totaling 20 plants per plot. Soil preparation of each experimental area consisted of plowing and harrowing. Then, we lifted the seedbeds manually, using hoes.

We incorporated the organic compost into the soil's 0-0.20 m layer in the experimental plots according to each treatment. 10 days after applying the organic compost, we carried out direct sowing at a depth of two cm, placing five seeds per hole. 10 days after planting, thinning occurred, leaving only one plant. During the conduction of the experiment, manual hoeing was performed whenever necessary.

After 30 days of sowing in the respective planting seasons, we carried out the harvest and evaluated the following characteristics in 10 useful plants selected in each plot: indices of chlorophyll a, b, and total (CLA, CLB and CLT), using an electronic chlorophyll meter (chlorofilOG CFL 1030) by Falker (only in the first rainy season); plant height (ALP), obtained by measuring with a ruler from the ground level to the tip of the highest leaf; number of leaves (NF) per plant, determined by directly counting the number of leaves greater than three cm in length, starting from the basal leaves until the last open leaf; diameter of the tuberous roots (DR), determined using a digital caliper and expressed in cm; mass of fresh matter of tuberous roots (*mMFR*) by weighing on a commercial digital scale; dry matter mass of tuberous roots (*mMSR*) and aerial part (*mMSPA*), determined after drying in an oven with forced air circulation, with temperature regulated at 65 °C, until reaching constant weight, and expressed in g plant⁻¹. The total dry matter mass (*mMST*) was obtained by the sum of the dry matter mass of the tuberous roots and the aerial part.

We initially submitted the data to joint analysis of variance using the F test at 5% to verify the effect of the growing seasons, and, if significant, the splitting was performed for each season. Within each growing season, we performed regression analysis to verify the effect of compost doses on *R. sativus* development, using the “R” statistical software (R development core team, 2021), especially the ExpDes package (Ferreira *et al.* 2013).

RESULTS

The joint analysis of variance showed an interaction between the growing seasons and the doses of organic compost used (Table 2).

		ALP	Dr	NF	MSPA	MSR	MST	MFR
	GL	QM						
Doses	4	214.99**	77.85**	10.41**	20.22**	20.46*	80.95**	1701.81**
Seasons	1	221.68**	2549.27**	12.76**	115.04**	134.38**	498.10**	3678.55**
Doses/seasons	4	116.31**	51.26**	5.92**	8.30**	10.28**	36.67**	132.73**
Seasons/blocks	6	2.99 ^{ns}	3.44 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.19 ^{ns}	0.43 ^{ns}	1.39 ^{ns}
residuals	24	1.52	1.69	0.09	1.18	0.14	0.32	2.76

Table 2. Summary of joint analysis of variance.

Through the joint analysis of variance, it was possible to verify that the development of *R. sativus* plants was different in the two growing seasons, and in the dry season, the plants have higher averaged for most of the variables studied, except NF, which was higher in the rainy season (Table 3).

Growing Season	ALP	DR	NF	MSPA	MSR	MST	MFR
	cm plant ⁻¹	mm plant ⁻¹	Un	g plant ⁻¹			
Rainy	13.93 b	2.64 b	6.56 a	1.03 b	0.91 b	1.95 b	20.84 b
Dry	18.64 a	18.60 a	5.43 b	4.42 a	4.58 a	9.00 a	40.02 a

Table 3. Mean values of the variables studied in each growing season.

The evaluations of the chlorophyll contents of the plants were measured only in the rainy season. For chlorophyll a, the estimated dose of 12.61 t ha⁻¹ of the organic compost resulted in a maximum index of 30.25 (Figure 3a). As for chlorophyll b, the behavior was the opposite of chlorophyll a, with higher averages at the dose of 20 t ha⁻¹ (Figure 3b). For total chlorophyll, the effect of increasing doses of organic compost showed a positive linear behavior, with an increase of 51.29%, compared to the treatment without application of organic compost (Figure 3c).

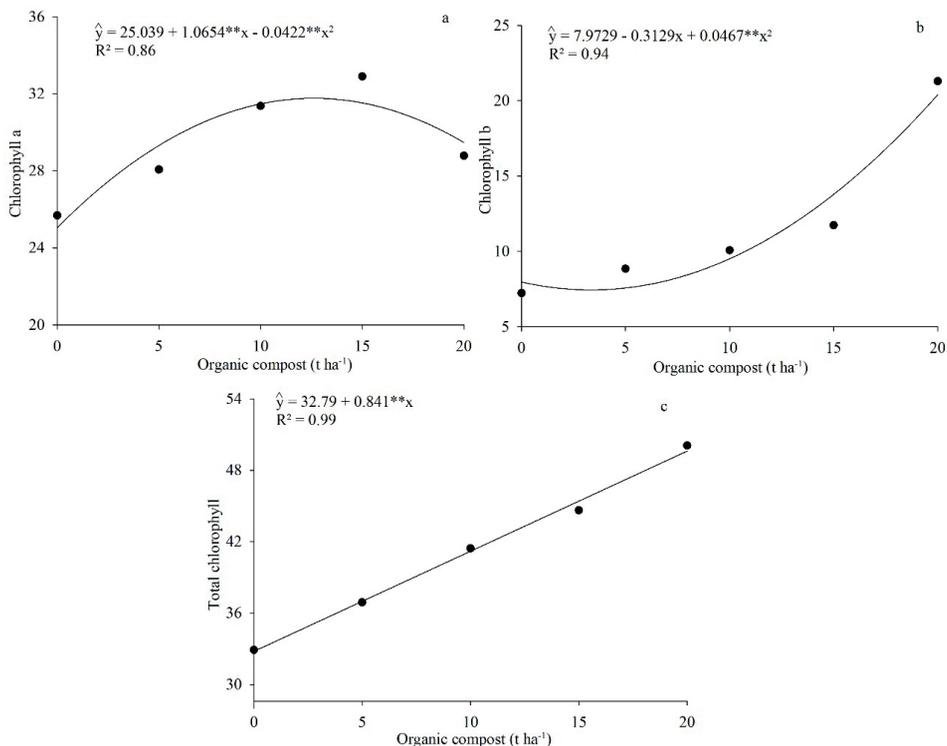


Figure 3. Chlorophyll a (a), b (b) and total (c) in radish plants (*Raphanus sativus* L.), according to doses of organic compost.

The doses of organic compost influenced the agronomic characteristics of the *R. sativus* for most of the variables studied in the two growing seasons ($p < 0.01$ and $p < 0.05$). For ALP during the rainy season, there was a quadratic behavior, with higher averages at the dose of 12.49 t ha^{-1} of organic compost, with an increase of 76% compared to the treatment without application of organic compost (Figure 4a). In the dry period, the doses of organic compost provided a linear increase for ALP, with an increase of 293% compared to the treatment without the application of organic compost (Figure 4a).

The doses of organic compost did not influence the DR of *R. sativus* plants in the dry period (Figure 4b). In the rainy season, the increase in DR was linear according to the doses of organic compost, with an increase of 9% compared to the treatment without application of organic compost (Figure 4b).

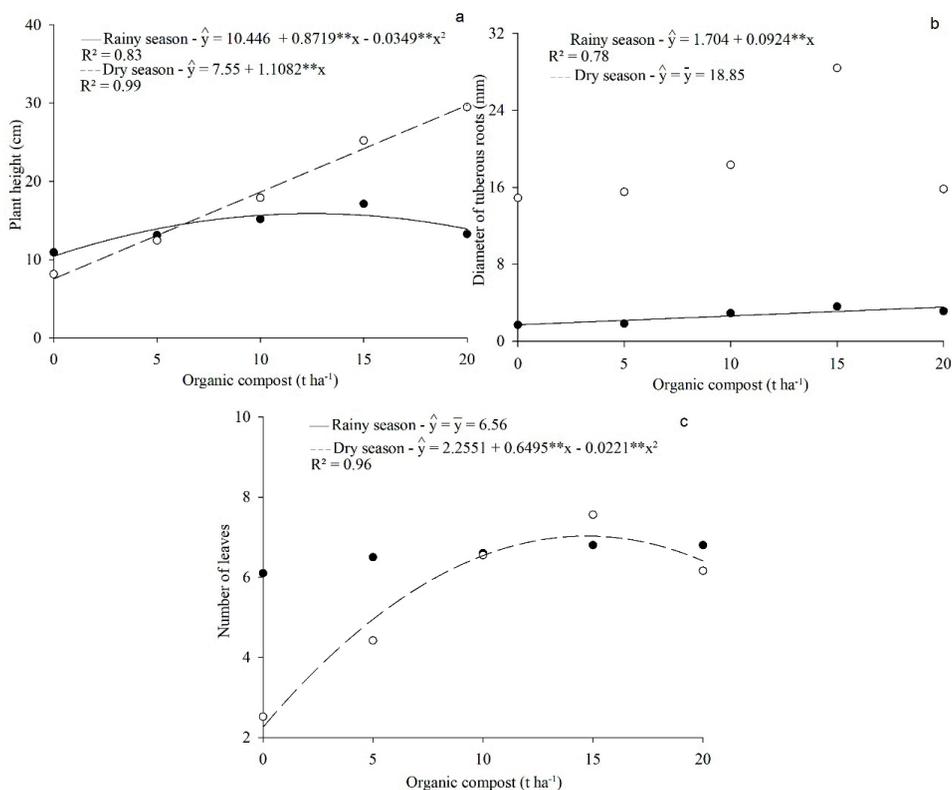


Figure 4. Plant height (a), diameter of tuberous roots (b) and number of leaves (c) of *R. sativus* according to the doses of organic compost grown in the rainy and dry seasons.

The increase in the doses of organic compost did not influence the NF of *R. sativus* plants in the rainy season (Figure 4c). In the dry period, the supply of organic compost doses increased the NF, with higher averages (7.03 leaves plant⁻¹) at the dose of 14.64 t ha⁻¹ of organic compost, providing an increase of 212% without application of the organic compost (Figure 4c).

In the rainy season, the highest yields of mMSPA (1.55 g plant⁻¹) and mMST (2.96 g plant⁻¹) were obtained with the application of 20 t ha⁻¹ of organic compost (Figures 5a and 5c). The use of organic compost allowed an increase of 443% and 474% in mMSPA and mMST, respectively, compared to the treatment without organic compost. In the dry period, mMSPA showed the highest average (6.41 g) with the application of 17.91 t ha⁻¹ of organic compost. For mMST, the highest production (12.88 g plant⁻¹) was achieved by applying 16.23 t ha⁻¹ of organic compost. These values represented an increase of 780% and 838% in the variables when the organic compost was applied, compared to the treatment without the application of the organic compost (Figures 5a and 5c).

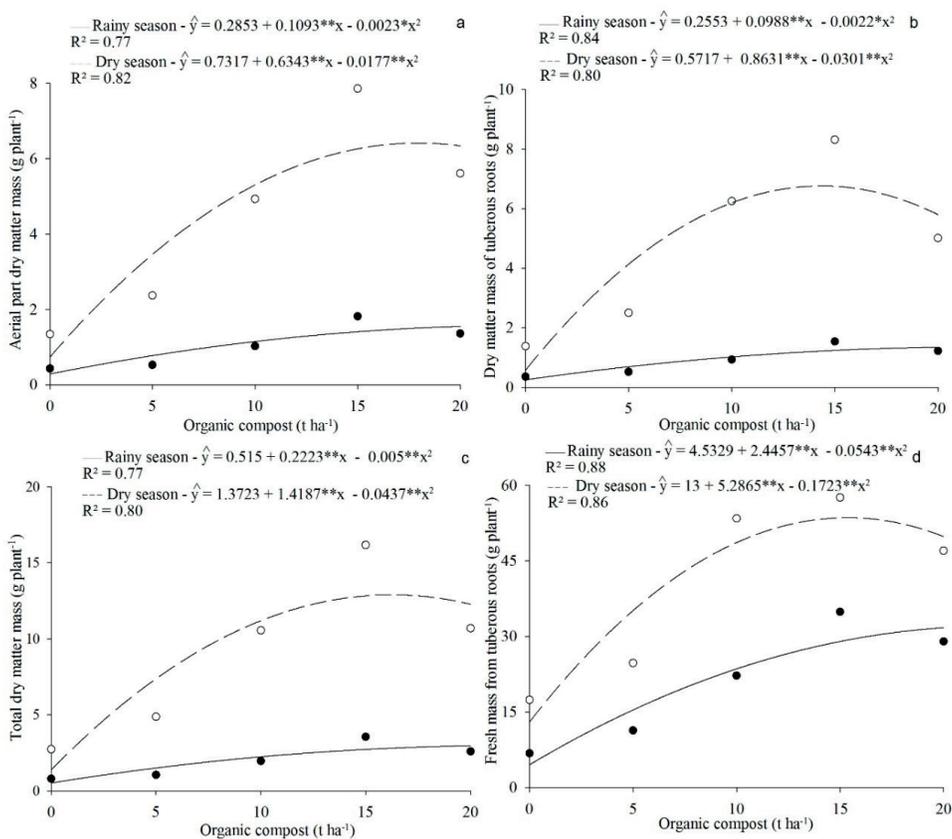


Figure 5. Production of aerial part dry matter (a), tuberous root (b), total (c) and tuberous root fresh matter (d) of *R. sativus* plants, according to doses of organic compounds, cultivated in the rainy and dry seasons.

For the *mMSR* values, from the cultivation in the rainy season, it was possible to obtain the production of $1.35 \text{ g plant}^{-1}$, with the application of 20 t ha^{-1} of the organic compost, resulting in an increase of 429% compared to the treatment without application of the organic compost. The cultivation in the dry period showed the highest production of *mMSR* ($6.76 \text{ g plant}^{-1}$) at the dose of 14.33 t ha^{-1} of organic compost, with an increase of 1082% compared to the treatment without application of organic compost (Figure 5b).

For the production of *mMFR* in the first (rainy season) and second crop (dry season) (Figure 5d), we found that in the first one, the highest average ($31.51 \text{ g plant}^{-1}$) was achieved with the dose of 20 t ha^{-1} of the organic compost, providing an increase of $27.2 \text{ g plant}^{-1}$ of *mMFR*, which corresponds to an increase of 595% compared to the treatment without the addition of the organic compost (Figure 6b). In the second crop (dry period), the highest average of *mMFR* (53.53 g) was reached at the dose of 15.07 t ha^{-1} of organic compost, representing an increase of $40.53 \text{ g plant}^{-1}$ of *mMFR*, corresponding to an increase of 311% compared to the treatment without application of the organic compost (Figure 5d).

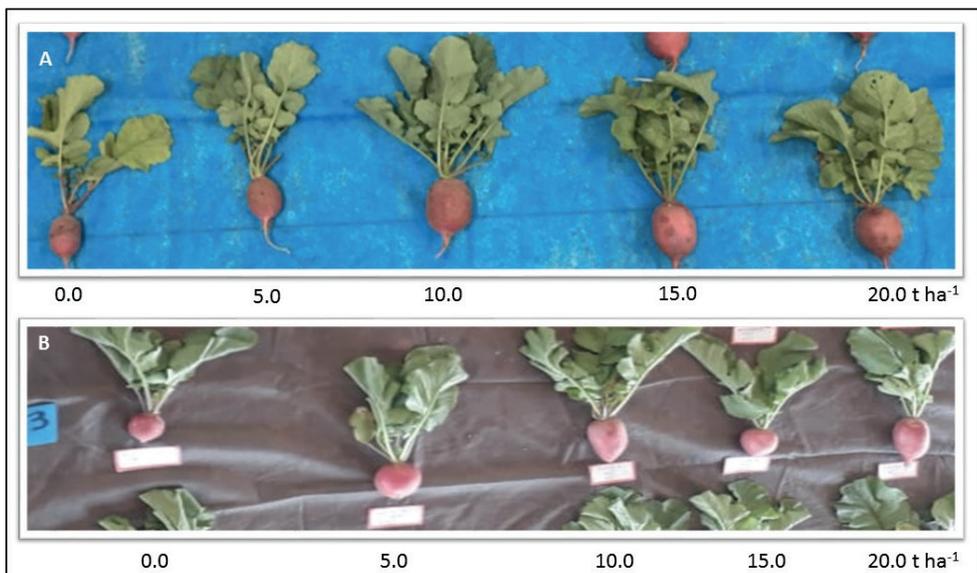


Figure 6. Tuberous roots of *R. sativus* cultivated according to increasing doses of organic compost. Dry period (A) and rainy period (B).

DISCUSSION

The quality and production of the *R. sativus* crop are influenced by the growing season and the supply of nutrients in adequate amounts. The climatic requirements of the crop make it recommended for planting in Brazil, especially in the Northeast region, from May to July (autumn), where temperatures are mild, avoiding bolting (Amaro *et al.* 2007; Silva *et al.*, 2015; Singh 2021). However, in this study, we found that spring cultivation favoured greater *R. sativus* tuberous roots in the Coastal Tablelands region than autumn cultivation. These results are associated with high rainfall in autumn (Figure 1), which can compromise oxygen availability in soils, impairing plant root development. Excess water in soils hinders the diffusion of O₂ and favors a higher concentration of CO₂, blocking some important metabolic processes for plants (Bodolan, 2013; Pathak *et al.* 2021). Excess water in the soil can also cause losses in commercial productivity due to an increase in the number of cracked roots (Wan and Kang, 2006; Pathak *et al.* 2021). The daily irrigation frequency promotes the emergence of a region with high humidity in the root zone, which affects root growth due to low oxygen diffusion (Wan and Kang, 2006).

The Coastal Tablelands region presents mostly dense soils (Paes *et al.* 2021a), such as dense Ferralsols and Acrisols, which have poor drainage, favoring water accumulation and harming the development of crops, especially those whose commercial part is the root (Corrêa *et al.* 2008). Dense soils combined with planting in the rainy season may have favored the accumulation of water, compromising the development of *R. sativus* plants. According to Manzoor *et al.* (2021), unfavorable soil conditions, such as poor drainage and extreme changes in pH, favor the emergence of physiological disorders in *R. sativus* plants, compromising production.

Although the average monthly temperature of the dry season (autumn) was higher than that of the rainy season (spring), it was still in the appropriate range for *R. sativus* cultivation—below 28 °C (Figure 2). The best *R. sativus* yields, with high-quality roots, are obtained in climatic conditions with a temperature between 18 and 28 °C. Temperatures above 30 °C for many days can accelerate vegetative development, stimulating bolting and favoring the formation of green shoulders in the roots caused by the stimulation of photosynthesis in the roots (Silva *et al.* 2017; Pathak *et al.* 2021). High temperatures and prolonged photoperiod impair biomass accumulation by tuberous roots, such as *R. sativus*, as it accelerates the vegetative cycle of the crop, with subsequent change of the drain from the roots to the inflorescence (Ravishankar *et al.* 2007; Taiz and Zeiger, 2013; Abdel, 2016).

Regardless of the growing season, the use of organic fertilization influenced the production components of the *R. sativus* crop. In addition to providing nutrients to plants, organic fertilization improves soils' chemical, physical and biological attributes (Ahmed *et al.* 2019; Kumari *et al.* 2020). Because the *R. sativus* is a crop in which the commercial part is the root, the well-aerated soil without physical and chemical impediment is essential for the

plant's high commercial productivity (Nishio 2017). According to Kathayat and Rawat (2019), the use of well-decomposed manure and adequate irrigation favors *R. sativus* production, avoiding physiological disorders in the roots. The physicochemical characteristics of the organic compost also favored the growth of *R. sativus* plants due to its neutral pH (Table 1). Studies have shown that the pH values of organic substrates must be in the range of 6.0 to 7.0 for adequate nutrient availability for plants (Altland *et al.*, 2008; Farias *et al.* 2012). In addition, organic fertilization acts in the soil as a buffering agent, preventing sudden pH changes and the emergence of physiological disorders in the roots (Manzoor *et al.* 2021).

Similar results to the present study were found by Kumari *et al.* (2020), who, when using substrates formulated from food waste, observed an increase in *R. sativus* production at a dose of 20 t ha⁻¹. The use of organic fertilizer composed of cotton waste also improved *R. sativus* plants' performance compared to treatments without fertilization (Gouveia *et al.* 2020).

Balanced fertilization in the proper amount is of fundamental importance for good productivity in most agricultures. It becomes even more important for the *R. sativus* due to physiological disturbances in the roots when nutrients are in excess. In this context, organic fertilization becomes essential since nutrients are released gradually, unlike fertilization with inorganic fertilizers. Despite these important characteristics of organic fertilizers, excessive doses can promote phytotoxicity in plants due to excess micronutrients, among other factors. Maia *et al.* (2018) observed that cow manure as an organic fertilizer at a dose of 70 t ha⁻¹ causes root cracks in *R. sativus* plants due to excess nitrogen.

In the lowest doses of fertilization, the reduced development of the aerial part of the *R. sativus* plants may be related to the insufficiency of nutrients, allied to the low natural fertility of the soils. Nutrient inputs were 50 % and 75 % lower when compared to the maximum efficiency doses obtained in the present study, in the dry and rainy seasons, respectively. The soils of the coastal tablelands of Brazil were developed from the barrier group formed by sediments of continental and marine origin previously weathered, resulting in soils of low natural fertility (Moreau, 2006). Given this, conservation management practices such as organic fertilization, green manure, and agroforestry systems must be adopted to raise soil fertility levels and promote greater crop productivity (Moreira *et al.* 2018; Paes *et al.* 2021b). The use of organic fertilizers in adequate amounts favored a significant increase in plant height, number of leaves, leaf width, root length, root diameter and biomass yield of the *R. sativus* crop (Khatri *et al.* 2019). Tito *et al.* (2019) found that organic fertilizer enriched with rock powder improves soil fertility conditions providing greater productive efficiency of *R. sativus*.

Overall, the present study showed that planting carried out in the dry season presented better vegetative performance, contributing to greater growth and development than cultivation carried out in the rainy season. For most characteristics evaluated in *R. sativus* cultivation in both periods, the greatest increases observed are related to increasing

doses of organic compost to the soil, with an average dose of 17.5 t ha⁻¹ being recommended in both periods. These results are explained by the greater availability of macro and micronutrients (Table 1).

Using organic compounds resulting from the composting of plant and animal waste in an organic production system can help reduce farmers' dependence on the need to use external inputs and reduce production costs. In addition, the population's food consumption pattern is changing, as there is an increase in consumers' demand for increasingly healthy foods free of fertilizers and pesticides, harming the environment as little as possible. In this sense, the present study demonstrates that the use of organic fertilization becomes a viable alternative to achieve high yields and meet the new consumption pattern of the population.

CONCLUSIONS

The cultivation in the dry season (spring) promoted greater diameter and fresh matter mass of the *R. sativus* root compared to the rainy season (autumn) in the soils of Coastal Tablelands. The use of organic compost favored the productivity of *R. sativus* in both growing seasons, with better agronomic performance obtained at the dose of 15.07 and 20 t ha⁻¹ in the dry and rainy seasons, respectively.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors like to declare that all authors do not have any competing interests.

REFERENCES

Abdel CG. (2016). Physiological disorders of four radish (*Raphanus sativus* L. var. sativus) cultivars storage roots grown in controlled cabinets under varying temperatures and irrigation levels. **International Journal of Farming and Allied Sciences**, 5, 185-198.

Ahmed W, Jing H, Kaillou L, Qaswar M, Khan MN, Jin C. (2019). Mudanças nas frações de fósforo associadas às propriedades químicas do solo sob fertilização orgânica e inorgânica de longo prazo em solos de arroz do sul da China. **PLoS ONE**, 14, e0216881.

Almeida OA. (1999). **Informações meteorológicas do CNP**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA CNPMF. 35p. (EMBRAPA – CNPMF. Documentos, 34).

Amaro GB, SILVA DM, Marinho AG, Nascimento WM. (2007). **Recomendações técnicas para o cultivo de hortaliças em agricultura familiar**. Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E).

Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR 10004. (2004). Resíduos Sólidos- Classificação, ABNT, Brasil.

Altland, J. E., Buamscha, M. G., & Horneck, D. A. (2008). Substrate pH affects nutrient availability in fertilized Douglas Fir Bark substrates. **HortScience**, 43(7), 2171-2178.

Becker SJ, Ebrahimzadeh A, Herrada, BMP, Lao MT. (2010). Characterization of compost based on crop residues: changes in some chemical and physical properties of the soil after applying the compost as organic amendment. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 41, 696-708. <https://doi.org/10.1080/00103620903563931>

Bodolan C. (2013). Water, air and soil requirements of vegetable plants grown in greenhouses. International Conference Computational Mechanics and Virtual Engineering COMEC 2013 24- 25 October 2013, Brasov, Romania <http://hdl.handle.net/123456789/425>

Corrêa MM, Ker JC, Barrón V, Torrent J, Curi N, Torres TCP. (2008). Physical, chemical, mineralogical and micromorphological characterization of cohesive horizons and fragipans of red and yellow soils of Coastal Tablelands. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32, 297-313.

Dias, F. P. M., de Castro Paes, É., Jesus, I. C., Pereira, E. G., & de Azevedo Nóbrega, J. C. (2020). Composto orgânico: Efeitos no desenvolvimento de mudas de cacaueteiro. **Cadernos de Agroecologia**, 15(2).

Farias WC, Oliveira LLP, Oliveira TA, Dantas LLGR, Silva TAG. (2012). Caracterização física de substratos alternativos para produção de mudas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, 8, 01-06.

Ferreira EB, Cavalcanti PP, Nogueira DA. (2013). Pacote de design experimental. Disponível em <http://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>.

Ferreira RLF, Galvão RO, Miranda JEB, Araújo NSE, Negreiros JRS, Parmejiani RS. (2011). Organic cropping of radish in no-tillage under died and live mulching. **Horticultura Brasileira**, 29, 299-303. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000300007>

Gouveia NA, Andrade MGO, Ávila J, Oliveira TR, Simon CA, Lima SF. (2020). Evaluation of organic cotton residue and application of biostimulant in the production of radish (*Raphanus sativus*). **Research, Society and Development**, 9, e386974092-e386974092.

He, H., Peng, M., Lu, W., Hou, Z., & Li, J. (2022). Commercial organic fertilizer substitution increases wheat yield by improving soil quality. **Science of The Total Environment**, 851, 158132.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). (2018). Censo agropecuário 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6619> . Acesso em: 14 julho 2019.

Islam MM, Karim A, Jahiruddin M, Majid NM, Miah M, Ahmed MM, Hakim M. (2011). Effects of organic manure and chemical fertilizers on crops in the R. sativus-stem Amaranth- Indian spinach cropping pattern in homestead area. **Australian Journal of Crop Science**, 5, 1370–1378. [doi/abs/10.3316/INFORMIT.742444667712462](https://doi.org/10.3316/INFORMIT.742444667712462)

Jena, J., Maitra, S., Hossain, A., Pramanick, B., Gitari, H. I., Praharaj, S., ... & Jatav, H. S. (2022). **Role of legumes in cropping system for soil ecosystem improvement**. Ecosystem Services: Types, Management and Benefits. Nova Science Publishers, Inc, 415.

Kathayat K, Rawat M. (2019). **Physiological Disorders in Vegetable Crops. In Advances in Horticultural Crop Management and Value Addition**; Singh, S.K., Kaur, S., Eds.; Laxmi Publications: New Delhi, India, 2019; pp. 313–314.

- Khatri KB, Ojha RB, Pande KR, Khanal BR. (2019). The effects of different sources of organic manures in growth and yield of radish (*Raphanus sativus* L.). **International Journal of Applied sciences and Biotechnology**, 7, 39-42.
- Kumari N, Sharma A, Devi M, Zargar A, Kumar S, Thakur U, Giri A. (2020). Compost from the food waste for organic production of cabbage, cauliflower, and radish under sub-tropical conditions. **International journal of recycling organic waste in agriculture**, 9, 367-383.
- Liang, Z., Jin, X., Zhai, P., Zhao, Y., Cai, J., Li, S., ... & Li, C. (2022). Combination of organic fertilizer and slow-release fertilizer increases pineapple yields, agronomic efficiency and reduces greenhouse gas emissions under reduced fertilization conditions in tropical areas. **Journal of Cleaner Production**, 343, 131054.
- Lopes MAJBM. (2008). **Incorporation of sewage sludge and its effects on some attributes of soil cultivated with radish (*Raphanus sativus* L.)**. 99 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife.
- Maia AH, Souza ME, Silva FC, Rebelatto BF, Silva TO, Souza VS, Ferreira SL. (2018). Productivity of *R. sativus* fertilized with different doses of bovine manure. **African Journal of Agricultural Research**, 13, 963-968.
- Manzoor A, Bashir MA, Naveed MS, Cheema KL, Cardarelli M. (2021). Role of Different Abiotic Factors in Inducing Pre-Harvest Physiological Disorders in radish (*Raphanus sativus*). **Plants**, 10, 2003.
- Minami K, Cardoso All, Costa F, Duarte F. (1998). Efeito do espaçamento sobre a produção em rabanete, **Bragantia**, 57, 169-173.
- Moreau AMSDS, Ker JC, Costa LMD, Gomes FH. (2006). Soil characterization of two toposequences in the coastal tablelands of southern Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30, 1007-1019.
- Moreira FM, Nóbrega RSA, Santos RPD, Silva CCD, Nóbrega JCA. (2018). Cultivation of *Caesalpinia pulcherrima* L. Sw. in regional substrates. **Revista Árvore**, 42. 1-12.
- Nishio T. (2017). Economic and Academic Importance of *R. sativus*. In: The radish genome. Springer: Cham, Suíça, pp. 1–10.
- Nunes, R. L. C., Neto, F. B., LIMA, J. S. S. D., Chaves, A. P., SILVA, J. N. D., & SANTOS, E. C. D. (2020). Effect of green manuring with *Merremia aegyptia* on agro-economic efficiency of radish production. **Revista Caatinga**, 33, 964-973.
- Paes ÉC, Fernandes IO, Dias FPM, Pereira EG, Santos DN, Lima JM, Nóbrega JCA. (2021a). Land use, management and physical attributes of dense Ferralsols in tropical northeastern Brazil. **Catena**, 203, 105321.
- Paes ÉC, Dias FPM, Fernandes IO, Pereira EG, Lima JM, Alcoforado PAUG, Nóbrega JCA. (2021b). Different Soil Management Systems Promote Improvements in Nutrient Content and Litter Input. **Journal of Sustainable Forestry**, 40, 528-538.
- de Castro Paes, É., Bahia, B. L., Dias, F. P. M., Bispo, A. N., Rocabado, J. M. A., Nóbrega, R. S. A., & Nóbrega, J. C. A. (2022). Successive lettuce cultivation on organic substrates. **Journal of Plant Nutrition**, 46(2), 219-231.

Paracchini, M. L., Wezel, A., Masden, S., Stewart, B., Karuga, J., Attard, P., ... & Zingari, P. C. (2022). **Agroecological practices supporting food production and reducing food insecurity in developing countries**-Volume 2 (Doctoral dissertation, Publications Office of the European Union).

Pathak M, Barik S, Das SK. (2021). Impact of Climate Change on Root Crops Production. In: Solankey SS, Kumari M, Kumar M. (eds) *Advances in Research on Vegetable Production Under a Changing Climate* Vol. 1. **Avanços na Olericultura**. Springer, Cham.

PEREIRA, E. D. O. (2023). Dinâmica de uso e ocupação do solo, aptidão agrícola das terras e perdas de solo em Irupi-ES.

R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Ravishankar P, Lada RR, Caldwell CD, Asiedu SK, Adams A. (2007). The effects of light, rehillng, and mulching on greenshoulder and internal greening in carrots. **Crop Science**, 47, 1151-1158.

Silva AFA, Souza ÊGF, Júnior APB, Neto FB, Silveira LM. (2017). Agronomic performance in radish fertilised with *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. in two growing seasons. **Revista Ciência Agronômica**, 48, 328-336.

Silva, A. F. A., Souza, E. G. F., dos Santos, M. G., Júnior, A. P. B., Neto, F. B., & da Silveira, L. M. (2015). Rentabilidade do rabanete adubado com flor-de-seda em duas épocas de cultivo no semiárido de Pernambuco. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, 58(2), 198-207.

Singh, BK (2021). Rabanete (*Raphanus sativus* L.): Melhoria para maior rendimento, melhor qualidade e maior adaptabilidade. *Avanços em Estratégias de Melhoria de Plantas: Colheitas Vegetais: Volume 8: Bulbos, Raízes e Tubérculos*, 275-304.

Taiz L, Zeiger E. (2013). **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ArtMed, 954 p.

Testani, E., Ciaccia, C., Diacono, M., Fornasier, F., Ferrarini, A., Montemurro, F., & Canali, S. (2023). Agroecological practices improve soil biological properties in an organic vegetable system. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, 1-16.

Wan S, Kang Y. (2006). Effect of drip irrigation frequency on radish (*Raphanus sativus* L.) growth and water use. **Irrigation Science** 24, 161–174.

Tito GA, Chaves LHG, Souza FG, Cavalcante AR, Fernandes JD, Vasconcelos ACF. (2019). Efeito do vermicomposto enriquecido com pó de rochas na química do solo e cultura de rabanete. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável** 14, 506-511.

GENETIC DISSIMILARITY BETWEEN SOYBEAN GENOTYPES SCREENING OF SOYBEAN GENOTYPES USING SEEDS PHYSIOLOGICAL ATTRIBUTES THROUGH MULTIVARIATE ANALYSIS

Data de submissão: 20/05/2024

Acceptance date: 01/07/2024

Lucas de Souza Dias

Universidade Federal da Grande
Dourados, Faculdade de Ciências
Biológicas e Ambientais
Dourados – Mato Grosso do Sul, Brasil
<https://orcid.org/0000-0001-6199-1993>

Tathiana Elisa Masetto

Universidade Federal da Grande
Dourados, Faculdade de Ciências
Agrárias, Programa de Pós-Graduação em
Agronomia
Dourados – Mato Grosso do Sul, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-3203-6932>

Leilaine Gomes da Rocha

Universidade Federal da Grande
Dourados, Programa de Pós-Graduação
em Agronomia
Dourados – Mato Grosso do Sul, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-4824-6179>

Rafaela Martins de Araújo

Universidade Federal da Grande
Dourados, Faculdade de Ciências Agrárias
Dourados – Mato Grosso do Sul, Brasil
<https://orcid.org/0000-0001-6748-6162>

ABSTRACT: Soybean genotypes capable of producing seeds with high physiological performance constitute a strategy to enhance the use of environmental resources towards increasing crop sustainability. The objective of this study was to estimate the genetic dissimilarity between soybean genotypes, aiming to identify superior genotypes to act as possible progenitors in breeding programs. Fourteen soybean genotypes were evaluated by germination and seed vigor tests. The data were submitted to univariate statistical analysis. Multivariate statistical analyses were performed, such as the UPGMA hierarchical grouping method and canonical variables. The length of the shoot allowed the greatest discrimination between genotypes; and the characteristics that contributed to the dissimilarities were: normal seedlings (51.72%), abnormal seedlings (24.24%), dead seeds (11.29%) and accelerated aging (6.61%). It was concluded that the three genotypes isolated in groups II, IV and V were also the most genetically divergent and presented superior performance. The SW ATRIA RR genotype was considered the most promising.

KEYWORDS: *Glycine max*, seedling performance, seed vigor, dissimilarities measures.

RESUMO: Genótipos de soja capazes de produzir sementes com alto desempenho fisiológico constituem uma estratégia para potencializar o aproveitamento dos recursos ambientais e aumento da sustentabilidade da cultura. O objetivo deste estudo foi estimar a dissimilaridade genética entre genótipos de soja, visando identificar genótipos superiores para atuarem como possíveis progenitores em programas de melhoramento genético. Quatorze genótipos de soja foram avaliados por testes de germinação e vigor de sementes. Os dados foram submetidos à análise estatística univariada. Foram realizadas análises estatísticas multivariadas, como método de agrupamento hierárquico UPGMA e variáveis canônicas. O comprimento da parte aérea permitiu a maior discriminação entre os genótipos; e as características que contribuíram para as dissimilaridades foram: plântulas normais (51,72%), plântulas anormais (24,24%), sementes mortas (11,29%) e envelhecimento acelerado (6,61%). Concluiu-se que os três genótipos isolados nos grupos II, IV e V também foram os mais divergentes geneticamente e apresentaram desempenho superior. O genótipo SW ATRIA RR foi considerado o mais promissor.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max*, desempenho de plântulas, vigor de sementes, medidas de dissimilaridades.

INTRODUCTION

Plant-based proteins still hold the promising potential to substitute animal products to achieve a more sustainable food production system. Although it is not conclusive that plant-based protein diets can fully replace meat products, among vegetables, soybean (*Glycine max* [L.] Merril) is one of the species most traditionally used and have good health-promoting benefits over animal proteins (Rizzo, Baroni 2018; Qin *et al.*, 2022).

Soybean (*Glycine max* [L.] Merr.) is rich in proteins, isoflavones, peptides with low molecular weight, polyunsaturated fatty acids and oligosaccharides, which help to reduce chronic and degenerative diseases, in addition to being good sources of minerals and B complex vitamins (Houx *et al.*, 2014). More than 54% of the vegetable oils used in the world are extracted from soybeans, in addition to providing various products, such as animal feed and biofuel (USDA-FAS 2023).

Although the soybean demand is growing worldwide, the production of high-quality soybean seeds is still a challenge, especially in tropical and subtropical regions. It is widely known that seed quality is relevant to achieve high plant establishment and effective use of environmental resources. Nonetheless, it is worth noting that, particularly for soybeans, seed quality is an important aspect to be considered in production planning.

However, soybean seed quality can be negatively affected by several factors during crop production such as climatic conditions (Scatolin, Masetto 2018; Wijewardana *et al.*, 2019) and nutritional aspects (Taliman *et al.*, 2019). In order to improve seed germination speed and withstand abiotic factor after sowing, recently, many efforts have focused on breeding varieties with improved seed performance. During genotype selection some physiological attributes of seed quality are relevant and include high seed germination and

vigor through the ability to cope stress factors (i.e., high temperature and relative humidity) and high seedling performance.

Scientific research related to plant breeding programs, combined with modern statistical techniques, allowed the detailed analysis of cultivars with both high productivity and vigorous seeds, including different types of environments and edaphoclimatic conditions suitable for soybean genotypes (Martins *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2017; Szareski *et al.*, 2018; Loro *et al.*, 2021). Multivariate analysis can contribute to understand the effects of variables jointly related to the variance of agronomic characteristics, thus helping breeding programs in the selection of interestingly soybean genotypes.

Among the multivariate analyses, the use of the unweighted pair-group method using arithmetic averages (UPGMA), Tocher and canonical variables grouping methods, with the use of the generalized Mahalanobis distance, as a measure of dissimilarity. Cluster analyzes are intended to gather the genotypes into groups, using a classification criterion based on the similarity of the genotypes in relation to the variables used in the experiment, so that there is homogeneity within the group and heterogeneity between groups (Hair *et al.*, 2009; Kloster *et al.*, 2011). These analyzes allow the identification of dissimilar and promising soybean genotypes and progenitors for possible crosses in view to select genotypes with technological and agronomic characteristics that allow higher yields (Leite *et al.*, 2018).

Therefore, multivariate analyses represented by clustering methods might help in the selection of genotypes, aiming at improving the physiological quality of seeds. In addition, this is a characteristic related to plant establishment, with both great importance to the genetic improvement programs and to the seed industry. It was our objective to analyze fourteen soybean seeds genotypes, in order to estimate the genetic dissimilarity between genotypes, in relation to germination and vigor tests, aiming at identifying superior genotypes capable of producing high quality soybean seeds.

MATERIAL AND METHODS

Experiment assembly

The experiment was conducted in a completely randomized design with soybean (*Glycine max* [L.] Merr.) seeds genotypes.

The evaluated genotypes consisted of 14 commercial cultivars widely grown by different breeding companies in the central South and Cerrado regions of Brazil. The soybean genotypes evaluated were 63164 RSF IPRO, BMX POTÊNCIA RR, BMX TURBO RR, BRS 1001 IPRO, BRS 7390 RR, FPS JUPTERA RR, GM AS3730, GM MG210, NA 7337 RR, SW ATRIA RR, SW BRIZA RR, SYL 9070 RR, SYN 1552 IPRO and TMG 1180 RR.

In this study, the soybean seeds from the different genotypes were produced in traditional seed industries at Mato Grosso do Sul state, Brazil, during the summer crop (September to February) of 2019 (Figure 1). After harvesting and processing the seeds, the seed lots were taken to the Seed Technology Laboratory of the Federal University of Grande Dourados (UFGD), in Dourados, Mato Grosso do Sul, Brazil. The time interval between seed processing and the installation of treatments in the laboratory was 5 days, so the soybean seed samples were considered to have the same physiological status. During the experimental period, the samples were kept in a cold chamber (15 °C, 55% RU) in order to the maintenance the seeds physiological attributes.

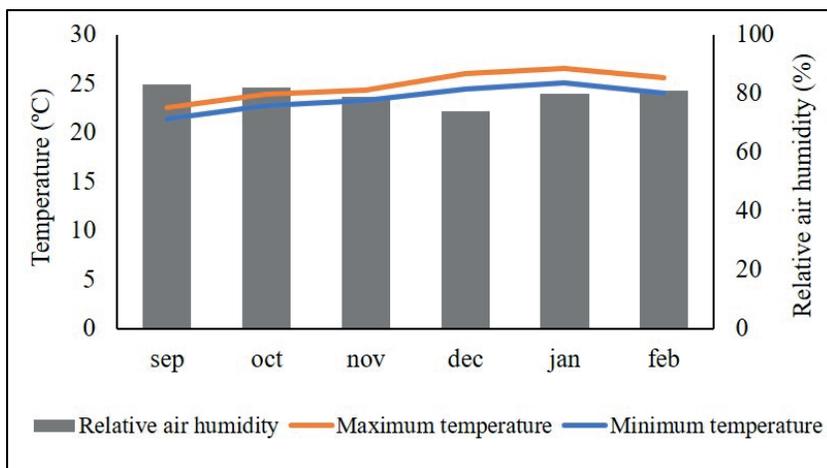


Figure 1: Maximum and minimum temperature and average relative air humidity observed during soybean genotypes summer crop (2018) in Dourados, MS, Brazil.

Initially, the water content of the seeds was determined by the gravimetric method after drying in an oven at 105 ± 3 °C, 24 h according to the International Seed Testing Association (ISTA, 2016). The seeds presented moisture content of 13.4%, in average. In order to evaluate the physiological attributes of the soybean seeds, each genotype was evaluated for seed germination and vigor (accelerated aging and seedlings biometric), according to the procedures detailed below.

Standard germination test

Seeds were distributed in rolls of germination paper (substrate) moistened with distilled water equivalent to 2.5 times the dry substrate mass, and kept in a germination chamber at 25 °C in the constant light. Seedling evaluations were performed at 8 days after sowing; results were expressed as percentage of normal seedlings, abnormal seedlings and dead seeds (ISTA, 2016).

Accelerated aging

Samples of 250 seeds per lot were spread in a single layer on stainless-steel screens and placed in plastic germination boxes (11 × 11 × 3.5 cm) containing 40 ml of deionized water at the bottom. The boxes were maintained in a germination chamber at 41°C in the dark for 48 h (ISTA, 2016). After the ageing period, two replications of 25 seeds were used to determine seed water content; four replications of 50 seeds were submitted to the standard germination test. The normal seedlings were evaluated at five days after sowing and the results were expressed as a percentage.

Seedling performance

The seeds were germinated in paper towel rolls at 25 °C for five days. After this period, measurements (with a millimetric ruler) of the lengths of the aerial part of the plant (stem) and root were made (Nakagawa, 1999). Data regarding aerial seedling length (cm) and root length were expressed as mean values for each genotype.

After the measurement of seedlings length, the normal seedlings were divided into different parts and weighed to determine their fresh mass through of the precision balance (0.0001 g). The results were expressed in grams (g).

In order to assess seedling mass dry matter, the seedlings parts were placed in paper bags. Then, they were subsequently kept in a forced-air oven at 40 °C for 48 hours. The samples were then removed from the oven and weighed to determine their dry mass; the results were expressed in grams (g).

Statistical Assessment

Data were subjected to univariate statistical analyses; such as analysis of variance and Scott-Knott mean grouping test performed using the GENES program (Cruz, 2013). Analysis of variance was performed based on a completely randomized design, with four replications for each genotype. Multivariate statistical analyses, such as the UPGMA hierarchical grouping method and canonical variables were performed using the v. 2015.5.0 (Cruz, 2013). The distance matrix used in both analyzes was the generalized Mahalanobis distance.

RESULTS

The analysis of variance revealed significant differences between the soybean genotypes for all evaluated traits, indicating the presence of variability at 1% probability in the “test f” (Table 1). The results of seed germination of the 14 genotypes were 91%, in average, considered above the minimum standard of 80% germination required for the commercialization of soybean seeds in Brazil (BRASIL, 2013).

	Mean Square									
	NS	AS	DS	AA	SL	RL	SFM	RFM	SDM	RDM
Genotype 13	400 ^{**}	197 ^{**}	76 ^{**}	968.1 ^{**}	21.5 ^{**}	25.7 ^{**}	55.3 ^{**}	2.3 ^{**}	0.6 ^{**}	0.02 ^{**}
Residual 42	24.8	17.3	14.9	189.6	0.9	1.9	4.4	0.6	0.1	0.011
Mean	91.2	6.14	3.85	59,71	8.60	9.62	8.77	1.27	1.09	8.67
VC (%)	5.61	16.2	18.6	17.0	11.5	14.6	14	12.4	14.1	12.3

¹Normal seedlings (NS), Abnormal seedlings (AS), Dead seeds (DS), Accelerated aging (AA), Shoot length (SL), Root length (RL), Root fresh mass (RFM), Shoot fresh mass (SFM), Shoot dry mass (SDM) and Root dry mass (RDM). ** and * significant at $P < 0.01$ e $P < 0.05$, respectively, by F test.

Table 1: Analysis of variance for seed quality evaluation tests¹ of soybean genotypes.

The results of normal seedlings and abnormal seedlings are presented in the Table 2. The BRS 7390 RR genotype presented the lowest performance according to the normal seedlings, followed by the GM AS3730 and SW BRIZA RR genotypes, which were lower than the total average of 91% of normal seedlings (Table 2). In addition, the average of those three genotypes for the abnormal seedlings was greater than 6.14%. These results indicate a value above average for an unwanted characteristic that is detrimental to seed quality. The results of dead seeds reinforce the low germination of the BRS 7390 RR and SW BRIZA RR seeds genotypes presented the highest results in relation to the other genotypes. The results of dead seeds constitute an undesirable characteristic for the physiological performance of seed lots.

Genotypes	N	A	D	A	SL	RL	RFM	SFM	SDM	RDM
(1) SYN	90	6 ^c	4 ^b	54	7.14 ^d	10.31 ^b	0.352 ^b	3.285 ^c	0.566 ^b	0.031 ^b
(2) SYL	95	1 ^c	4 ^b	54	5.70 ^e	9.28 ^b	0.742 ^b	5.657 ^c	0.745 ^b	0.056 ^b
(3) BRS	93	4 ^c	3 ^b	77	9.98 ^c	13.47 ^a	2.467 ^a	14.85 ^a	2.027 ^a	0.189 ^a
(4) BMX	93	5 ^c	2 ^b	60	10.42 ^c	11.96 ^a	1.285 ^b	8.612 ^b	0.791 ^b	0.08 ^b
(5) 63164	96	3 ^c	1 ^b	54	6.04 ^e	9.04 ^b	1.25 ^b	8.257 ^b	1.582 ^a	0.089 ^b
(6) NA	95	3 ^c	1 ^b	51	7.09 ^d	6.15 ^c	0.905 ^b	9.24 ^b	1.477 ^a	0.061 ^b
(7) GM	85	12 ^b	3 ^b	57	5.63 ^e	5.29 ^c	0.38 ^b	6.175 ^c	1.138 ^b	0.025 ^b
(8) TMG	90	4 ^c	5 ^b	59	9.89 ^c	9.05 ^b	2.05 ^a	5.407 ^c	0.730 ^b	0.038 ^b
(9) BMX	89	5 ^c	5 ^b	68	9.08 ^c	9.42 ^b	0.97 ^b	7.867 ^b	1.048 ^b	0.0611 ^b
(10) FPS	98	1 ^c	0 ^b	69	9.26 ^c	9.37 ^b	1.477 ^b	10.347 ^b	1.127 ^b	0.262 ^a
(11) GM	93	3 ^c	3 ^b	50	8.51 ^c	10.15 ^b	1.085 ^b	7.872 ^b	0.962 ^b	0.049 ^b
(12) SW	85	9 ^c	14 ^a	51	11.33 ^b	10.45 ^b	1.66 ^a	13.792 ^a	1.4458 ^a	0.103 ^b
(13) SW	96	4 ^c	0 ^b	80	13.47 ^a	14.20 ^a	2.822 ^a	15.595 ^a	0.983 ^b	0.156 ^a
(14) BRS	80	16 ^a	9 ^a	52	6.86 ^d	6.54 ^c	0.452 ^b	5.84 ^c	0.714 ^b	0.017 ^b

Normal seedlings (NS, %), Abnormal seedlings (AS, %), Dead seeds (DS, %), Accelerated aging (AA, %), Shoot length (SL, cm), Root length (RL, cm), Root fresh mass (RFM, mg plântula⁻¹), Shoot fresh mass (SFM, mg plântula⁻¹), Shoot dry mass (SDM, mg plântula⁻¹) and Root dry mass (RDM, mg plântula⁻¹). Equal letters in the column indicate statistically homogeneous groups at 5% probability by the Scott-Knott test.

Table 2: Results of germination and seed vigor tests of 14 soybean genotypes.

The accelerated aging (AA) was applied to determine seed performance after exposure to high temperature and relative humidity. Through this parameter the genotype SW ATRIA RR presented the highest result in relation to the other evaluated genotypes. The BMX TURBO, FPS JUPITER RR and SW BRIZA RR genotypes showed intermediate performance and the other genotypes showed low vigor without differences between them (Table 2).

Shoot length (SL) was the vigor parameter that enabled the greatest discrimination between genotypes, that is, the one in which the largest number of significantly different groups. The GM AS3730 genotype presented the lowest result, but not different statistically to the genotypes 63164 RSF IPRO and SYL 9070. In contrast, the SW ATRIA RR genotype presented the highest result (shoot length of 13.47 cm) as observed through the AA. These results indicate high seed physiological performance in relation to the analyzed genotypes (Table 2).

A highly similar pattern was observed to root length (RL) (Table 2). The SW ATRIA RR genotype presented the highest result and was statistically similar to the BRS 1001 IPRO and BMX POTENCIA RR genotypes. However, the GM AS3730, BRS 7390 RR and NA 7337 RR genotypes presented the lowest results than the others genotypes, without significant differences among them (Table 2).

For fresh root mass (FRM), the SW ATRIA RR genotype also presented the highest result, since these characteristics are correlated. However, SW ATRIA RR genotype was statistically similar to the BRS 1001 IPRO, TMG 1180 RR and SW BRIZA RR genotypes (Table 2). However, the lowest result was observed for the SYN 1552 IPRO genotype, but without statistical difference between the other genotypes analyzed (Table 2).

Similar results were observed for shoot fresh mass (SFM). The SW ATRIA RR genotype also presented the highest result, and it was statistically similar to the SW BRIZA RR and BRS 1001 IPRO genotypes. However, the SYN 1552 IPRO, SYL 9070 RR, GM AS3730, TMG 1180 RR and BRS 7390 RR genotypes presented the lowest results of SFM (Table 2).

For shoot dry mass (MSPA), the BRS 1001 IPRO genotype presented the highest result and was statistically similar to genotypes 63164 RSF IPRO, NA 7337 RR and SW BRIZA RR (Table 2). BRS 1001 IPRO and SW ATRIA RR genotypes also presented the highest results for root dry mass (RDM), but without statistical differences of the FPS JUPTERA RR (Table 2). These results indicate greater efficiency of mass translocation to the shoot seedlings. The other genotypes presented lower results without statistical differences between them (Table 2).

The relative contributions of each seed quality attribute can be observed in the analysis of the canonical variables (Table 3). The characteristics that most contributed to the dissimilarities between soybean genotypes were: normal seedlings (51.72%), abnormal seedlings (24.24%), dead seeds (11.29%) and accelerated aging (6.61%). These parameters comprised 93.87% of the variance observed between the evaluated genotypes. These results indicate that these characteristics are more efficient in explaining the existing dissimilarity between the studied genotypes.

Canonical Variables	Individual Variance (%)	Accumulated Variance (%)
Normal seedlings (%) (NS)	51.72	51.72
Abnormal seedlings (%) (AS)	24.24	75.97
Dead seeds (%) (DS)	11.29	87.26
Accelerated aging (%) (AG)	6.61	93.87
Shoot length (cm) (SL)	3.12	97
Root length (cm) (RL)	1.41	98.42
Root fresh mass (g) (RFM)	0.61	99.04
Shoot fresh mass (g) (SFM)	0.59	99.63
Shoot dry mass (g) (SDM)	0.36	100
Root dry mass (g) (RDM)	0	100

Table 3: Estimates of individual and cumulative variances of canonical variables, aiming to estimate the genetic dissimilarity between soybean genotypes.

The shoot length (SL) contributed with only 3.12% of the dissimilarity and the root length presented only 1.41% of dissimilarity (Table 3). The variables normal seedlings and abnormal seedlings were responsible for 75% of the variance of the genotypes. These results indicate such characteristics are the ones that most influence the existing difference between the seeds used in this study (Table 3) and the variance can be given from variables obtained through the standard germination test (BRASIL, 2009).

The hierarchical grouping of the average link between groups (or UPGMA) method was applied and enabled stratification into five groups; the cut in the dendrogram was performed considering 40% of the genetic variability (Fig. 2). Based on the first two canonical variables five groups was also observed in the genotype dispersion graph (Fig. 3).

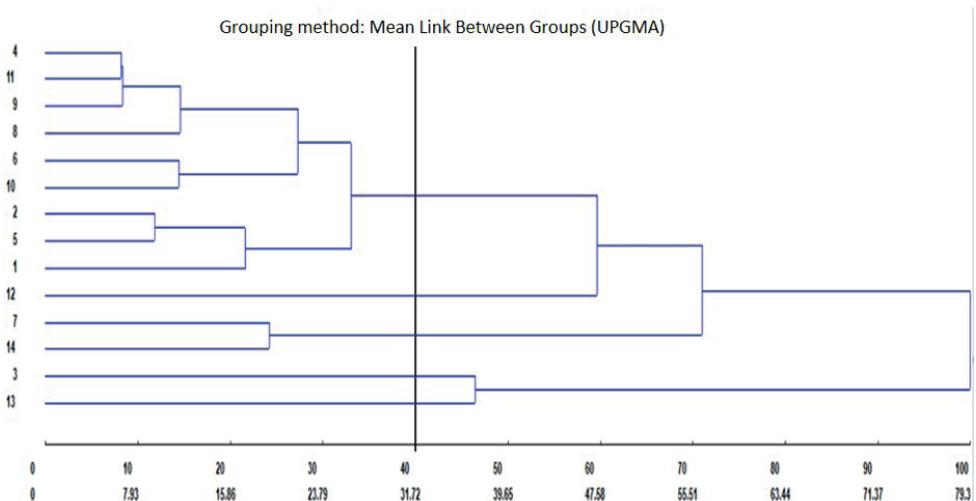


Figure 2. Representative dendrogram of genetic dissimilarity between 14 soybean genotypes and obtained by the UPGMA clustering method, using the Mahalanobis distance as a measure of dissimilarity.

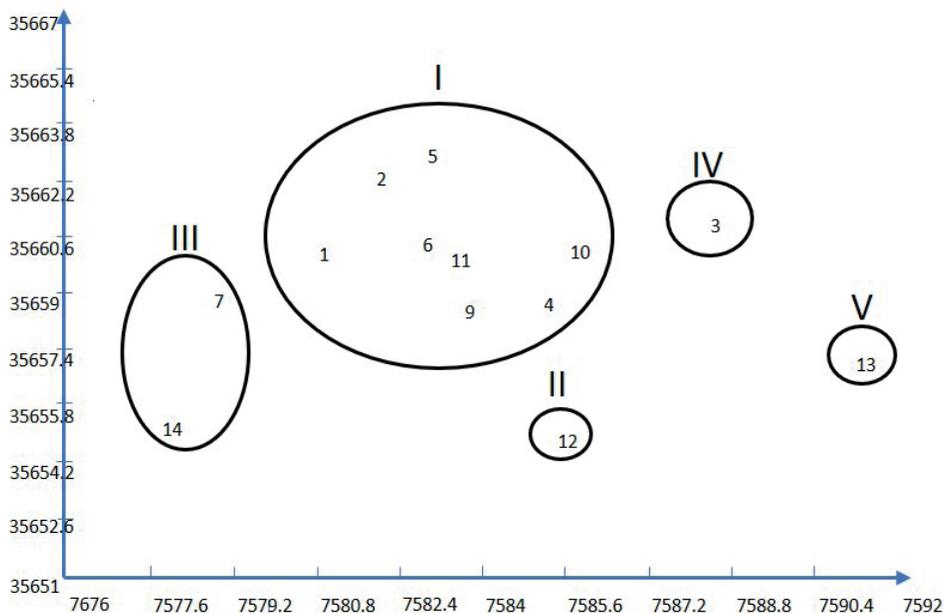


Figure 3. 2d graphic dispersion of the 14 soybean genotypes established by the linear combination of the variables used in the experiment

Thus, the same similarities relations between the genotypes were observed, since both methods were concordant in the distribution and obtained the same results regarding the groupings, increasing the reliability of the results. Group I was composed of 9 genotypes (totaling 64.28% of the individuals) (Fig. 3). This indicates the occurrence of homogeneity within the group related to the characteristics presented by the genotypes, and heterogeneity between the genotypes contained in the others groups. The genotypes SW BRIZA RR, SW ATRIA RR and BRS 1001 IPRO were allocated in isolated groups (groups II, V and IV, respectively), indicating these genotypes were the most divergent. Group III was composed of two genotypes, BRS 7390 RR and GM AS3730 (Fig. 3).

DISCUSSION

The interpretation of the genotypic values is of great importance. It is not enough for parents to be divergent; they also need to present high mean estimates for traits of interest (Casagrande *et al.*, 2020). The identification and differentiation of genotypes through grouping techniques is important to direct the choice of parents, due to genetic variability. In this sense, crosses between genotypes from divergent groups are recommended, but which also present superior performance in relation to the main agronomic characteristics (Abreu *et al.*, 2004).

In view of the characteristics that most confer variance to the genotypes, the increase of normal seedlings is a positive attribute in the physiological potential of soybean seeds, while increase of abnormal seedlings is a detrimental aspect to seed quality. In this study, although the variables were detected as those that most interfere with the quality attribute of the studied genotypes, not all comprise desirable characteristics, as the abnormal seedlings.

The abnormal seedlings are characterized by a range of phenotypes, such as impaired cotyledon expansion, altered root growth and overall stunted growth. Therefore, it could be extrapolated that abnormal seedlings were unlikely to complete seedling establishment, as previously demonstrated for soybean seeds (Basso *et al.*, 2018; Pereira *et al.*, 2021).

Shoot length was the variable with the highest number of cluster formations (5 groups), indicating this trait was the one with the greatest variation between genotypes, which shows the existing divergence between them. Besides, aerial part length can be considered as a factor that influences the seed quality.

In the present study, although shoot and root length showed poor contribution to genotypes dissimilarities, this attribute has fundamental importance to the crop establishment, since seedlings greater lengths in the initial stages of plant development possibly result in greater chances of stand establishment, crucial for high yields and productivity (Rehmani *et al.*, 2023).

When analyzing both methods of multivariate grouping and grouping of means (Table 3), it was concluded that the three genotypes that were isolated in groups II, IV and V were also the most genetically divergent and presented superior performance related to seed quality attributes. The SW ATRIA RR genotype was considered the most promising among the evaluated genotypes, according to the results in table 3 and the grouping in figure 3.

In this context, the analysis of the comparison of means, together with the groupings established by the UPGMA method and the canonical variables, can help to identify the most promising soybean genotypes for obtaining high quality seeds. Our results are in line with the premise that soybean seed vigor is associated with the genetic characteristics of seeds lot, as observed by Martins *et al.* (2016) and Feliceti *et al.* (2020).

The identification of divergent genotypes based on UPGMA and owing to high estimates of genotypic values for the traits of interest was also highlighted for wheat, whose seed is the propellant input for obtaining successful plant stand and productivity (Casagrande *et al.*, 2020). Similarly, the statistical significance observed for the canonical variables indicated a relation between agronomic and seed physiological traits in soybean; it was associated highly productive and tall plants with seeds exhibiting a greater capacity of emergence and tolerance to stress caused by accelerated aging, i.e., with high vigor (Pereira *et al.*, 2017). Besides, the genetic characteristics of the soybean genotypes influenced their seeds lots germination and vigor, which was more relevant in terms of physiological seed quality than the maturity group (Batista *et al.*, 2022).

Soybean breeding programs predominantly aim to select genotypes with technological and agronomic characteristics that allow higher yields. In spite of there is genetic variability for the soybean traits, allowing selection of genotypes with superior performance, and that the genotypes can exhibit differential performance according to the crop environment as previously assessed through multivariate analyzes (Gonçalves *et al.*, 2020) it can be argued that seeds with high ability to convert embryonic axis reserves for seedling growth also contribute to seedling vigor under stress conditions.

Therefore, it is concluded that soybean genotypes can still have similar germination percentages, but significant differences in seedling establishment. Besides, resistance to deterioration is not the only factor that needs to be considered for future breeding programs. From the viewpoint of maintaining germinability and acceptable use in the food industry, thereby increasing food security, increased resistance to deterioration is a desirable trait.

CONCLUSIONS

The most promising genotypes for obtaining high quality seeds, according to the UPGMA clustering method, canonical variables and mean clustering, were SW ATRIA RR and BRS 1001 IPRO. In addition, both presented the best potential for possible crosses.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are thankful to the Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAGRO-UFGD). The third author is thankful to CNPq-Brazil for the scholarship. The authors are thankful to CAPES and to the Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (Termo de Outorga: 133/2023 /SIAFEM: 33108).

AUTHOR CONTRIBUTIONS

LSD and TEM planned the experiments, LSD and TEM interpreted the results, LSD, TEM, LGR and BAR made the write up, LSD and TEM statistically analyzed the data and made illustrations.

REFERENCES

ABREU, F.B.; LEAL, N.R.; RODRIGUES, R.; AMARAL, J.R.A.T.; SILVA, D.J.H. Genetic divergence among climbing snap bean accessions. **Horticultura Brasileira**, v.22, p.547-552, 2004.

BASSO, D.P.; HOSHINO-BEZERRA, A.A.; SARTORI, M.M.P.; BUITINK, J.; LEPRINCE, O.; SILVA, E.A.A. Late seed maturation improves the preservation of seedling emergence during storage in soybean. **Journal of Seed Science**, v.40, p.185-192, 2018.

BATISTA, E.C.; VILLELA, G.M.; PIRES, R.M.D.O.; SANTOS, H.O.D.; CARVALHO, E.R.; BRUZI, A.T. Physiological quality of soybean seeds and the influence of maturity group. **Journal of Seed Science**, v.44, p.1-11, 2022.

BRASIL. Ministry of Agriculture, Livestock and Supply. **Rules for Seed Analysis**. Brasília: MAPA/ACS, P. 395, 2009.

BRASIL. Normative Instruction N° 45, of September 17 2013. *Official Gazette of the Union of the Federative Republic of Brazil*, Brasília, DF, Sep 18. 2013. Section 1.

CASAGRANDE, C.R.; MEZZOMO, H.C.; CRUZ, C.D.; BORÉM, A.; NARDINO, M. Choosing parent tropical wheat genotypes through genetic dissimilarity based on REML/BLUP. **Crop Breed Applied Biotechnology**, v.20, p.1-10, 2020.

CRUZ, C.D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.35, n.3, p.271-276, 2013.

FELICETI, M.L.; SIEGA, T.C.; SILVA, M.; MESQUITA, A.P.B.; SILVA, J.A.; BAHRY, C.A.; POSSENTI, J.C. Groups of maturity relating to the physiological quality of soybean seeds. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.5, p.27410-27421, 2020.

GONÇALVES, G.D.M.C.; FERREIRA-GOMES, R.L.; LOPES, Â.C.D.A.; VIEIRA, P.F.D.M.J. Adaptability and yield stability of soybean genotypes by REML/BLUP and GGE Biplot. **Crop Breed Applied Biotechnology**, v.20, p.1-9, 2020.

HAIR, J.F.; BLACK, W.C.; BABIN, B.J.; ANDERSON, R.E.; THATHAM, R.L. **Análise multivariada de dados** - 6ed. Porto Alegre: BOOKMAN, 2009. 688 p.

HOUX III, J.H.; WIELBOLD, W.J.; FRITSCHI, F.B. Rotation and tillage affect soybean grain composition, yield, and nutrient removal. **Field Crops Research**, v.43, p.12-21, 2014.

ISTA. International Seed Testing Association. *International Rules for Seed Testing*. 2016. ISTA, Wallisellen, Switzerland.

KLOSTER, G.S.; BARELLI, M.A.A.; SILVA, C.R.; NEVES, L.G.; PAIVA, S.S.; LUZ, P.B.B. Analysis of the genetic divergence through morphologic characters in common bean plant cultivars. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.3, p.452-459, 2011.

LEITE, W.D.S.; UNÊDA-TREVISOLI, S.H.; SILVA, F.M.D.; SILVA, A.J.D.; MAURO, A.O.D. Identification of superior genotypes and soybean traits by multivariate analysis and selection index. **Revista Ciência Agronômica**, v.49, n.3, p.491-500, 2018.

LORO, M.V.; CARVALHO, I.R.; SILVA, J.D.; MOURA, N.B.; HUTRA, D.J.; LAUTENCHLEGER, F. Artificial intelligence and multiple models applied to phytosanitary and nutritional aspects that interfere in the physiological potential of soybean seeds. **Brazilian Journal of Agriculture**, v.96, n.1, p.324-338, 2021.

MARTINS, C.C.; UNÊDA-TREVISOLI, S.H.; MÔRO, G.V.; VIEIRA, R.D. Methodology for the selection of soybean strains for germination, vigour and field emergence. **Revista Ciência Agronômica**, v.47, n.3, p.455-461, 2016.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.1-24.

PEREIRA, L.S.; MASETTO, T.E.; CRISPIM, B.D.A.; NASCIMENTO, H.D.S.; BARUFATTI, A. Toxicogenetic effects are involved in the occurrence of imbibitional damage in soybean seeds. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.44, e53555, 2021

PEREIRA, E.M.; SILVA, F.; VAL, B.H.P.; PIZOLATO-NETO, A.; MAURO, A.O.; MARTINS, C.C.; UNÊDA-TREVISOLI, S.H. Canonical correlations between agronomic traits and seed physiological quality in segregating soybean populations. **Genetics and Molecular Research**, v.16, gmr16029547, 2017.

QIN, P.; WANG, T.; LUO, Y. A review on plant-based proteins from soybean: Health benefits and soy product development. **Journal of Agriculture and Food Research**, v.7, e100265, 2022.

REHMANI, M.S.; XIAN, B.; WEI, S.; HE, J.; FENG, Z.; HUANG, H.; SHU, K. Seedling establishment: The neglected trait in the seed longevity field. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.200, p.107765, 2023.

RIZZO, G.; BARONI, L. Soy, soy foods and their role in vegetarian diets. **Nutrients**, v.10, n.43, p.1-51, 2018.

SCATOLIN, L.P.; MASETTO, T.E. Qualidade fisiológica de sementes de soja produzidas em duas épocas de semeadura no sudoeste do Paraná. **Scientia agraria**, v.19, p.112-121, 2018.

SILVA, K.B.; BRUZI, A.T.; ZAMBIAZZI, E.V.; SOARES, I.O.; PEREIRA, J.L.A.R.; CARVALHO, M.L.M. Adaptability and stability of soybean cultivars for grain yield and seed quality. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, p.1-15, 2017.

SZARESKI, V.J.; CARVALHO, I.R.; DEMARI, G.H.; ROSA, T.C.D.; SOUZA, V.Q.D.; VILLELA, F.A.; PEDÓ, T.; AUMONDE, T.Z. Multivariate index of soybean seed vigor: a new biometric approach applied to the effects of genotypes and environments. **Journal of Seed Science**, v.40, n.4, p.396-406, 2018.

TALIMAN, N.A.; DONG, Q.; ECHIGO, K.; RABOY, V.; SANEOKA, H. Effect of phosphorus fertilization on the growth, photosynthesis, nitrogen fixation, mineral accumulation, seed yield, and seed quality of a soybean low-phytate line. **Plants**, v.8, n.119, p.1-13, 2019.

USDA-FAS. *Oilseeds: World Markets and Trade*. <https://www.fas.usda.gov/data/oilseeds-world-markets-and-trade>.

WIJEWARDANA, C.; REDDY, K.R.; BELLALLOUI, N. Soybean seed physiology, quality, and chemical composition under soil moisture stress. **Food Chemistry**, v.278, p.92-100, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.035>

A MICROBIOTA DO SOLO E SUA IMPORTÂNCIA NA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

Acceptance date: 01/07/2024

Marcos Roberto Ribeiro-Junior

Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agrônômicas,
Botucatu

Daniele Maria do Nascimento

Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agrônômicas,
Botucatu

Francisco José Domingues Neto

Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agrônômicas,
Botucatu

Pedro Henrique Ribeiro

Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agrônômicas,
Botucatu

Adriana Zanin Kronka

Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agrônômicas,
Botucatu

RESUMO: Este capítulo discute o papel vital da microbiota do solo na promoção da saúde das plantas e na sustentabilidade agrícola. Os microrganismos do solo, incluindo bactérias, fungos e actinobactérias, são essenciais para processos como a

ciclagem de nutrientes, decomposição da matéria orgânica, fixação de nitrogênio e controle biológico de patógenos. A ciclagem de nutrientes é destacada como um processo crítico para a fertilidade do solo e a produtividade das culturas, com microrganismos específicos que desempenham papéis na decomposição de matéria orgânica e na solubilização de minerais essenciais, como fósforo e enxofre. O capítulo também enfatiza a importância da fixação biológica de nitrogênio (FBN) em plantas leguminosas, mediada por bactérias do gênero *Rhizobium*, que formam associações simbióticas benéficas com as raízes das plantas, reduzindo a necessidade de fertilizantes nitrogenados. Além disso, aborda o controle biológico de patógenos, onde microrganismos benéficos suprimem a atividade de patógenos através de competição, produção de antibióticos e indução de resistência sistêmica nas plantas. As práticas agrícolas que promovem a diversidade e atividade da microbiota do solo são fundamentais para a saúde do solo, produtividade sustentável das culturas e mitigação de impactos ambientais adversos, apontando para a necessidade de integrar técnicas de manejo sustentável que favoreçam esses microrganismos.

PALAVRAS-CHAVE: biodiversidade microbiana; ciclagem de nutrientes; controle biológico de patógenos; fixação biológica de nitrogênio; práticas de manejo sustentável.

INTRODUÇÃO

Muitas vezes, em lavouras lado a lado, o produtor percebe uma diferença significativa no desenvolvimento das culturas. Mesmo quando a análise físico-química do solo revela características semelhantes, a explicação para essa variação frequentemente reside na microbiota do solo. A diversidade e a atividade dos microrganismos do solo podem influenciar diretamente a saúde das plantas e a eficiência na ciclagem de nutrientes, resultando em diferentes níveis de produtividade entre áreas adjacentes.

A microbiota do solo, composta por uma vasta diversidade de microrganismos como bactérias, fungos, actinobactérias e arqueias, desempenha um papel crucial na manutenção da saúde do solo e na produtividade agrícola (CHAUAN et al., 2023; SUMAN et al., 2022; VINCE et al., 2024). Esses microrganismos são responsáveis por uma série de processos essenciais que sustentam a fertilidade do solo e a saúde das plantas, incluindo a ciclagem de nutrientes, a decomposição da matéria orgânica, a fixação de nitrogênio e o controle biológico de patógenos. Entender essas interações e funções é fundamental para a promoção de práticas agrícolas sustentáveis e para a maximização da produtividade das culturas.

CICLAGEM DE NUTRIENTES

A ciclagem de nutrientes é essencial para a manutenção da fertilidade do solo e a produtividade das culturas. A microbiota do solo desempenha um papel central nesse processo, facilitando a decomposição da matéria orgânica e a mineralização de nutrientes essenciais (LIU et al., 2023; SUN et al., 2024).

A decomposição da matéria orgânica, mediada por microrganismos decompositores como bactérias, fungos e actinobactérias, transforma resíduos vegetais e animais em compostos mais simples, liberando nutrientes vitais para o crescimento das plantas (DAUNORAS; KAČERGIUS; GUDIUKAITĖ, 2024; LIU et al., 2023).

Bactérias heterotróficas dos gêneros *Pseudomonas* e *Bacillus* são particularmente eficazes na decomposição de compostos orgânicos complexos, produzindo enzimas extracelulares que degradam lignina, celulose e hemicelulose em açúcares simples, que são posteriormente mineralizados (GRGAS et al., 2023; XU et al., 2022). Além disso, fungos saprófitas, como *Trichoderma* e *Penicillium*, desempenham um papel crucial na decomposição de materiais lignocelulósicos, contribuindo significativamente para a formação de húmus no solo (SAROJ; P; NARASIMHULU, 2018).

Da mesma forma, o fósforo é essencial para a formação de DNA, RNA e ATP. No solo, o fósforo pode estar presente em formas orgânicas ou minerais, muitas das quais não estão diretamente disponíveis para as plantas. Bactérias solubilizadoras de fósforo, como *Pseudomonas* e *Bacillus*, liberam ácidos orgânicos que dissolvem compostos de fósforo insolúveis, convertendo-os em formas solúveis que as plantas podem absorver (RAWAT et al., 2021). Além disso, fungos micorrízicos arbusculares formam associações simbióticas com as raízes das plantas, auxiliando na mineralização e absorção de fósforo orgânico (WANG et al., 2021).

O enxofre é necessário para a síntese de aminoácidos, como cisteína e metionina, e vitaminas, como a tiamina. A ciclagem de enxofre no solo envolve a conversão de formas orgânicas e inorgânicas de enxofre. Bactérias quimioautotróficas, como *Thiobacillus*, oxidam sulfeto (S^{2-}) a sulfato (SO_4^{2-}), que é a forma absorvível pelas plantas. Em condições anaeróbicas, bactérias redutoras de sulfato, como *Desulfovibrio*, reduzem sulfato a sulfeto, que pode ser novamente incorporado na matéria orgânica (OVERMANN; VAN GEMERDEN, 2000).

A ciclagem de nutrientes mediada pela microbiota do solo é fundamental para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. A manutenção de uma microbiota do solo saudável promove a eficiência do uso de nutrientes, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos e mitigando os impactos ambientais associados ao seu uso excessivo (WANG; CHI; SONG, 2024). Práticas como a rotação de culturas, a adubação verde e a aplicação de compostos orgânicos podem melhorar a diversidade e a atividade da microbiota do solo, promovendo uma ciclagem de nutrientes mais eficiente (TAHAT et al., 2020; WANG; CHI; SONG, 2024).

Além disso, a microbiota do solo desempenha um papel importante na biorremediação de poluentes, decompondo compostos tóxicos e contribuindo para a saúde ambiental (SAR et al., 2023). Este processo é essencial para manter a qualidade do solo e da água, garantindo um ambiente saudável para o crescimento das plantas e a sustentabilidade agrícola a longo prazo.

FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é um processo essencial para a agricultura sustentável, pois permite que as plantas adquiram nitrogênio, um nutriente vital, diretamente da atmosfera. Este processo é mediado por bactérias fixadoras de nitrogênio, como as do gênero *Rhizobium*, que formam associações simbióticas com plantas leguminosas (ABD-ALLA; AL-AMRI; EL-ENANY, 2023).

Dentro desse contexto, as bactérias *Rhizobium* colonizam as raízes das plantas leguminosas e formam estruturas especializadas chamadas nódulos radiculares. Dentro desses nódulos, as bactérias convertem o nitrogênio atmosférico (N_2) em amônia (NH_3) através da ação da enzima nitrogenase. A amônia é então incorporada em aminoácidos

e outros compostos nitrogenados, que são utilizados pela planta para crescimento e desenvolvimento. Em troca, a planta fornece às bactérias carboidratos e outros nutrientes, formando uma relação mutuamente benéfica (SHEN; FENG, 2024; SINHAROY; TIAN; MONTIEL, 2024).

A importância da FBN vai além da nutrição direta das plantas. Este processo é fundamental para a fertilidade do solo e a produtividade agrícola. Plantas leguminosas que formam associações simbióticas com *Rhizobium* podem crescer em solos com baixos níveis de nitrogênio disponível, reduzindo assim a necessidade de fertilizantes nitrogenados. Esta redução não só diminui os custos de produção para os agricultores, mas também reduz os impactos ambientais negativos associados ao uso excessivo de fertilizantes químicos, como a lixiviação de nitratos e a eutrofização de corpos d'água (ABD-ALLA; AL-AMRI; EL-ENANY, 2023; KEBEDE, 2021).

A integração de leguminosas fixadoras de nitrogênio em sistemas agrícolas é, portanto, uma estratégia eficaz para promover a sustentabilidade, melhorando a saúde do solo e mitigando os efeitos ambientais adversos.

CONTROLE BIOLÓGICO DE PATÓGENOS

O controle biológico de patógenos é uma estratégia sustentável e eficaz que utiliza microrganismos benéficos do solo para suprimir a atividade de patógenos de plantas. Esses microrganismos empregam diversos mecanismos para proteger as plantas, incluindo a competição por nutrientes e espaço, a produção de antibióticos e a indução de resistência sistêmica nas plantas.

Microrganismos benéficos, como *Pseudomonas* e *Bacillus*, competem diretamente com patógenos por nutrientes e espaço na rizosfera. Esta competição pode limitar a disponibilidade de recursos necessários para a sobrevivência e proliferação dos patógenos. Por exemplo, *Pseudomonas fluorescens* compete eficazmente com patógenos ao colonizar rapidamente as raízes das plantas e consumir nutrientes essenciais, como ferro, através da produção de sideróforos (AL-KARABLIEH et al., 2022; GAMALERO et al., 2004).

Além da competição, muitos microrganismos benéficos produzem compostos antimicrobianos que inibem ou matam patógenos de plantas. *Streptomyces* spp., por exemplo, são actinobactérias conhecidas por produzir uma vasta gama de antibióticos que podem suprimir a atividade de fungos fitopatogênicos e bactérias (SHEN et al., 2024). De maneira semelhante, *Bacillus subtilis* produz lipopeptídeos, como surfactina e iturina, que têm efeitos antifúngicos potentes (DUNLAP; BOWMAN; ROONEY, 2019; WANG et al., 2020).

Outro mecanismo importante é a indução de resistência sistêmica nas plantas, um fenômeno conhecido como resistência sistêmica induzida (RSI). Este mecanismo envolve a ativação das defesas naturais da planta, tornando-a mais resistente a ataques

de patógenos subsequentes (XU et al., 2022). Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCP), como *Pseudomonas* e *Bacillus*, são frequentemente associadas à RSI. Elas podem induzir a produção de fitoalexinas e outras proteínas relacionadas à defesa nas plantas (WANG et al., 2021).

O uso de microrganismos benéficos para o controle biológico de patógenos oferece uma alternativa ecológica aos defensivos químicos, que podem ter efeitos adversos no meio ambiente e na saúde humana. Além disso, promove a biodiversidade microbiana do solo, melhorando a saúde do solo e a resiliência das culturas.

A integração de práticas de controle biológico no manejo agrícola pode reduzir a dependência de produtos químicos, promover a sustentabilidade e aumentar a produtividade agrícola de maneira ecológica e segura. A pesquisa contínua e o desenvolvimento de produtos biológicos eficazes são essenciais para expandir o uso desta estratégia e maximizar seus benefícios na agricultura moderna.

CONCLUSÕES

A microbiota do solo é um componente essencial para a saúde do solo e a sustentabilidade agrícola. Esses microrganismos desempenham funções críticas, como a ciclagem de nutrientes, a decomposição da matéria orgânica, a fixação de nitrogênio e o controle biológico de patógenos, todos fundamentais para manter a fertilidade do solo e a produtividade das culturas.

Práticas agrícolas que promovem a diversidade e a atividade microbiana são essenciais para garantir a produtividade agrícola a longo prazo. Técnicas como a rotação de culturas, a adubação verde e a aplicação de compostos orgânicos não apenas melhoram a estrutura e a fertilidade do solo, mas também incentivam a proliferação de microrganismos benéficos. Essas práticas ajudam a criar um ambiente mais resiliente e saudável, capaz de sustentar altas produtividades agrícolas sem depender excessivamente de fertilizantes químicos e defensivos.

A integração de práticas de manejo sustentável que favorecem a microbiota do solo não só melhora a saúde do solo e a produtividade das culturas, mas também contribui para a mitigação dos impactos ambientais adversos associados à agricultura intensiva. Promover a biodiversidade microbiana e entender suas funções no ecossistema do solo são passos cruciais para alcançar uma agricultura verdadeiramente sustentável e produtiva a longo prazo.

REFERÊNCIAS

ABD-ALLA, M. H.; AL-AMRI, S. M.; EL-ENANY, A.-W. E. Enhancing Rhizobium–Legume Symbiosis and Reducing Nitrogen Fertilizer Use Are Potential Options for Mitigating Climate Change. **Agriculture**, v. 13, n. 11, p. 2092, 3 nov. 2023.

AL-KARABLIEH, N. et al. *Pseudomonas fluorescens* NK4 siderophore promotes plant growth and biocontrol in cucumber. **Journal of Applied Microbiology**, v. 133, n. 3, p. 1414–1421, 1 set. 2022.

CHAUHAN, P. et al. Soil Microbiome: Diversity, Benefits and Interactions with Plants. **Sustainability**, v. 15, n. 19, p. 14643, jan. 2023.

DAUNORAS, J.; KAČERGIUS, A.; GUDIUKAITĖ, R. Role of Soil Microbiota Enzymes in Soil Health and Activity Changes Depending on Climate Change and the Type of Soil Ecosystem. **Biology**, v. 13, n. 2, p. 85, 29 jan. 2024.

DUNLAP, C. A.; BOWMAN, M. J.; ROONEY, A. P. Iturinic Lipopeptide Diversity in the *Bacillus subtilis* Species Group – Important Antifungals for Plant Disease Biocontrol Applications. **Frontiers in Microbiology**, v. 10, p. 1794, 7 ago. 2019.

GAMALERO, E. et al. Colonization pattern of primary tomato roots by *Pseudomonas fluorescens* A6RI characterized by dilution plating, flow cytometry, fluorescence, confocal and scanning electron microscopy. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 48, n. 1, p. 79–87, abr. 2004.

GRGAS, D. et al. The Bacterial Degradation of Lignin—A Review. **Water**, v. 15, n. 7, p. 1272, 23 mar. 2023.

KEBEDE, E. Contribution, Utilization, and Improvement of Legumes-Driven Biological Nitrogen Fixation in Agricultural Systems. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 5, p. 767998, 16 nov. 2021.

LIU, L. et al. The core microbiota as a predictor of soil functional traits promotes soil nutrient cycling and wheat production in dryland farming. **Functional Ecology**, v. 37, n. 9, p. 2325–2337, set. 2023.

OVERMANN, J.; VAN GEMERDEN, H. Microbial interactions involving sulfur bacteria: implications for the ecology and evolution of bacterial communities. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 24, n. 5, p. 591–599, dez. 2000.

RAWAT, P. et al. Phosphate-Solubilizing Microorganisms: Mechanism and Their Role in Phosphate Solubilization and Uptake. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 21, n. 1, p. 49–68, mar. 2021.

SAR, P. et al. Natural surfactant mediated bioremediation approaches for contaminated soil. **RSC Advances**, v. 13, n. 44, p. 30586–30605, 2023.

SAROJ, P.; P, M.; NARASIMHULU, K. Characterization of thermophilic fungi producing extracellular lignocellulolytic enzymes for lignocellulosic hydrolysis under solid-state fermentation. **Bioresources and Bioprocessing**, v. 5, n. 1, p. 31, dez. 2018.

SHEN, L.; FENG, J. NIN—at the heart of Nitrogen-fixing Nodule symbiosis. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, p. 1284720, 12 jan. 2024.

SINHAROY, S.; TIAN, C.-F.; MONTIEL, J. Editorial: Plant-rhizobia symbiosis and nitrogen fixation in legumes. **Frontiers in Plant Science**, v. 15, p. 1392006, 11 mar. 2024.

SUMAN, J. et al. Microbiome as a Key Player in Sustainable Agriculture and Human Health. **Frontiers in Soil Science**, v. 2, 11 abr. 2022.

SUN, L. et al. Core microbiota drive multi-functionality of the soil microbiome in the Cinnamomum camphora coppice planting. **BMC Microbiology**, v. 24, n. 1, p. 18, 10 jan. 2024.

TAHAT, M. et al. Soil Health and Sustainable Agriculture. **Sustainability**, v. 12, n. 12, p. 4859, jan. 2020.

VINCZE, É.-B. et al. Beneficial Soil Microbiomes and Their Potential Role in Plant Growth and Soil Fertility. **Agriculture**, v. 14, n. 1, p. 152, 20 jan. 2024.

WANG, H. et al. Pathogen Biocontrol Using Plant Growth-Promoting Bacteria (PGPR): Role of Bacterial Diversity. **Microorganisms**, v. 9, n. 9, p. 1988, 18 set. 2021.

WANG, X.; CHI, Y.; SONG, S. Important soil microbiota's effects on plants and soils: a comprehensive 30-year systematic literature review. **Frontiers in Microbiology**, v. 15, p. 1347745, 25 mar. 2024.

WANG, Y. et al. Iturin A Extracted From Bacillus subtilis WL-2 Affects Phytophthora infestans via Cell Structure Disruption, Oxidative Stress, and Energy Supply Dysfunction. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, p. 536083, 9 set. 2020.

XU, Z. et al. Understanding of bacterial lignin extracellular degradation mechanisms by Pseudomonas putida KT2440 via secretomic analysis. **Biotechnology for Biofuels and Bioproducts**, v. 15, n. 1, p. 117, 31 out. 2022.

MEASURES TO CONTROL PARASITIC INFECTIONS OF PIGS IN THE PRODUCTION CHAIN FROM THE FARMS BREEDER TO THE CONSUMER

Acceptance date: 01/07/2024

Ivan Pavlovic

Principal Research Fellow
Scientific Institute of Veterinary Medicine
of Serbia

Aleksandra Tasic

Research Fellow
Scientific Institute of Veterinary Medicine
of Serbia

Nemanja Zdravkovic

Senior Research Associate
Scientific Institute of Veterinary Medicine
of Serbia

Vesna Karapetkovska-Hristova

Faculty of Biotechnical Sciences - Bitola,
University "St. Kliment Ohridski", Bitola,
North Macedonia

ABSTRACT: The main goal of the control program of parasite infection is to raise the health status of pigs in the Republic of Serbia. By preventing the appearance and spread of parasitic infections by taking certain preventive measures, the basic task is to reduce the prevalence of parasites, which achieves that as few infected animals reach the slaughterhouse as possible. In addition, taking prescribed measures at

the slaughterhouse aims to keep the risk of parasitic zoonoses in meat and pork products at zero level. The application of this integrated concept of parasite infection control required the systematic monitoring of infection on farms and slaughterhouses before and after the applied measures. Certainly, the complexity of the problem required the involvement of all relevant entities, primarily veterinary services, starting from farms to slaughterhouses.

KEYWORDS: swine, parasites, control

INTRODUCTION

Parasitic infections are constant companions of pig production, regardless of the method of keeping. Caused by several parasitic species, they endanger the health of animals and cause significant economic losses due to lower growth, reduction in body weight of fattening animals and loss of daily gain, poorer feed conversion, and finally, a problem appears in the slaughterhouse industry in the form of confiscation or conditionally usable meat.

The origin, course and diseases of pigs in general are determined by the

presence of causative agents, susceptible hosts and the environment. In intensive keeping, all the mentioned elements are emphasized, often in a negative sense, considering that intensive upbringing has both advantages and disadvantages. In this breeding, there are large agglomerations of animals in a limited space, and the danger of the occurrence and spread of diseases increases along with the density of the population of animals in the pens and boxes. The greater number of animals in a smaller space, take chance and the greater possibility of spreading infections. Housing and feeding conditions at a certain time are the same and have an equally favorable or negative effect on all animals.

The problem of the transmission of parasitic infections from older to younger categories of pigs on farms of different capacities and on individual farms with a larger number of animals arises during the keeping of pigs in facilities where infections of breeding animals occur with ecto- and endoparasites, and they bring it into the farrowing house and infect the piglets immediately after farrowing.

Apart from the immediate harmful effect on pigs and the large economic losses they cause, certain types of parasites are significant zoonoses that can cause the death of infected people. Pork meat and meat products are widely distributed and appreciated in the world. For these reasons, food safety is a very important aspect in epidemiology, and that is why the control of pork meat and products must be included in the mandatory monitoring of parasitic infections in pigs.

THE ZONOTIC ASPECT OF PARASITES OF PIGS

In addition to the already well-known diseases of trichinosis and cysticercosis, pigs are carriers of parasites that cause toxoplasmosis, sarcocystosis, balantidiosis and cryptosporidiosis, which also directly threaten human health. Trichinellosis, cysticercosis, sarcocystosis and toxoplasmosis are transmitted by meat and meat products of pigs, balantidiosis and cryptosporidiosis are transmitted by infected feces. A big problem in this case is the fact that little is said about trichinellosis and cysticercosis, and there is not enough knowledge about their importance neither among consumers of pork meat and products nor among pig breeders. How significant a health problem this is can best be illustrated by showing toxoplasmosis and balantidiosis, which are present in an extremely high percentage in pigs.

Toxoplasmosis

Toxoplasmosis is one of the most widespread parasitic zoonoses in the world, which in most cases is asymptomatic in pigs, but that is why pork is an extremely important source of human infection (in the USA it is in first place). The causative agent is *Toxoplasma gondii*, a cyst-forming coccidia whose first host is cats, and mammals, reptiles and birds persist as

intermediate hosts (more than 280 species, including humans). According to estimates by the World Health Organization, based on serological examinations, more than 700 million people in the world are infected with *T. gondii*.

Balantidiosis

Balantidiosis is a zoonotic disease present all over the world, and the prevalence of pig infection ranges up to 100% of infected animals, although the disease is rarely present. The causative agent is the ciliate *Balantidium coli*, the cysts and vegetative forms of which are found in pig feces. People become infected by introducing developmental forms of the protozoan *B.coli*, through unwashed hands, etc. *Balantidium* synthesizes the enzyme hyaluronidase, which damages human tissues. After infection, *Balantidium* causes an inflammatory reaction similar to dysentery caused by amoebas. The most common symptoms are colitis and diarrhea. Extraintestinal spread of the parasite leads to damage to the liver, pleura, lymph nodes, lungs and urogenital system, but it is very rare. Cases with a fatal outcome have also been recorded.

Sarcocystosis

Sarcocystosis is caused by protozoa from the genus *Sarcocystis*, which includes several species of these parasites. The names sarcocyst indicate the true and transitional host. In pig infections with the protozoan *S.suihominis*, the transitional host is the pig and the real host is the human. Infections of the true hosts are usually asymptomatic, and diarrhea may occur as a clinical symptom. In humans, intestinal sarcocystosis most often occurs in immunodeficient patients (AIDS) with diarrhea, nausea, vomiting, fever, chills, acute abdominal pain, and necrotizing enterocolitis. In the muscular form, discomfort, weakness, swelling and pain in the muscles may occur.

Cryptosporidiosis

Cryptosporidiosis has long been considered a commensal stain, to establish that it represents a dangerous zoonotic pathogen. The most common causative agents of piglet infections are *Cryptosporidium parvum*, *C. suis* and *C. muris*. The mode of transmission is peroral infection with oocysts. Older animals are the source of infection in piglets. Autoinfections are also possible - when oocysts release sporozoites into the colon of the host. Human infection occurs with cryptospora oocysts, most often through the fecal-oral route. Intestinal cryptosporidiosis is mostly chronic. In immunodeficient patients (AIDS sufferers), debilitating diarrhea occurs, accompanied by vomiting, loss of appetite and periods of constipation, and the mortality rate ranges up to 35% in some areas. Respiratory cryptosporidiosis of humans is caused by inhalation of oocysts, while infection of the biliary tract occurs due to penetration of the parasite from the digestive tract (autoinfection).

Cysticercus suum

Cysticercus suum is the encysted larval form of the tapeworm *Taenia solium*, which has a human as its first host. The spread of this taeniasis is directly related to the economic conditions and hygiene habits of the population. According to data from around the world, it is most present in people in Africa, while it is least represented in Europe. The prevalence in our environment is not higher than 2-3%. The disease is extremely significant and is on the list of diseases that are controlled by WHO and OIE. The eggs of the parasite are found in the feces of infected people, and the infection of pigs and wild boars occurs through the ingestion of eggs and articles of tapeworms (due to the coprophagous habit of pigs), contaminated food or water. After the infection of pigs, embryos are released in the intestines, which break through the intestinal wall and through the bloodstream, less often with lymphoma, reach the muscle tissue, where cystic formations known as pig berries (*Cysticercus cellulosae*) develop. They are most abundant in the chewing muscles, heart, diaphragm, gluteal, neck and intercostal muscles, tongue, and can also be found in the brain, lungs, liver and other organs. In pigs, there are usually no clinical symptoms of the disease, except for extremely strong infections. Human infection is caused by insufficiently thermally processed infected pork meat and leads to the complete development of the parasite.

Trichinosis

Trichinosis is a parasitic disease of animals and humans, most often caused by the larvae of *Trichinella spiralis*. The infection occurs through the consumption of insufficiently thermally processed meat and meat products, in which *T. spiralis* larvae are cocooned. In pigs, trichinosis cannot be observed during life. Infection, development and cocooning of larvae in muscles occur without visible clinical signs, so apparently healthy animals can be infected with *Trichinella*. In humans, the first signs of the disease appear 8-30 days after eating infected meat. In the case of infection with a large number of larvae, the signs of the disease appear in 24-48 hours, and in the case of a weaker infection later, and occur in a milder form. The second stage of the disease coincides with the migration of the larvae into the muscles. In humans, the larvae are most often found in the eye, neck, intercostal, pectoral, thigh, masticatory and diaphragm muscles. This phase begins with an elevated temperature (up to 40°C) and swelling of the eyelids and face that last 3-11 days. If the larvae enter the heart muscle or brain, death is possible. In the last stage of the disease, when a cocoon forms around the larva in the patient's muscles, gradual recovery begins.

Ascariasis

Ascariasis is the most common and arguably the most important parasitic disease of pigs. The disease has recently been confirmed as a zoonosis. Recent serological screening studies for specific antibodies to *A. suum* conducted in the Netherlands and Sweden have shown extremely high seroprevalences, while numerous case reports from Japan report pulmonary, hepatic and cerebral symptoms caused by *A. suum* larvae after eating infected raw meat (liver) or vegetables contaminated with *A. suum* eggs.

In swine, it is widespread in all parts of the world and in all conditions of keeping, the causative agent is *Ascaris suum*. The pathogenic action of the parasite begins already with the larvae, which, released from the eggs, penetrate the mucous membrane of the small intestine and reach the liver through the portal bloodstream. By breaking through the liver parenchyma, lesions are created, and the liver becomes hyperemic, enlarged and in the late stage with characteristic milky white spots on the surface. At the slaughter line, these livers are discarded, causing significant economic losses. Adult parasites mechanically injure the intestinal mucosa, causing catarrhal enteritis and sometimes intestinal rupture.

Echinococcosis / Hydatidosis

Echinococcosis is caused by tapeworms from the genus *Echinococcus* in the true hosts - dogs, and hydatidosis is a disease of transitional hosts caused by encysted larvae of *Echinococcus*. This disease is very widespread in our country. The highest percentage of infected pigs is found in the individual sector (up to 75%), but the percentage of farm-raised pigs, where the degree of infection ranges up to 10% or more, is not negligible. Echinococcosis (hydatidosis) is a zoonosis. *Echinococcus granulosus* is a tapeworm 2-6 mm long and only occurs in adult form in dogs. Mature articles loaded with eggs are eliminated into the environment and thus contaminate food, water and soil. Eggs are very resistant in the external environment. When pigs ingest eggs, oncospheres are released from their intestines, which break through the intestinal wall and reach the liver via blood and lymph. One part stays here and develops into cysts, while the other part passes through the liver and reaches the large blood stream and then all the organs (spleen, kidneys, heart). The pathogenic effect depends on the size of the cysts, their number and localization. In pigs, the most common localization is on the liver. During their growth, the cysts exert pressure on the surrounding tissue, causing atrophy. In humans, the way of infection is identical to that in pigs but the pathological changes are much more drastic with a possible fatal outcome. for these reasons, it is necessary to eliminate dogs from pig farms.

DISTRIBUTION OF PIG PARASITES IN THE WORLD AND IN SERBIA

Today's industrial production of pigs is based on the implementation of biosecurity measures, as well as solving environmental problems, which significantly burden production. Good pig health is a condition for good reproduction, i.e. profitable production. Health depends on conditions of keeping, care, nutrition, health control and health care. A large number of diseases that are present on industrial type pig farms can be kept under control by applying prophylactic and therapeutic measures, as well as by increased control of professional services.

With the flexible cooperation of farm owners/individual breeders with professional services (veterinary stations, institutes), with respect and implementation of expert knowledge, and the application of a series of biotechnical measures and emphasizing the prevention of pig diseases, with the aim of promoting the good health of pigs, it is possible to improve production.

Biosecurity, welfare, good production practice and risk analysis at critical control points are very important elements for intensive pig production. The planned application of biosecurity measures is crucial in protecting the health of pigs and the success of production. Parasites are present in pigs all over the world in large and small farms, regardless of the level of applied zotechnical and hygienic measures. The clinical symptoms of parasitosis in pigs are usually not clear or pathognomonic and are hidden by subpneumonia and diarrhea of different etiology.

Research conducted in countries that are the largest pork producers and use the most modern technology best illustrates this. In the USA, they determined that the prevalence of *Ascaris suum* on farms is between 12-31%, *Strongyloides* spp., 16-27%, *Trichuris suis* 12-19%, *Oesophagostomum* spp. 11-21%, *Coccidia* spp. 10.5-19%.

European countries are not without these problems either. They are world-renowned pork producers, with the most modern technology, the best housing conditions and the genetic makeup of pigs. However, research conducted in the past decade established the presence of *A. suum*, *Oesophagostomum* spp, *I. suis* and *Eimeria* spp on their farms. The presence of parasites was found on 25–35% of farms in Denmark, 13% of farms in Norway and Sweden and 5% of farms in Iceland and Finland. Finally, in the Netherlands, the presence of parasites was established on 35% of farms, namely, 67% *Strongyloides* spp., 17% *Trichuris suis* and 17% *Ascaris suum*.

Research from China, which is the largest producer of pork in Asia, indicated that the most common parasitic infections on pig farms were infections with *Ascaris suum* (12.18%), *Trichuris suis* (10.13%), *Oesophagostomum* spp. (10.13%), *Eimeria* spp. (16.53%), *Cystoisospora suis* (5.02%), *Cryptosporidium* spp. (6.60%) and *B.coli* (22.7%). *Ascaris suum* is found throughout Asia, even in Nepal.

In Brazil, the leading producer of pork in South America, *B. coli* is the most common parasite found in 77.6%, followed by *Coccidia* sp. found in 71.1%, followed by *Strongyloides ransomi* (36.9%), *A. suum* (27.6%), *T. suis* (14.3%) and *Metastrongylus spp.* (3.7%).

In Africa, such research was also done, but the problem is that there the method of keeping is semi-extensive or with minifarms, so these results are not comparable with the results obtained in industrial keeping with large agglomerations of pigs. For farms on African soil, South Africa is leading with 51% of infected pig.

On the basis of inspections carried out on a large number of farms and on individual holdings with a large number of pigs in Serbia, we found that not a single age category of pigs is spared from parasitic infections, and that their incidence and morbidity. At the same time, an important moment in the occurrence of infections is the first infection of piglets that entered the farrowing area through sows infected with parasites, and then those piglets with parasites go to fattening.

In piglets, the presence of protozoan infections occurs most often, so we found the presence of *Balantidium coli* (95-100%), *Cryptosporidium* sp. (17-32%), *Eimeria perminuta* (27-31%), *E. deblickei* (3-24%), *E. polita* (4-9%) and *Iso spor a suis* (3-13%). In the older categories, infections with the helminths *Ascaris suum* (39-41%), *Oesophagostomum dentatum* (6-8%), *Strongyloides ransomi* (1-17%) and *Trichuris suis* (1-7%) were found. Scabies caused by *Sarcoptes scabiei var. suis* we found in 3-37% of pigs of this age.

In the rearing phase, the following parasite species *Ascaris suum* (39-41%), *Oesophagostomum dentatum* (6-8%), *Strongyloides ransomi* (1-17%) and *Trichuris suis* (1-7%) were established. We found scabies in 3-37% of piglets.

The fattening was found presence of *Eimeria perminuta* (27-31%), *E. deblickei* (3-24%), *E. polita* (4-9%) *Balantidium coli* (90-95%), *Ascaris suum* (9-16%), *Oesophagostomum dentatum* (2-8%), *Hyostrogylus rubidum* (3-6%), *Strongyloides ransomi* (1-17%) and *Trichuris suis* (1-7%). On the slaughter line, ascariasis was found in 34 - 52% and hydatidosis in 1-2 % of fattening animals. Scabies is found in 15-35% of animals. Lice were found in 3-7% of pigs.

In breeding pigs, *Balantidium coli* (95-99%), *Eimeria perminuta* (17-21%), *E. deblickei* (12-23%), *E. polita* (14-19%), *Cryptosporidium* sp. (3-12%) were found), *Ascaris suum* (2-16%), *Oesophagostomum dentatum* (2-16%), *Hyostrogylus rubidum* (2-15%), *Strongyloides ransomi* (1-3%), *Trichuris suis* (2-13%) and *Metastrongylus* sp. (1%).

These findings point to the fact that the problem of parasitic infections in farms and on individual farms with a large number of animals is approached in a general, unprofessional and inadequate manner, so that these infections appear as stationary infections.

Thanks to zoohygiene and biosecurity measures that are also applied on individual farms with a larger number of animals, zoonoses such as trichinosis and cysticercosis have been largely brought under control or eliminated from this type of production. But the future of pig production, which strives for organic production, has the possibility that this risk will be set again as an unavoidable reality, especially on individual farms with a larger number of animals.

PROGRAM TO CONTROL PARASITIC INFECTIONS

The main goal of the parasite infection control program is to raise the health status of pigs in the Republic of Serbia. By preventing the occurrence and spread of parasitic infections by taking certain preventive measures on farms, the main task is to reduce the prevalence of parasites, which is achieved by reducing the number of infected pigs to slaughterhouses. In addition, taking prescribed measures at the slaughterhouse aims to keep the risk of parasitic zoonoses in meat and pork products at zero level. The application of this integrated concept of parasite infection control required the systematic monitoring of infection on farms and slaughterhouses before and after the applied measures. Certainly, the complexity of the problem required the involvement of all relevant entities, primarily veterinary services, starting from farms to slaughterhouses.

Parasitic infection control measures were applied to seven test commercial pig farms, starting from the second half of 2016. The examined farms had a capacity of 600 to 1,500 breeding sows and had a closed production cycle, and individual farms also raised 40 or more pigs. Piglets reared on farms were placed in cages or boxes with a wire floor or with a floor made of perforated plastic, while fattening pigs were in boxes with a lattice floor. In individual farms with a larger number of animals, they are most often kept on straw, which is the trend of modern pig production, especially within the framework of animal welfare and organic production. Feeding was done with a complete fodder mixture for certain production categories from automatic feeders (*ad libitum*).

In order to establish the prevalence of parasitic infections and the biodiversity of the causative agent in the pig population, samples of feces and scarifications were collected from all categories of pigs. On each of the farms, 80 samples of faeces were sampled, 80 scarified samples, 20 from each production category - suckling piglets (from 0 to 28 days of age), rearing piglets (from 28 to 75 days), pigs from fattening (from 75 to 150 days of age) and breeding animals (gilts, sows and boars). On individual farms with a larger number of animals, samples were taken from 20% of the animals kept.

Excrement samples were taken and scarifications from all categories of pigs were processed using the usual parasitological examination methods. We performed examinations for parasites both during the necropsy of dead animals and in pigs on the slaughter line. Examination for ectoparasites was performed by scarification as well as the collection of adult parasites. All applied diagnostic methods were in accordance with WFP-EFP, WHO, FAO and OIE recommendations.

All parasites are determined on the basis of morphological characteristics, according to the keys given by Euzeby and Soulsby. On the basis of the obtained findings, the application of a number of solutions was started, which as a whole were incorporated into a single entity whose goal is the control of parasitic infections on pig farms and finally their eradication.

Based on the place of application of individual segments of this technological solution, they can be grouped into two basic units - measures taken on farms and measures taken at slaughterhouses.

MEASURES TAKEN ON THE FARM AND ON INDIVIDUAL FARMS WITH A LARGER NUMBER OF ANIMALS

The following measures are applied on farms and individual holdings with a large number of animals where the presence of parasitic infections has been determined or for the purpose of regular control for the presence of parasites:

1. Adherence to the principles of good production and hygiene practices

The problem of transmission of parasitic infections from older to younger categories of pigs on farms arises during the keeping of pigs in other facilities of the farm, where breeding animals become infected with ecto- and endoparasites, and they bring it into the farrowing house and infect the piglets immediately after parturition. For these reasons, their control is approached from several aspects that are essentially connected into one whole. Breeding animals should be cleared of parasites before being introduced into the farrowing house. Good results were always achieved when it was possible on the farms, after weaning the piglets and transferring them to other technological stages of production, it was impossible to mix piglets from different litters in the same pens, thus preventing the potential spread of parasites from infected litters. Groups in the nursery were formed from piglets from the same litter (with the cage system), or from piglets from neighboring litters (when rearing piglets in group boxes). In addition to the above, other stressful factors such as for example a change in food and eating habits can affect the spread of infection.

Epizootiological studies have shown that in more than 95% of cases, the infection of pigs with endoparasites occurs in the first weeks of life, and the clinical manifestation depends on the preparatory period of the parasite. that infections with ectoparasites occur from the age of 15 days and that the possibility of infection is low on the 180th day, when fattening animals are usually sent to slaughter. However, in the case of a significant increase in the incidence of infection, this limit could be moved towards the older categories of pigs that remain for breeding. In case of endoparasites, the same postulate is valid with the fact that it gives potential possibilities of transmission of infection from pigs to humans, especially in protozoan infections with *B.coli* and *Cryptosporidium* sp. transmitted by faeces and soiled equipment are constantly present in infected zapatas. If the incidence of infection started to increase, it would be necessary to implement radical measures, such as separating healthy from infected pigs at the end of the lactation period in order to reduce the number of infected animals at the end of the fattening period.

2. Production process management

Management of the production process in the farrowing house has a significant impact on the health status of the piglets. Given that piglets are born without protective antibodies, efforts were made to suck colostrum immediately after birth and thereby acquire passive natural immunity that will protect them in the first weeks of life against various infectious agents.

But this moment is also the initial point of infection of piglets with infectious forms of parasites (protozoa, helminths, worms) in case the sows were not parasitologically cleaned before being introduced into the farrowing house. They are then cascaded through all production segments from rearing to fattening or breeding animals.

3. Parasitological diagnostics

Regular parasitological examinations must be included in regular preventive health care measures for pigs. Timely detection of parasitic infections and targeted therapy are the basic measure of successful suppression of parasitic infections on pig farms and, therefore, the achievement of better production results.

Preventive coprological and dermatological diagnostics should include all animals on the farm and on individual holdings with a larger number of animals and should be performed at least twice a year in all age and production categories. Breeding animals, if they are positive, should be dewormed and treated with acaricides before being introduced into the farrowing house, thus preventing the initial infection of the piglets.

Before transferring the piglet to fattening, we must perform a parasitological examination and, if necessary, treat it. For fattening animals and breeding cows on the farm, the same principles apply - regular and periodic controls.

Also, newly acquired breeding animals must undergo parasitological control twice during their stay in quarantine. It is recommended that when giving fattening material for cooperative fattening, it must be controlled for the presence of parasites, as well as fattening material purchased for service fattening.

Coprological examinations in pigs are performed using the methods of Patakij, Stoll and McMaster, as well as the modified method of Whitlock and Euzebý. Considering the high fecundity of females of certain species of helminths (*Ascaris suum*) to assess the infection, we used the subjective method of descriptive description according to McMaster, taking the correction factor described by Kelly and Smith as well as the counting method according to Stoll with the correction factor (coefficient 2 for softened feces, 3 for diarrhea and 4 for completely liquid feces). Examination for ectoparasites (scabies) is performed by taking scarifications and examining them by boiling with KOH. The determination of parasite eggs and parasite adults is done morphometrically according to the keys given by Soulsby and Euzebý.

In all cases of a positive finding, parasite control must be carried out in all animals.

Special care should be taken to periodically inspect the slaughter line in order to observe the pathological changes that occur in the migratory phase of the parasite (hepatopulmonary migration). In this way, adult parasites in certain organs (ascarids, lung flukes) as well as encysted larval forms of certain parasites (echinococcal cysts, etc.) can be observed.

4. Application of antiparasitics drugs

During drug therapy, we expel adult parasites from the pig's digestive tract, so after therapy we have to remove the parasites together with the garbage. Antiparasitic drugs are applied by injection, through food and by spraying.

From anthelmintics that interfere with neuromuscular coordination, we use cholinesterase inhibitors (organophosphates - coumaphos, crufomate, dichlorovos, haloxone, naphthalphos and trichlorophen), cholinergic antagonists (imidazole-levamisole, tetrimizole, pyrimidine-morantel and pyrantel), antagonists of GABK mediators (ivermectin, sydectin, doramectin) and muscle depolarizers (piperazine). Ectoparasite therapy starts from the basic postulate that the anthelmintics used are selectively toxic to the parasite.

Among the anthelmintics that directly or indirectly damage the parasite's energy metabolism, polymerization inhibitors in the tubules (benzimidazoles and probenzimidazoles), inhibitors of oxidative phosphorylation (salicylates and substituted phenols) and inhibitors of enzymes in the glycolytic cycle (chlorsulons) are used.

Preventive antiparasitic therapy is applied cyclically on farms that have had successful control of parasitic infections. The goal of this therapy is to prevent the introduction of parasitic agents into the farm and maintain the current status of the farm. Certain antiparasitics can be given preventively in food (ivermectin preparations) or in water and ectantiparasitics by spraying animals or through food (ivermectin preparations).

In our case, after the diagnosis of parasitic infections, the therapy of all animals on the farm was carried out twice for five days with an interval of 21 days after the first one, considering the period of hepato-pulmonary migration of the parasite larvae. For therapy, ivermectin mixed in food was given in an oral daily therapeutic dose of 3 ppm/kg of body weight (1.5 g of powder-3 mg of ivermectin-per 10 kg of body weight), according to the manufacturer's instructions. Breeding animals were treated once with ivermectin s/c in a dose of 1 ml/33 kg of body weight, so the sows received ivermectin 3 weeks before farrowing. Ivermectin was chosen because of its anthelmintic and ectoparasitic effect.

The choice of ivermectin preparations was made on the basis of our and world experience, which showed that pig parasites have the lowest degree of developed resistance to ivermectins (in contrast to ruminants). Ivermectin is a broad-spectrum antiparasitic that is administered orally against adult and larval forms (stage IV) of nematodes and

adult ectoparasites (worms). Ivermectin is a synthetic derivative of abamectin, which is a fermentation product of *Streptomyces avermectis* (it differs from abamectin only by the chemical bonds between the 22 and 23 C atoms in the macrocyclic structure, where it has a single bond and one added hydrogen atom each). The entire group of avermectins are macrocyclic lactone compounds (macrolides), but unlike macrolide antibiotics, they have no antibacterial activity. The mechanism of their penetration into the parasite's organism is transcuticular, and this method of drug entry is more significant than oral ingestion (which is characteristic of indigestible anthelmintic molecules). The lipophilicity of the molecule and the relatively large molecules of ivermectin also favor the transcuticular penetration of the drug, with the fact that it is somewhat slower considering the cuticular collagen matrix that contains the lipid biophase of the parasite's cuticle. The basic principle of action of ivermectin is to increase the release of GABA and its binding to GABAergic receptors in the synapses of the nervous system. As GABA is an inhibitory neurotransmitter in the nervous system of nematodes, arthropods and mammals, this effect results in the opening of GABA-dependent ion channels (chlorine) which increases the entry of chlorine into nerve cells and their hyperpolarization, and in parasites these are synapses between interneurons and excitatory motoneurons. This action leads to the ionic influx reducing the resistance of the cell membrane and causing hyperpolarization of the postsynaptic cells, which results in paralysis and death of the parasite.

Control examinations were performed 14 days after the first and 14, 21 and 35 days after the second drug application.

After remediation of the infection, the same procedure was applied for preventive purposes on the investigated farms with monthly coprological and ectoparasitic control, and observation of organs on the slaughter line.

In the case when protozoan infections of piglets caused by *Isospora suis*, *Eimeria* spp. and *Cryptosporidium* spp. oral application of 5% toltrazuril - 0.7 ml on the 3rd or 4th day of the pig's life was very effective. The time of application is important, because it must be just before the invasion of the oocysts into the enterocytes. You should pay attention to the grace period, which is up to 77 days.

5. Strict compliance with biosecurity measures

Biosecurity measures are intended to prevent unwanted situations and improve the operations of farms and individual farms with a larger number of animals, and in essence enable effective disease prevention. In order to properly define biosecurity protocols, biosecurity measures themselves are classified into external and internal. The objective of external measures is to prevent infections from entering the farm and to reduce the risk of the possibility of introducing infections with daily routine measures. These are general measures that also refer to the correct choice of location for the construction of buildings, only the structure and functionality of the building and the technology of holding it.

When it comes to external biosecurity measures, it is necessary to pay particular attention to preventing the introduction and spread of infection, which is achieved by health control of newly acquired pigs. By respecting the concept “all in, all out”, as well as preventing contact between different production groups of pigs. As part of this program, an inter-tournament break, or so-called “facility rest” that had beneficial effects. Appropriate cleaning equipment was used in each facility, which was not allowed to be used in other facilities.

The installation of disinfection barriers in front of the facilities as well as between certain sections in the facility was aimed at preventing the transmission of parasites. If the transport took place, the vehicles had to be always disinfected, and the visitors had to comply with biosecurity measures by changing clothes, showering, and using clean clothes on the farm as well as protective equipment.

In addition to these measures, biosecurity measures related to the transport of animals, proper storage of garbage and harmless disposal of carcasses are also very important.

Internal biosecurity measures are defined in all biosecurity protocols on farms, through sanitary procedure plans that are continuously implemented. A sanitary procedure plan is made individually for each facility, depending on the capacity of the facility, construction and technical characteristics and type of production.

6. General animal hygiene measures

General hygiene measures primarily involve keeping production facilities in a clean state, especially farrowing and rearing areas. It is necessary to pay special attention to these measures. After each production cycle in certain stages of production, it is necessary to carry out mechanical cleaning, sanitary washing with warm water and the disinfection procedure.

The problem of transmission of parasitic infections from older to younger categories of pigs on farms arises during the keeping of pigs in other facilities, where breeding animals become infected with ecto- and endoparasites, and they bring it into the farrowing house and infect the piglets immediately after parturition. For these reasons, their control is approached from several aspects that are essentially connected into one whole. Breeding animals should be cleared of parasites before being introduced into the farrowing house. During drug therapy, we expel adult parasites from the pig's digestive tract, so after therapy we have to remove the parasites together with the garbage. On the other hand, mechanical cleaning, and then washing the litter box or cage is a basic hygiene measure after therapy. After that, the disinfection of these spaces can be started, whereby the 2% NaOH solution has always been the most effective for these needs. Before and after parturition, attention should be paid to the hygiene of the sow's udders, because if the papillae are infected with excrement, oral infection of the piglets with bacterial and parasitic pathogens occurs.

In facilities for rearing, on farms where old technology is present, we most often encounter the cage holding system. Here there is already a large agglomeration of animals in a small space, which certainly favors the spread of parasitic infections. In facilities, parasite eggs remain in feces on floors, corrals, boxes and all other places where pigs stay. Animals ingest the eggs of the parasite through constant scratching and due to coprophagy and are inevitably infected. If they are infected with scabies by scratching the walls of the cage, they infest these surfaces making them a source of infection for healthy individuals, and by direct contact they will also quickly and easily infect healthy piglets. For these reasons, cleaning and fertilizing proved to be a suitable preventive measure here as well. The fact that the eggs are sensitive to the external temperature (hot water kills them), the washing of objects must be done with water above 60°C, which destroys the eggs of ascaris and other parasites. After that, the disinfection of these spaces can be started, whereby the 2% NaOH solution has always been the most effective for these needs. Among other measures of zoohygiene prevention, it is necessary to optimize humidity and ventilation in facilities.

The fact that parasite eggs are sensitive to external temperature (hot water kills them) washing objects must be done with water above 60°C, which destroys the eggs of ascaris and other parasites. The embryogenesis of the eggs of roundworms and other types of parasites is proportional to heat and humidity, which favorably affects the rate of larval development. For these reasons, the reduction of humidity, along with the removal of excrement and washing (daily) of facilities are the basic measures to combat endoparasites of pigs, which, with regular parasitological control and deworming, lead to the suppression of this parasitosis from the pigs' mouths on farms.

In the control of ectoparasites, hygiene measures are also indispensable in view of contact transmission. After mechanical cleaning and washing, liquid acaricides are sprayed under pressure, after washing and disinfection, on buildings, boxes, equipment and other segments that were in direct contact with sick animals, but also on all farm buildings. Pigs are sprayed with liquid acaricides or bathed in them, where the toxicity and shelf life of the applied preparations must be taken into account (pyrethrin preparations have the least toxicity and a high degree of efficiency).

In general, the general disinfection procedure of farms is reduced first to mechanical cleaning, the aim of which is to remove all visible dirt from the floors of the facility and other surfaces, which most often consists of fecal waste and food residues. When cleaning dry surfaces, i.e. dry material, it is necessary to first wet it with water or disinfectant. This is necessary so that dust does not rise during cleaning, and with it, microorganisms or parasite eggs. Collected garbage is taken to a designated place (50 meters away from the farm building) and stored. After the mechanical cleaning is completed, sanitary washing is used to remove the rest of the dirt. It is preferable to do this in buildings with water whose temperature exceeds 60°C. This procedure removes the remaining dirt, and with it, considerable amounts of microorganisms. Sanitary washing should be carried out

particularly thoroughly on floors, lower parts of walls and boxes in stables, work surfaces, etc. Only after that, chemical disinfection is carried out.

After finishing the cleaning of the building, all roads inside the farm's economic yard are cleaned.

7. Deratization and disinsection

Pest control is one of the very important measures in the implementation of animal hygiene protocols. In addition to the application of chemical rodenticides, it is necessary to undertake construction technical and preventive measures in order to reduce the entry of rodents into farm buildings. Proper maintenance of the economic yard is necessary, which means regular mowing and removal of weeds and vegetation. Eliminating rodents is extremely important, considering that they are the main carriers of trichinosis.

Disinsection of buildings should be carried out continuously, bearing in mind the presence of a large population of insects, primarily flies, in the buildings themselves and in the immediate surroundings. Hygienic and protective measures should be used on the farm, primarily proper storage of garbage, installation of protective nets on windows and ventilation openings, as well as the use of chemical agents (adulticides and larvicides).

8. Control of stray dogs and cats on the farm and control of birds

The presence of non-owned animals, dogs and cats, is a frequent phenomenon on a large number of farms and on individual holdings with a large number of animals. The attitude of employees towards them cannot be ignored, considering that these animals have a proven anti-stress effect, especially in the urban population. However, these animal species should be denied access to farm facilities because we must not forget that dogs are carriers of echinococcosis, cats are carriers of toxoplasmosis, and both species are carrier of cryptosporidiosis. And if we ignore the basic postulates that they have no place on farms, then we must implement regular preventive health care measures (cleaning from helminths and protozoa and vaccination) and monitoring for certain diseases.

The control of birds found on pig farms and on individual farms with a large number of animals (pigeons, sparrows, starlings, swallows, crows, magpies, etc.) must be rigorously carried out, considering that they can be carriers of infectious material on their legs or through their organs, for digestion or breathing (tuberculosis, salmonellosis, ornithosis, giardiasis, etc.). Therefore, it is recommended to close nesting holes, place nets on windows and ventilation openings, close silo openings and cover edges under roofs and eaves suitable for nesting and bird retention.

9. Removal of carcasses

Removal of carcasses of dead animals from production facilities was the duty of employed workers. On the farms, cooling chambers or containers were built for the collection of pig carcasses from the farm, i.e. all materials belonging to category 1. Their processing was carried out in rendering plants, so it was necessary for each farm to have a signed contract with the rendering plant for the removal of category 1 materials. This way, the risk of dead pig carcasses being a source of infection for healthy pigs was reduced.

10. Removal of waste

The location of the manure pit within the farm and on individual farms with a larger number of animals and manure management organizations provide a lot of information about the level of biosecurity and employee awareness. The application of digestion, solarization or any other acceptable form of biological degradation is considered desirable, and they are very important for raising the level of biosecurity on the farm. The use of manure originating from pig farms, for the purposes of fertilizing agricultural areas, represents a significant risk for animal health as well as human health. In this way, potentially present parasites and pathogenic microorganisms are distributed in the environment and there is a possibility of surface water contamination, and zoonotic pathogens (*Balantidium coli*, *Cryptosporidium* spp., *Salmonella* spp., *Campylobacter jejuni /coli*, HEV, etc.) spread in the environment. . Researchers in the world and in our country have shown that in surface water and sediment, the evident presence of oocysts of *Cryptosporidium* spp. and various types of pathogenic bacteria including *E. coli*, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus* spp. Adequate management and handling of manure originating from pig farms can reduce the risk of spreading pathogens to domestic and wild animals and humans. For these reasons, it was recommended that the manure be deposited and treated under aerobic conditions, or that it be used for the production of biogas in anaerobic digesters.

11. The educational program

The training of veterinarians who provide health care for pigs was carried out during each visit to the stations, and as part of the contractual cooperation. Special emphasis is placed on the application of good veterinary practice. In this way, a contribution was made to preventing the spread of infection, but also veterinarians were educated on how to protect themselves from balantidiosis and cryptosporidiosis, which in some countries have the status of professional diseases.

MEASURES TO BE TAKEN AT THE SLAUGHTERHOUSE

Slaughterhouses are the places where the presence of parasitic infections in pigs is most often detected. Characteristic changes in the organs caused by the larval migration of parasites, the presence of encysted parasites or the finding of adults in certain organ systems (digestive tract, lungs) are most often found on the slaughter line and reflect the parasitological picture of the farm that could not be determined by coprological examinations.

The preparation period of helminths can lead to the fact that although pigs are infected, they do not yet have sexually mature adults (due to the fattening period which is too short for the unhindered development of certain parasites). On the other hand, the taeniasis that we meet in pigs do not have adult forms, but only incised larval forms, so that cysticercosis or echinococcosis / hydatidosis can only be diagnosed post mortem on the slaughter line, incised on predilection organs.

1. Application of good production and hygiene practices during the slaughtering and processing of carcasses

The application of good production and hygiene practices aimed to determine pathological changes in the organs of pigs used for human consumption (liver above all) and then remove them harmlessly. The spectrum of these changes ranges from necrotic lesions, confluent changes and scar tissue to infectious cysts of zoonotic tapeworms *Echinococcus* sp. and *Taenia hydatigena*.

Special attention must therefore be paid to performing the correct procedure of evisceration of organs, in order to prevent potential contamination of the carcasses due to accidental damage to the liver or lungs where there are cysts of parasites, the wall of the intestine and the exit of intestinal contents that can also be contaminated with *B.coli* and *Cryptosporidium* spp.

2. Parasitological examination which is mandatory by law

This refers to regular trichinostomy examinations and control for the presence of cocooned larvae of *T.solium*, which is provided by legal regulations on the safety of foods of animal origin. Inspection and evaluation of carcasses of slaughtered pigs for the presence of berries is regulated by the Rulebook on the method of veterinary-sanitary inspection and control of animals before slaughter and products of animal origin and trichinosis and the Instruction on the method and procedure for determining *Trichinella spiralis* larvae in pig, horse and game meat and meat products pigs, horses and wild game.

3. Harmless removal of contaminated organs and confiscations

During the bleeding procedure on the slaughter line in the slaughterhouse, the pigs' blood was deposited in special containers that had adequate lids for closing, while the digestive organs of the slaughtered animals were deposited in special containers. After that, heat treatment procedures were applied, which caused the blood and digestive organs to become harmless from the aspect of safety for human health. Their processing was carried out in rendering plants, so it was necessary for each slaughterhouse to have a signed contract with the rendering plant.

4. Implementation of educational programs at slaughterhouses

The education of veterinarians employed at slaughterhouses was carried out through one-day seminars as part of the contracted scientific and technical cooperation. Experiences have shown that workers at slaughterhouses very often, apart from practical knowledge in operational work, have little knowledge of the basic principles of preventive hygiene measures and ways of maintaining personal hygiene, which are necessary elements in the prevention of infection. For these reasons, the educational programs implemented, as well as the instructions on the application of hygiene measures, aimed to familiarize workers with basic biological hazards, with special reference to parasitic zoonoses.

RESULTS OF TAKEN MEASURES

This whole set of measures applied in farms and slaughterhouses were aimed at reducing the prevalence, incidence and damage caused by parasitic infections in pigs. In order to determine their effectiveness, control was needed after the implementation of these measures in practice.

In order to quantify the measures applied on farms and on individual holdings with a larger number of animals, the implementation of which began in the second half of 2016 and is carried out by the competent veterinary stations. Six months later, in order to establish the parasitological situation of the pig population, samples of feces and scarification were collected from all categories of pigs. On each of the three farms, 80 samples of feces were sampled, 80 scarified samples, 20 from each production category - sows, suckling piglets (from 0 to 28 days of age), rearing piglets (from 28 to 75 days), fattening pigs (from 75 to 150 days of age) and breeding animals (gilts and boars).

Excrement samples were taken and scarifications from all categories of pigs were processed using standard parasitological examination methods. We performed coprological examinations using the methods of Patakij, Stoll and McMaster, as well as the modified method of Whitlock and Euzeby. Considering the high fecundity of females of certain species of helminths (*Ascaris suum*) to assess the infection, we used the subjective method

of descriptive description according to McMaster, taking the correction factor described by Kelly and Smith as well as the counting method according to Stoll with the correction factor (coefficient 2 for softened feces, 3 for diarrhea and 4 for completely liquid feces). Examination for ectoparasites was performed by scarification as well as the collection of adult parasites. All applied diagnostic methods were in accordance with WFP-EFP, WHO, FAO and OIE recommendations. All parasites are determined on the basis of morphological characteristics, according to the keys given by Euzeby and Soulsby.

We performed examinations for parasites both during necropsy and in pigs on the slaughter line. At the slaughterhouses, special attention was paid to the inspection of organs from fattening pigs originating from the examined farms. During the evisceration procedure, special attention was paid to the liver, lungs and intestines, the organs through which the larval migration of parasites takes place, where they can be found in adult form or as cystized larval forms (echinococcosis).

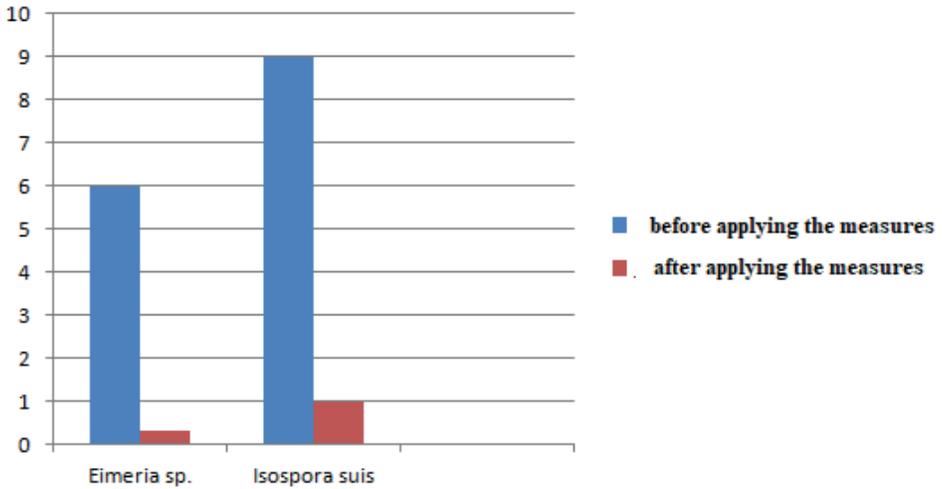
The first parasitological examinations were carried out before the implementation of control measures in order to establish the parasitological situation of the pig population. The next examinations were done six months after the implementation of the control program. The goal was to determine the effect of the application of the program on the reduction of parasitic infections in controlled herds of pigs.

At the beginning of the implementation of the program, the prevalence of parasitic infections on the investigated farms was as follows:

- Suckling piglets (from 0 to 28 days of age): *Eimeria* sp (6%), and *Isospora suis* (9%).
- Reared piglets (28 to 75 days old): *Cryptosporidium* sp (8%), *Ascaris suum* (10%). Scabies caused by *Sarcoptes scabiei* var. *suis* we found in 15% of pigs of this age.
- Fattening pigs (from 75 to 150 days of age) *Ascaris suum* (16%), *Hyostrogylus rubidum* (6%) and *Trichuris suis* (5%). On the slaughter line, ascariasis was found in 43% of pigs. Scabies caused by *Sarcoptes scabiei* var. *suis* we found in 29% of pigs of this age
- Breeding animals (gilts, sows and boars): *Eimeria* sp. (17%), *Isospora suis* (6%), *Cryptosporidium* sp. (8%), *Ascaris suum* (12%), *Hyostrogylus rubidum* (3%) and *Trichuris suis* (3%). Scabies caused by *Sarcoptes scabiei* var. *suis* we found in 9% of pigs of this age.

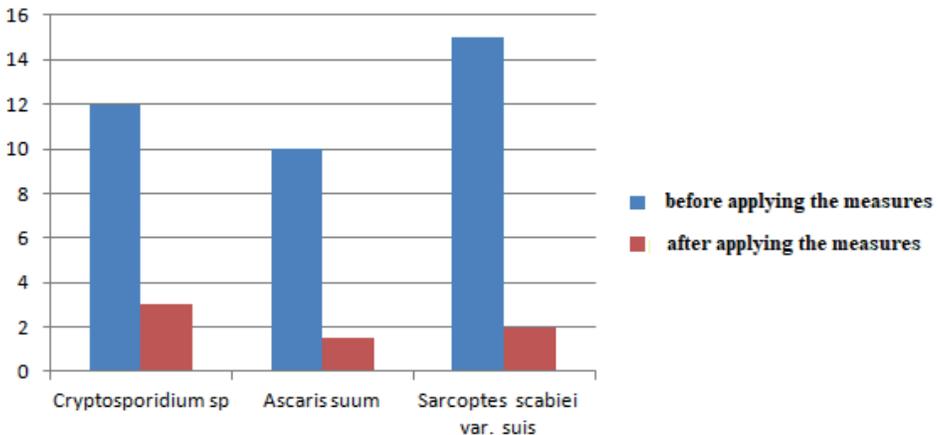
After six months from the beginning of the implementation of the aforementioned control measures for parasitic infections and other parasitological control, the following results were obtained:

- Suckling piglets (from 0 to 28 days of age): *Eimeria* sp (0.3%), and *Isospora suis* (1%).



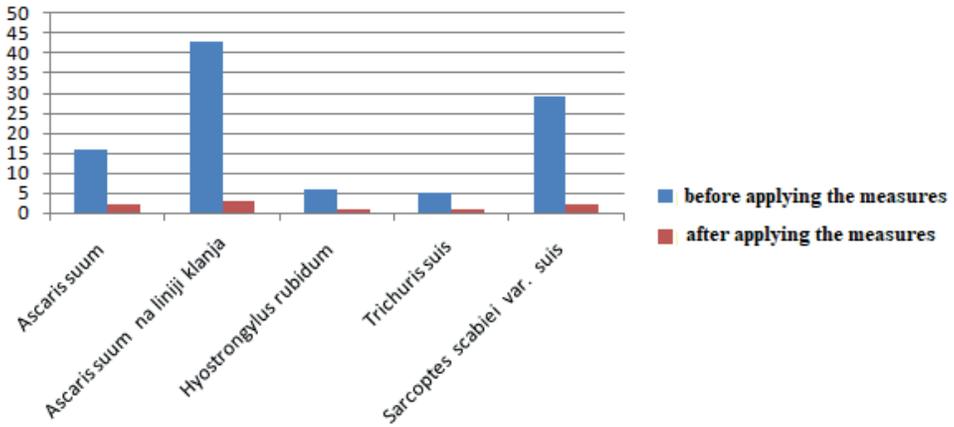
Picture 1 Results of the effect of the application of measures in piglets on teats (from 0 to 28 days of age)

- Reared piglets (28 to 75 days old): *Cryptosporidium* sp (3%), *Ascaris suum* (1.5%). Scabies caused by *Sarcoptes scabiei* var. *suis* we found in 2% of pigs of this age.



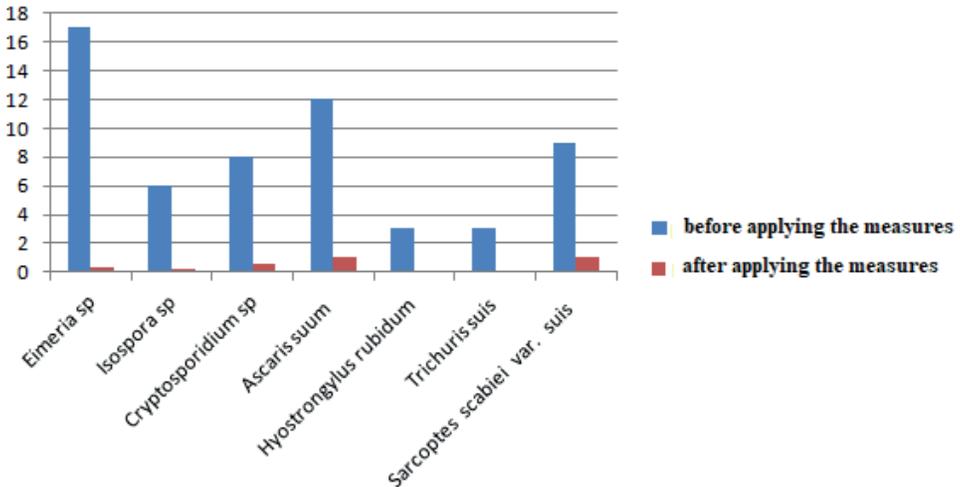
Picture 2 Results of the effect of the application of measures in reared piglets (28 to 75 days old)

- Fattening pigs (from 75 to 150 days of age) *Ascaris suum* (2%) *Hyostrogylus rubidum* (1%) and *Trichuris suis* (1%). On the slaughter line, ascariasis was found in 3%. Scabies caused by *Sarcoptes scabiei* var. *suis* we found in 2% of pigs of this age.



Picture 3 Results of the effect of the application of measures in fattening pigs (from 75 to 150 days of age)

- Breeding animals (gilts, sows and boars): *Eimeria* sp.(0.3%), *Isospora suis* (0.2%), *Cryptosporidium* sp. (0.6%), *Ascaris suum* (1%). Scabies caused by *Sarcoptes scabiei* var. *suis* we found in 1% of pigs of this age.



Picture 4 Results of the effect of the application of measures in breeding animals (gilts, sows and boars)

A visible decrease in the prevalence of parasitic infections is noticeable after the application of the implementation of the program.

Based on the conducted tests, we believe that by applying comprehensive measures starting from farms to slaughterhouses, in a relatively short time they made a significant contribution in controlling and reducing the prevalence of parasitic infections in pigs for slaughter.

This is supported by the established prevalence of parasite eggs found on the slaughter line, which showed a reduction of infection by more than 95% in all age and production categories. The obtained results give a justified recommendation for the application of these measures in other production facilities for pig breeding as well as in slaughterhouses.

Based on the obtained findings, the applied measures became part of the regular health care program for pigs on the investigated farms. A special contribution to the implementation of these measures was made by fellow veterinarians on pig farms, and the results achieved were a satisfaction both for them and for us, who conceived and implemented this complex program to control parasitic infections.

REFERENCE

1. Acha P., Szyfres B. (1989) Zoonoses et maladies transmissibles communes à l'homme et animaux, OIE, Paris
2. Adhikari R.B., Adhikari Dhakal M., Thapa S., Ghimire T. R. (2021): Gastrointestinal parasites of indigenous pigs (*Sus domesticus*) in south-central Nepal. *Veterinary Medicine and Science*, 7(5), 1820–1830.
3. Anonimus: WHO Expert Committee on Parasitic Zoonoses with the participation of FAO, Geneva, 1978;
4. Batte E.G., McLamb R.B., Muse K.E., Tally, S.D., Vestal T.J. (1977): Swine parasites: Cause of liver condemnations. *Veterinary Medicine Small Animal Clinician* 70, 809-812
5. Bojkovski J., Pavlović I., Savić B., Rogožarski D. (2012) Contribution to knowledge biosecurity on pigs farms industrial type. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca* 69, 1-2, 305-308
6. Corwin, R.M., Stewart, T.B.: Internal parasites, In: A.D.Leman: *Disease of Swine*. Wolf Publishing, London, 718-734, 1992
7. Eršov, V.S., Namjičeva, M.I., Malahova, E.A., Bessonov, A.S.: *Gelmintozov svinej*. Izdatelstvo sel'skokochnoj literaturi, žurnalov i plakatov, Moskva, 1963.
8. Euzéby J.: *Diagnostic Experimental des Helminthoses Animales*, Tom 1, ITVS Paris; 1981
9. Eysker, M., Boerdam, G.A., Hollanders, W. & Verheijden, J.H., 1994, 'The prevalence of *Isospora suis* and *Strongyloides ransomi* in suckling piglets in The Netherlands', *Veterinary Quarterly* 16, 203-205

10. Hudina V., Rosić G., Kulišić Z., Pavlović I., Nešić Dragica (1994): Our experiences in the application of Ivomec in the control and prevention of parasitic infections in breeding pigs.. Zbornik radova I savetovanja uzgoj i zdravstvena zaštita svinja, Vršac, 11-12
11. Hudina V., Pavlović I., Kulišić Z., Nešić D. (1995): The importance of animal husbandry in the prevention of parasitic infections of pigs in farm conditions. Zbornik radova VI simpozijuma dezinfekcija, dezinskcija i deratizacija u zaštiti životne sredine, Donji Milanovac, 268-270.
12. Hudina V., Pavlović I., Rikson M., Kulišić Z., Minć S. (2003): Hygienic measures used to prevent parasitic infections in the farrowing house. Zbornik radova XIV savetovanja dezinfekcija, dezinskcija i deratizacija u zaštiti životne sredine sa međunarodnim učešćem, Subotica, 28-31.5.2003., 329-341
13. Ivetić V., Žutić M., Valter D., Pavlović I., Savić B. (2000): Atlas of pathomorphological changes in swine diseases. NIVS Beograd.
14. Jakić-Dimić D., Pavlović I., Savić B. (2007): Liquid manure of pig farms, an ecological problem of the environment and possible solutions. *Biotechnology in Animal Husbandry* 23 (3-4), 109 – 118
15. Joachim, A., Dülmer, N., Dausgchies, A., Roepstorff, A. (2001): Occurrence of helminths in pig fattening units with different management systems in Northern Germany. *Veterinary Parasitology* 96 (2), 135-146.
16. Jovanović L., Pešić-Mikulec D., Pavlović I. (2012): Branch standards of quality and safety in the food industry and primary production: risk management in food production and distribution. Naučno-stručno društvo za zaštitu životne sredine Srbije "Ecologica", Beograd
17. Ivanović S., Pavlović I., (1999): Prevalence of echinococcosis in pigs in extensive keeping in the area of Srednje-Banatski district. *Tehnologija mesa* 40 (6), 302-303
18. Jakić-Dimić D., Savić B., Pavlović I. (2012) Ecological influence of the liquid waste of swine farms to environmental contamination and its control. - *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans* 2012, 15 (3), 486-500,
19. Kendall S.B., Thurley D.C., Pierce M.A. (1969) The biology of *Hyostrongylus rubidus* I. Primary infection in young pigs. *J.Comp.Pathol.* 79, 87-95
20. Keshaw, P.T., Alfred, C., Guillaume, B., Guillaume, V., Claude, D., Graeme, S. et al., 2009, 'Prevalence of intestinal parasites in pigs in Grenada, West Indies', *West Indian Veterinary Journal* 9, 22-27
21. Kumsa, B. Kifle, E. (2014). Internal parasites and health management of pigs in Burayu District, Oromia Regional State, Ethiopia. *Journal of the South African Veterinary Association* 85 (1), 01-05.
22. Lončarević A., Pavlović I., Ivetić V., Romanić S., Nešić Dragica, Valter D., Markić Z., Tosevski J. (1995): Pathological-morphological changes in the digestive tract of pigs caused by the most important types of parasites in organized pig production. *Veterinarski Glasnik* 49(2-3), 145-150.
23. Lončarević A., Markić Z., Toševski J., Pavlović I. (1997) Basics of systematic health monitoring and programming of pig health care. In: Lončarević A. Health care of pigs in intensive rearing. NIVS Beograd, 517-523,

24. Mundt H.C., Cohnen A., Dausgschies A., Joachim A., Prosl H., Schmäschke R. (2005) Occurrence of *Isospora suis* in Germany, Switzerland and Austria, *Journal of Veterinary Medicine* 52, 93-97.
25. Nakauchi K., Nakajima H., Okabe M., Nakajima M. (1991) Parasitological and pathological findings in marginal emphysema of pig lungs, *J.Jap.Vet.Med.Assoc.* 44, 248-251
26. Nešić D., Pavlović I., Valter D. (1990) : Epizootiological importance of free-ranging birds from the territory of the city of Belgrade as active and potential carriers of animal and human diseases. *Zbornik radova i kratkih sadržaja 6. Simpozijuma Male životinje, urbana sredina i ekologija, Sarajevo,* , 79-81
27. Nickel W. (1987): Condemned liver - alar signal for pig farmers. *Schweinewelt*, 12(5), 224-225.
28. O'Calaghan G.M., Langston P.G. (1990): Interhal parasites from pigs in South Australia. *Australian Veterinary Journal* 67, 416-417
29. Pavlović I., Lončarević A., Ivetić V., Kulišić Z., Markić Z., Tosevski (1995): Sort and distribution of parasitary infestation in swine farms breeding, *Macedonian Veterinary Review* 24 (1-2), 69-72
30. Pavlović I., Lončarević A., Nešić D., Valter D. (1996): Parasitic infections of pigs in farm and individual keeping and their role in the health problems of pig production. *Sinopsisi referata savetovanja agronoma Republike Srpske, Banja Luka, Republika Srpska*, 146-147
31. Pavlović I., Ivetić V., Erski-Biljić M., Milutinović M., Kulišić Z. (1996): Cryptosporidial infection in pigs at the intensive breeding, *The Journal of Protozoology Research* 6 (1), 21-24
32. Pavlović I., Kulišić Z., Vujić B. (1997): Parasitic diseases. In: Lončarević A. *Health care of pigs in intensive rearing.* NIVS Beograd, 157-202
33. Pavlović I., Ivetić V., Valter D., Lončarević A., Kulišić Z., Dimitrić A. (1997): Echinococcosis of pigs - epizootiological, epidemiological and economic importance. *Zbornik radova 4. savetovanja veterinara Republike Srpske sa međunarodnim učešćem, Teslić, Republikas Srpska*, 116
34. Pavlović I., Kulišić Z., Hudina V., Milutinović M. (1998): Ectoparasitoses of swine (*Sus scrofa domestica*) in Serbia , *Abstracts of Second International Congress of the Biodiversity, Ecology and Conservation of the Balkan Fauna, BIOECO 2, Ohrid, Macedonia*, 104
35. Pavlović I., Ivanović S. (2001): The incidence of hydatidosis in pigs breeding in the Middle Banat Area, *Abstracts of XX International Congress of Hydatidology – New Dimension in Hydatidology in the New Milenium, Kusadasi, Turkey*, 64
36. Pavlović I., Hudina V., Rikson M., Kulišić Z., Minić S. (2002): Ascariasis - a constantly present problem of intensive pig production. *Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik* 8 (1), 385-393
37. Pavlović I., Hudina V., Kulišić Z., Minić S., Rikson M. (2003): Scabies - a constantly present problem of intensive pig production. *Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik* 9 (1), 401-405
38. Pavlović I., Lazarević M., Trifunović Mirjana, Cvetković A., Čukić M., Žutić M., Brankov A. (2002): Our experience in the oral administration of Ivermectin in the treatment of swine endoparasitosis. *Veterinarski glasnik* 56 (3-4), 211-219

39. Pavlović, I., Hudina V., Minić S., Rikson M., Pupavac S., Vujanović J., Živković S., Savić B. (2004): Preventive measures in the control of parasitic infections in farmed pigs. Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik 10 (2),87-89
40. Pavlović I.,Hudin V., Pupavac S., Stevanović Đ., Kulišić Z., Stevanović S. (2005): Metastrongylidosis of pigs. Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik 11 (3-4),133-141
41. Pavlović I., Ivanović S (2005): Zoonotic parasites contaminating meat. Naučni institut za veterinarstvo Srbije i Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede, Beograd
42. Pavlović I., Ivanović S (2006): Toxoplasmosis. Naučni institut za veterinarstvo Srbije i Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede, Beograd
43. Pavlović I., Ivanović S. (2006): Echinococcosis/hydatidosis, animal and human disease.Naučni institut za veterinarstvo Srbije i Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede, Beograd
44. Pavlović I., Kulišić Z., Đurđević S., Mišić Z., Momčilović J., Krstić D. (2006) The role of dogs in the contamination of the urban environment by the causative agents of parasitic zoonoses. Veterinarski glasnik 60 (3-4), 377-383
45. Pavlović I. (2006) Swine scabies eradication by using doramectin (DectomaxTM,Pfizer Animal Health) – farm experience. Proceeding of 19th International Pig Veterinary Congress, Kopenhagen, Denmark, 400
46. Pavlović I., Ivanović S., Lilić S. (2007): Zoonotic parasites contaminants of swine. Proceeding of I International Congress Food Technology, Quality and Safety and XI Symposium NODA, invited paper, Novi Sad, 26-32
47. Pavlović I., Žutić M., Ivetić V., Savić B., Radanović O., Đukić B. (2007) Prevalence of cryptosporidial infection in piglets with clinical signs of enteropathy.2nd International Congress on Animal Husbandry New Perspectives and Challenges of Sustainable Livestock Farming, Babe-Sopot, Biotechnology in Animal Husbandry 23 (5-6) book 2, 229-235
48. Pavlović I., Ivetić V., Savić B., Kulišić Z., Hudina V., Đukić B. (2007): Zoohygienic measures used in the control of parasitic infections in breeding pigs. Zbornik radova XVIII savetovanja dezinfekcija, dezinskcija i deratizacija u zaštiti životne sredine sa međunarodnim učešćem, Grza, 157-162
49. Pavlović I. Hudina V., Savić B, IvetićV., Kulišić Z., Jakić-Dimić D. , Minić J.,Minić S (2008) Verminous gastritis of pigs. Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik 14 (3-4), 109-117
50. Pavlović I, Kulišić Z., Hudina V, Savić B., Ivetić V, Žutić M., Radanović O. (2008) Zoohygienic measures used in the control of pig scabies.Zbornik radova XIX Savetovanja dezinfekcija, dezinskcija i deratizacija u zaštiti životne sredine sa međunarodnim učešćem,.Prolom Banja, 217-219
51. Pavlović I., Ilić Ž.,Vojinović D., Jakić-Dimić D. (2008) Hygienic and health aspects of free-ranging birds in the urban environment.. Ecologica 15, 125-128
52. Pavlović I., Ivetić V., Savić B., Žutić M.,Radanović O. (2009) Current parasitic diseases in pig production. Zbornik radova sedmog simpozijuma Zdravstvena zaštita, selekcija i reprodukcija svinja, 21-23.5.2009. Srebrno Jezero, 53-56
53. Pavlović I.(2010) Protozoal infections of pigs in farm breeding.Veterinarski Informator 33, 26-27

54. Pavlović I., Savić B., Bojkovski J., Kulišić Z., Tambur Z., Rogožarski D., Hadžić Ivanka, Gajić B. (2011): Zoohygienic measures used in the control of protozoan infections in piglets in breeding. Zbornik radova XXII Savetovanja dezinfekcija, dezinsekcija i deratizacija u zaštiti zdravlja životinja i ljudi sa međunarodnim učešćem, 26-29.5.2011. Kaštel-Ečka, Lovački dvorac, 229-233
55. Pavlović I., Bojkovski J. (2012) Monitoring of parasitic infections in pig farms.. Veterinarski Informator 48, 36-37
56. Pavlović I., Savić B., Rogožarski D., Bojkovski J., Ivetić V., Martinov R. (2012) The influence of parasites in the development of respiratory diseases in pigs - a proposal for a solution. Zbornik radova desetog simpozijuma zdravstvena zaštita, selekcija i reprodukcija svinja sa međunarodnim učešćem (načini rešavanja respiratornih problema tovljenika), Srebrno jezero, 30-37
57. Pavlović I., Savić B., Rogožarski D., Bojkovski J., Ivetić V., Radnović O., Žutić M., Stokić-Nikolić S., Jezdimirović N., Cvetojević Đ. (2013) Parasites fauna of swine in organic breeding. Contemporary Agriculture / Savremena poljoprivreda, 62, 1-2, 118-126
58. Pavlović I., Savić B., Rogožarski D., Ivetić V., Jakić-Dimić D., Jovčevski Sr., Bojkovski J., Radanović O., Jovčevski St. (2014) More important ectoparasitic infections of pigs in farm and extensive farming. Zbornik radova 12 simpozijuma Zdravstvena zaštita, selekcija, i reprodukcija svinja sa međunarodnim učešćem, Srebrno jezero, 65-70
59. Pavlović I., Savić B., Jakić-Dimić D., Cvetojević Đ., Rogožarski D., Dobrosavljević I., Stokić-Nikolić S., Bojkovski J., Jovčevski Sr., Jovčevski St. (2015) The importance of parasitic infections in the development of neonatal enteropathies in piglets. Zbornik radova 13 simpozijuma Zdravstvena zaštita, selekcija, i reprodukcija svinja sa međunarodnim učešćem, Srebrno jezero, 38-41
60. Pavlović I., Rogožarski D., Savić B., Bojkovski J., Jakić-Dimić D., Dobrosavljević I., Stokić-Nikolić S., Jovčevski Sr., Jovčevski St., Kostić D. (2016) Zoonotic parasites of pigs. Zbornik radova 14 simpozijuma Zdravstvena zaštita, selekcija, i reprodukcija svinja sa međunarodnim učešćem, Srebrno jezero, 62-68
61. Pavlović I., Rogožarski D., Savić B., Kureljušić B., Dobrosavljević I., Stokić-Nikolić S., Bojkovski J., Jovčevski Sr., Jovčevski St., Radanović O. (2017) Helminthosis of pigs in free range. Zbornik radova 15 simpozijuma Zdravstvena zaštita, selekcija, i reprodukcija svinja sa međunarodnim učešćem, Srebrno jezero, 63-68
62. Pavlović I., Rogožarski D. (2017) Parasitic diseases of domestic animals with basics of parasitology and diagnostics of parasitic diseases. Naučna KMD, Beograd
63. Pavlović I., Janković Lj., Plavša N., Todorović D. (2021) Biosecurity measures in the control of dogs, cats and birds on farms in order to suppress parasitic zoonoses. Zbornik radova 31. i 32. Savetovanje dezinfekcija, dezinsekcija i deratizacija - Jedan svet jedno zdravlje, sa međunarodnim učešćem, Vrnjačka Banja, 155-159
64. Pavlović I., Bojkovski J., Zdravković N., Radanović O., Dobrosavljević I., Stokić-Nikolić S., Spalević Lj., Jovčevski Sr., Jovčevski St. (2021) The role of parasitic infections in the development of respiratory diseases in swine. Scientific Papers Journals- Veterinary Medicine, 64 (1), 1-9
65. Pavlović I., Stanojević S., Zdravković N., Stanojević Sl., Radanović O., Savić B., Pavlović M. (2022) Control program for swine parasitic infections in the chain of production from breeder to consumer. A new technical solution applied at the national level which were financed by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia

66. Pavlović Valentina (1999) Pig ascariasis. graduation thesis, Poljoprivredna škola PKB, Beograd
67. Rajković M., Pavlović I., Kolarević M. (2001) Stray dogs as vectors in the spread of infectious and parasitic diseases. Zbornik radova, 12. Savetovanje 'dezinsekcija, dezisekcija i deratizacija u zaštiti životne', Apatin, 259-270
68. Rosić G. (1996): Anthelmintic effect of different therapeutic doses of piperazine adipate in the treatment of pig ascaridosis. BSc thesis Fakultet veterinarske medicine u Beogradu
69. Rosić G., Pavlović I., Aleksić Nevenka, Kulišić Z., Rošul S., Živanov D. (1997): Effect of different doses of piperazine adipate in the treatment of stationary pig ascaridosis. Zbornik radova 4. savetovanja veterinara Republike Srpske sa međunarodnim učešćem, Teslić, 256-257
70. Schiessl W. (1990) An investigation of endoparasitic infections associated with overcrowding in pig management in North Austria, Wiener Tierarztl. Monatsch. 77, 172-173
71. Simić Č., Petrović Z. (1963) Helmini paraziti čoveka i domaćih životinja, Zavod za izdavanje udžbenika NRS, Beograd
72. Skampardonis V., Sotiraki S., Kostoulas P., Leontides L. (2012), Factors associated with the occurrence and level of *Isospora suis* oocyst excretion in nursing piglets of Greek farrow-to-finish herds, BMC Veterinary Research, 8, 1, 228-230
73. Soulsby E.J.L. (1977): Helminths, Arthropods and Protozoa of Domesticated Animals, Baillier, Tindall and Cassell edition, London.
74. Southern L.L., Stewart T.B., Bodak-Koszalska E., Leon D.L., Hoxt P.G., Bessette M.E. (1989): Effect of fenbendazole and pyrantel tartrate on the induction of protective immunizing pigs naturally and experimentally infected with *Ascaris suum*. Journal of Animal Science 67, 628-634
75. Stankiewicz M., Jeska E.L. (1990): Evolution of pyrantel tartrate abbreviated *Ascaris suum* infections for development of resistance in young pigs against migrating larvae. International Journal of Parasitology 20, 77-81
76. Tričković D. (1978) Contribution to the knowledge of metastrongylosis in pigs in the territory of the municipality of Knjaževac. BSc thesis, Fakultet veterinarske medicine u Beogradu
77. Urban J.F. Jr., Alizadeh H.A., Romanowski R. (1988): *Ascaris suum*: development of intestinal immunity to infective second-stage larvae in swine. Experimental Parasitology 66, 66-67
78. Vlamincik J, Levecke B, Vercruyse J, Geldhof P. (2014) Advances in the diagnosis of *Ascaris suum* infections in pigs and their possible applications in humans. Parasitology. 141:1904–1911
79. Vujić B., Stanojević D., Gligorijević M. (1972): Damage to internal organs in swine ascariasis. Praxis veterinaria 20(5), 289-293
80. Vujić B. (1976) Investigations of the parasitic fauna of pigs in Serbia and the fight against the most important species. Izveštaj NIVS-a po temi RMNT:

81. Weng, Y.B., Hu, Y.J., Li, Y., Li, B.S., Lin, R.Q., Xie, D.H., Gasser, R.B., Zhu, X.Q. (2005). Survey of intestinal parasites in pigs from intensive farms in Guangdong Province, People's Republic of China. *Veterinary parasitology*, 127(3), 333-336

82. Yui, T., Shibahara, T., Kon, M., Yamamoto, N., Kameda, M., Taniyama, H. (2014). Epidemiological studies on intestinal protozoa in pigs in Saitama, Japan. *Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ* 48(1), 87-93

APLICAÇÕES DA BIOLOGIA MOLECULAR NA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS

Acceptance date: 01/07/2024

Marcos Roberto Ribeiro-Junior

Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agrônômicas,
Botucatu

Francisco José Domingues Neto

Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agrônômicas,
Botucatu

Daniele Maria do Nascimento

Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agrônômicas,
Botucatu

RESUMO: O capítulo aborda as aplicações da biologia molecular na ciência das plantas daninhas, destacando a rápida adoção de organismos geneticamente modificados (OGMs) na agricultura moderna. As plantas daninhas apresentam uma diversidade genética elevada, adaptando-se rapidamente às mudanças ambientais e ao uso intensivo de herbicidas, o que leva ao desenvolvimento de resistência. A biologia molecular oferece várias técnicas para estudar e manejar essa resistência. Entre elas, a caracterização genômica, identificação de espécies resistentes, e o uso de marcadores moleculares, como

RFLP e SSR, que ajudam na análise da diversidade genética e resistência. Técnicas genômicas também são empregadas para identificar mutações que conferem resistência, permitindo um melhor entendimento dos mecanismos envolvidos. O silenciamento gênico pós-transcricional, especialmente via RNA de interferência (RNAi), é destacado como uma ferramenta promissora para contornar a resistência das plantas daninhas a herbicidas. Esta técnica específica pode desativar genes responsáveis pela resistência sem alterar o genoma da planta. As técnicas de biologia molecular aprofundam a compreensão das interações entre plantas daninhas e o ambiente, sendo necessárias mais pesquisas para aplicação prática em larga escala, especialmente para o uso de RNAi no controle de plantas daninhas.

PALAVRAS-CHAVE: marcadores moleculares; organismos geneticamente modificados; resistência a herbicidas; RNA de interferência (RNAi); sequenciamento; silenciamento gênico.

INTRODUÇÃO

Na história da agricultura moderna, a tecnologia de organismos geneticamente modificados (OGMs) foi adotada de forma rápida e eficiente. Essas culturas, em geral, apresentam características geneticamente programadas que proporcionam vantagens em comparação às culturas tradicionais, como a resistência a herbicidas, facilitando o manejo de plantas daninhas.

Desde os primórdios da agricultura, as plantas daninhas emergiram de um processo evolutivo dinâmico, adaptando-se às alterações ambientais provocadas pela natureza ou pela atividade agrícola humana. A principal característica das plantas daninhas é a elevada diversidade genética (BAKER, 1974; VIDAL; MEROTTO JÚNIOR, 2001).

Diversos estudos na ciência das plantas daninhas utilizam técnicas de biologia molecular, como a caracterização do genoma de espécies, a identificação de espécies com maior eficácia e a análise da diversidade genética entre populações. Dentre essas técnicas, a identificação de espécies resistentes a herbicidas, seus mecanismos de resistência e controle são de extrema importância (SCHNEIDER; RIZZARDI; NUNES, 2018).

Os herbicidas representam uma técnica moderna e eficaz para o controle de plantas daninhas. Entretanto, desde a década de 1960, sabe-se que o uso recorrente de certos herbicidas ou de mecanismos de ação semelhantes em uma mesma área leva à rápida evolução das plantas daninhas, desenvolvendo resistência (VANLOQUEREN; BARET, 2009).

A resistência a herbicidas ocorre quando uma planta daninha sofre uma alteração genética em um ou mais genes que lhe permite sobreviver mesmo com a aplicação do herbicida. Ao se reproduzir, a planta resistente pode transmitir essa alteração genética aos seus descendentes, tornando a aplicação do herbicida ineficaz (HANSON et al., 2013).

Com o avanço da biologia molecular, técnicas como o silenciamento gênico pós-transcricional (RNA de interferência - RNAi) emergem como ferramentas importantes para contornar a resistência das plantas daninhas a herbicidas. Este mecanismo de silenciamento gênico utiliza RNA de fita dupla (dsRNA) com sequência homóloga a um gene-alvo, gerando uma interferência altamente específica no produto desse gene, resultando em uma queda drástica na sua expressão. Utilizando-se como alvo um gene presente em uma planta daninha que confere resistência a determinado herbicida, o RNAi pode “contornar” a expressão desse gene, eliminando a resistência da planta ao herbicida. Este e outros tipos de técnicas serão abordados na presente revisão, elucidando como a biologia molecular pode contribuir em diversos aspectos na ciência das plantas daninhas.

RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS A HERBICIDAS

Uma característica importante das plantas daninhas é a ampla diversidade genética, permitindo a adaptação e sobrevivência dessas espécies em várias condições ambientais e agroecossistemas. A aplicação de herbicidas é a principal ferramenta utilizada pelos produtores no controle de plantas daninhas. Devido à intensa utilização de herbicidas nas últimas décadas, diversas populações de plantas daninhas foram selecionadas em resposta à pressão de seleção dos herbicidas, resultando em biótipos resistentes.

A resistência de plantas daninhas a herbicidas é a capacidade natural e herdável de alguns biótipos, dentro de uma população, de sobreviver e se reproduzir após a exposição à dose de um herbicida que seria letal para uma população suscetível da mesma espécie (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ-OVEJERO; CARVALHO, 2008). No caso de plantas daninhas resistentes a herbicidas, o termo “biótipo” refere-se a um grupo de indivíduos com carga genética semelhante, porém diferenciado da maioria dos indivíduos da população (KISSMANN, 2003).

Mecanismos genéticos que conferem resistência

Todas as informações genéticas de um organismo estão contidas em seu DNA. Mutações são alterações que ocorrem no DNA de um determinado indivíduo, sendo, na maioria dos casos, passadas para seus descendentes. A ocorrência de falhas durante a replicação ou transcrição da fita de DNA, bem como mutações que provoquem inserção, deleção ou substituição de bases nitrogenadas, pode alterar um ou mais aminoácidos da proteína a ser formada, resultando em uma proteína mutante (VARGAS; SCHERER ROMAN, 2006).

Alterações no genoma podem originar enzimas com características funcionais distintas. Se o aminoácido alterado for o ponto de acoplamento de uma molécula herbicida, esta pode perder a atividade inibitória sobre a nova enzima.

USO DE MARCADORES MOLECULARES

Marcadores moleculares são sequências de DNA que revelam polimorfismos entre indivíduos relacionados geneticamente. Existem diferentes tipos de marcadores moleculares, que variam pela técnica utilizada para expor a variabilidade a nível de DNA, habilidade de detectar diferenças entre indivíduos, custo, facilidade de uso, consistência e repetibilidade (MILACH, 1998). Dentre as técnicas de marcadores moleculares, destacam-se o polimorfismo no comprimento de fragmentos de restrição (RFLP) e os marcadores microssatélites (SSR).

A técnica de RFLP é utilizada na ciência das plantas daninhas para mapeamento genômico, marcação gênica, relacionamento taxonômico e dinâmica populacional,

identificando a variabilidade genética entre populações e resistência a herbicidas (CHEUNG et al., 1993). Apesar de suas vantagens, a técnica de RFLP apresenta desvantagens como a necessidade de grandes quantidades de DNA e o uso de radioatividade ou técnicas de coloração (TURCHETTO-ZOLET et al., 2017).

Marcadores microssatélites (SSR) são repetições em tandem de motivos de 1 a 6 nucleotídeos, classificados conforme seu tamanho e tipo de unidade de repetição. Devido à alta taxa de mutações, essas regiões são de grande interesse na genética de populações. A análise de SSRs é realizada por PCR convencional, seguida de verificação dos resultados em gel de agarose, poliacrilamida ou eletroforese capilar automatizada (MEKSEM; KAHL, 2006). A análise em gel de agarose é fácil de executar, mas possui baixa capacidade discriminatória. A análise em gel de poliacrilamida é mais precisa, mas de maior custo. A eletroforese capilar apresenta alta precisão, porém com alto custo devido à necessidade de marcação dos oligonucleotídeos com fluoróforos específicos (MISSIAGGIA; GRATTAPAGLIA, 2006).

GENÔMICA, SEQUENCIAMENTO E EXPRESSÃO GÊNICA

A genômica no manejo de plantas daninhas visa esclarecer como as informações genéticas estão organizadas e como essa organização determina suas funções. A maioria dos genes sequenciados possui função desconhecida (CARRER; BARBOSA; RAMIRO, 2010). O sequenciamento de genes relacionados ao local de ação de herbicidas é uma ferramenta empregada para identificar mutações que causam tolerância ao herbicida (SCHNEIDER; RIZZARDI; NUNES, 2018).

Análises de sequenciamento, como no gene ALS em *Sagittaria montevidensis*, permitem verificar mecanismos de resistência a herbicidas, como a mutação Pro197Phe (MEROTTO JUNIOR et al., 2010). Essas tecnologias possibilitam a identificação precoce de resistência antes da comercialização de herbicidas, além de estratégias para prever mutações em plantas daninhas, proporcionando um maior entendimento dos mecanismos de resistência e o impacto da rotação e doses de herbicidas na seleção de plantas resistentes (STEWART JR et al., 2009).

Para desenvolver esses estudos, é necessário sequenciar com precisão os nucleotídeos de um DNA específico. Atualmente, diversas técnicas permitem o sequenciamento rápido e econômico de genomas inteiros de espécies de plantas daninhas.

CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS ATRAVÉS DO SILENCIAMENTO GÊNICO PÓS-TRANSCRICIONAL (RNA DE INTERFERÊNCIA)

O RNA de interferência (RNAi) é um mecanismo potente e específico de silenciamento gênico presente em diversos organismos. Esse mecanismo foi identificado em *Caenorhabditis elegans*.

A tecnologia RNAi permite a aplicação de produtos específicos e eficazes para o controle de plantas daninhas, desativando RNAs mensageiros responsáveis pela produção de proteínas essenciais, sendo uma forma efetiva e específica de selecionar e desativar genes (SCHNEIDER; RIZZARDI; NUNES, 2018). Inicialmente, dsRNAs longos são clivados pela enzima DICER em small interfering RNAs (siRNAs). Uma das fitas desses siRNAs é degradada para ativar o complexo de silenciamento, que passa a reconhecer e clivar sequências de mRNA complementares.

Pesquisas recentes buscam formas de aplicar dsRNA em larga escala em campos agrícolas. Experimentos com tabaco demonstraram efeito protetor de pelo menos 20 dias, utilizando nanopartículas de argila pulverizadas como spray (MITTER et al., 2017).

A técnica de RNAi não altera o genoma da planta, atuando apenas no silenciamento de genes presentes. Por exemplo, a resistência de *Amaranthus palmeri* ao herbicida glyphosate, conferida pela produção de níveis elevados de uma enzima, pode ser revertida pelo RNAi, restaurando a vulnerabilidade da planta ao herbicida (MONSANTO, 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As técnicas de biologia molecular apresentadas neste capítulo permitem caracterizar espécies de plantas daninhas e selecionar aquelas com resistência a herbicidas. Técnicas genômicas permitem analisar aspectos fisiológicos, genéticos e biológicos dessas plantas, aprofundando a compreensão das interações entre plantas daninhas e o ambiente.

Plantas daninhas evoluem rapidamente na agricultura, e técnicas como o RNAi influenciam positivamente estudos básicos na área, apresentando alta sensibilidade e eficiência. No entanto, são necessários mais estudos para encontrar formas eficientes, seguras e acessíveis de aplicar moléculas de dsRNA em larga escala.

REFERÊNCIAS

BAKER, H. G. The evolution of weeds. Annual review of ecology and systematics, v. 5, n. 1, p. 1–24, 1974.

CARRER, H.; BARBOSA, A. L.; RAMIRO, D. A. Biotecnologia na agricultura. estudos avançados, v. 24, n. 70, p. 149–164, 2010.

CHEUNG, W. et al. A rapid assay for chloroplast-encoded triazine resistance in higher plants. Springer, 1993.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CARVALHO, J. C. Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas. Londrina: Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas, 2008.

HANSON, B. et al. Selection Pressure, Shifting Populations, and Herbicide Resistance and Tolerance. 2013.

KISSMANN, K. G. Resistência de plantas daninhas a herbicidas. Disponível em: www.hrac-br.com.br/arquivos/texto_herbicidas.doc, v. 1, n. 05, 2003.

MEKSEM, K.; KAHL, G. The handbook of plant genome mapping: genetic and physical mapping. [s.l.] John Wiley & Sons, 2006.

MEROTTO JUNIOR, A. et al. Isolamento do gene ALS e investigação do mecanismo de resistência a herbicidas em *Sagittaria montevidensis*. Ciência rural, Santa Maria. Vol. 40, n. 11 (nov. 2010), p. 2381-2384, 2010.

MILACH, S. C. K. Marcadores de DNA. Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento, v. 5, p. 14–17, 1998.

MISSIAGGIA, A.; GRATTAPAGLIA, D. Plant microsatellite genotyping with 4-color fluorescent detection using multiple-tailed primers. Genet Mol Res, v. 5, n. 1, p. 72–78, 2006.

MITTER, N. et al. Clay nanosheets for topical delivery of RNAi for sustained protection against plant viruses. Nature Plants, v. 3, n. January, 2017.

MONSANTO. RNA Interference in Plants. 2017.

SCHNEIDER, T.; RIZZARDI, M. A.; NUNES, A. L. Biologia molecular aplicada à ciência das plantas daninhas Molecular biology applied to weed science Introdução Marcadores moleculares. v. 523, p. 12–24, 2018.

STEWART JR, C. N. et al. Evolution of weediness and invasiveness: charting the course for weed genomics. Weed Science, v. 57, n. 5, p. 451–462, 2009.

TURCHETTO-ZOLET, A. et al. Marcadores Moleculares na Era Genômica: Metodologias e Aplicações. Ribeirão Preto: [s.n.].

VANLOQUEREN, G.; BARET, P. V. How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations. Research policy, v. 38, n. 6, p. 971–983, 2009.

VARGAS, L.; SCHERER ROMAN, E. Resistência de plantas daninhas a herbicidas: conceitos, origem e evolução. 2006.

VIDAL, R. A.; MEROTTO JÚNIOR, A. Herbicidologia. Herbicidologia. Porto Alegre: Evangraf, 2001.

ALGODÃO COLORIDO: UMA HISTÓRIA DE CORES E DE SUSTENTABILIDADE

Submission date: 27/04/2024

Acceptance date: 01/07/2024

Victor Gurgel Pessoa

Universidade Federal Rural de
Pernambuco (UFRPE)
Recife - PE
<https://orcid.org/0000-0003-4845-9948>

Helena Maria de Moraes Neta Góis

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
(UFERSA)
Mossoró - RN
<https://orcid.org/0000-0002-9210-6296>

Tomás Guilherme Pereira da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí (IFPI)
Paulistana - PI
<https://orcid.org/0000-0002-6115-5474>

Palloma Vitória Carlos de Oliveira

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
(UFERSA)
Mossoró - RN
<https://orcid.org/0000-0002-8855-6008>

Gabriel Siqueira Tavares Fernandes

Universidade Federal Rural da Amazônia
(UFRA)
Belém - PA
<https://orcid.org/0000-0002-0781-1696>

RESUMO: A produção de algodão colorido é uma atividade agrícola de grande importância socioeconômica, especialmente no Nordeste brasileiro, conduzida por pequenos agricultores e crucial para a geração de emprego e renda no campo. Além disso, os agricultores de base familiar dessa região geográfica se beneficiam do cultivo de algodão devido à alta adaptação às condições climáticas locais e a tolerância à seca. Nesse sentido, o presente estudo objetivou consolidar informações sobre o algodão colorido no Brasil, com destaque para o Nordeste brasileiro, por meio de uma revisão bibliográfica. Observou-se que as cultivares de algodão colorido são adaptadas às exigências modernas, o que reduz os custos para a indústria têxtil e contribui para a redução do lançamento de efluentes químicos. No entanto, o mercado atual não atende completamente à demanda, especialmente para exportação, que exige volumes maiores. Para suprir essa carência, o cultivo de algodão colorido orgânico tem sido uma alternativa, atraindo um público preocupado com a sustentabilidade. Esse tipo de algodão dispensa o uso de produtos químicos no tingimento do tecido e permite economias no processo de acabamento da malha, sendo procurado por empresas

engajadas na “moda verde”. Apesar da importância e dos benefícios do algodão colorido, os estudos sobre o tema ainda são incipientes, sendo necessário o desenvolvimento de mais pesquisas nessa área.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura familiar; *Gossypium hirsutum* L.; indústria têxtil; moda verde; sustentabilidade.

COLORED COTTON: A STORY OF COLORS AND SUSTAINABILITY

ABSTRACT: The production of colored cotton is an agricultural activity of great socioeconomic importance, especially in the Brazilian Northeast, carried out by small farmers and crucial for generating employment and income in the countryside. Furthermore, family-based farmers in this geographic region benefit from cotton cultivation due to its high adaptation to local climatic conditions and drought tolerance. In this sense, the present study aimed to consolidate information about colored cotton in Brazil, with emphasis on the Brazilian Northeast, through a bibliographic review. It was observed that colored cotton cultivars are adapted to modern requirements, which reduces costs for the textile industry and contributes to reducing the release of chemical effluents. However, the current market does not fully meet demand, especially for export, which requires larger volumes. To meet this need, the cultivation of organic colored cotton has been an alternative, attracting an audience concerned about sustainability. This type of cotton eliminates the use of chemicals in dyeing the fabric and allows savings in the knit finishing process, being sought after by companies engaged in “green fashion”. Despite the importance and benefits of colored cotton, studies on the subject are still incipient, requiring the development of more research in this area.

KEYWORDS: Family farming; green fashion; *Gossypium hirsutum* L.; sustainability; textile industry.

INTRODUÇÃO

O algodão naturalmente colorido tem uma longa história que remonta ao algodão convencional. Escavações arqueológicas no Peru e no Paquistão revelaram evidências dessa variedade de algodão datadas de 2.500 a 2.700 a.C., respectivamente (VALE et al., 2011). Reconhecido como uma das fibras têxteis mais importantes, o algodão é uma fibra natural de origem vegetal, com comprimento variando entre 24 e 38 mm (OLIVEIRA, 1997). Além das fibras, a planta de algodão produz óleo e proteína, que podem ser utilizados como suplementos proteicos na alimentação animal e humana. Em comparação com fibras artificiais e sintéticas, sua principal vantagem, conforme apontado por Lunardon (2007), é o conforto proporcionado pelos itens confeccionados com essa fibra.

Na história do Brasil, a cotonicultura sempre desempenhou um papel fundamental, sendo de grande relevância para a economia do país. A região Nordeste, em particular, se destacou como a principal produtora de algodão. O estado do Rio Grande do Norte, por exemplo, foi em tempos passados um dos maiores produtores mundiais de algodão, especialmente do tipo mocó, uma variedade arbórea (GALVÃO, 2012). No entanto, na década de 70, a cotonicultura enfrentou uma grande crise, principalmente devido ao surgimento do bicudo, uma praga que afetou significativamente a produção (CLEMENTINO, 2023).

Atualmente, o cultivo do algodão colorido tem se destacado no Brasil, sobretudo na região Nordeste. Esse tipo de algodão tem sido adotado por agricultores de base familiar, tanto em sistemas convencionais quanto orgânicos, devido à sua valorização no mercado (SOUZA, 2000). Esse aumento na produção se deve principalmente ao valor superior da fibra colorida em relação ao algodão branco. As fibras naturalmente coloridas são especialmente importantes por agregarem maior valor ao produto, proporcionando maior rentabilidade ao produtor. Além disso, as fibras coloridas dispensam a necessidade de tingimento, o que reduz os custos de produção do tecido (CARVALHO et al., 2011).

Por outro lado, o algodão colorido produzido anteriormente na região Nordeste apresentava características que o tornavam de baixa qualidade em comparação às fibras brancas. Assim, a partir de 1989, foi iniciado um trabalho de melhoramento genético do algodão colorido, desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), sediada em Campina Grande, na Paraíba. O objetivo desse trabalho foi criar novas cultivares que atendessem às demandas das indústrias têxteis modernas. Essas novas cultivares foram desenvolvidas para serem mais adequadas ao processamento industrial têxtil (SILVA, 2017).

As pesquisas visando o melhoramento genético do algodoeiro têm sido conduzidas de forma contínua, com ajustes nas prioridades conforme as demandas dos produtores e da indústria têxtil. Um exemplo dessas demandas é o desenvolvimento de cultivares com fibra azul, para atender ao mercado de jeans, considerando os altos custos ambientais e hídricos associados à produção tradicional. No entanto, um desafio enfrentado é a manutenção da coloração, uma vez que os algodões naturalmente coloridos tendem a perder sua tonalidade rapidamente quando expostos ao sol, comprometendo a qualidade do produto e reduzindo a eficiência da colheita (BELTRÃO, 2004).

Nessa perspectiva, o presente trabalho busca ressaltar a importância da cultura do algodão colorido para o Brasil, com destaque para a região Nordeste, além de destacar sua crescente valorização. Também, visa esclarecer aspectos relacionados à origem, melhoramento genético, cultivares e mercado dessa cultura.

REVISÃO DE LITERATURA

Histórico do algodão colorido

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) pertence à família Malvaceae e ao grupo de plantas dicotiledôneas (RICHETTI; MELO FILHO, 2001). Os relatos históricos dessa cultura remontam a muitos séculos a.C., com os povos árabes sendo considerados os primeiros a fiar e tecer a fibra de algodão, mesmo que de maneira rudimentar (ERHARDT et al., 1976). Quanto à sua origem, há divergências entre alguns autores: alguns acreditam que a cultura é originária do continente americano, enquanto outros afirmam que vem da África Central, do Paquistão ou mesmo da Índia (LUNARDON, 2007).

O algodão de fibra colorida foi desenvolvido por povos antigos, como os Astecas e os Incas, há mais de 4.500 anos. Outros povos da Ásia e da África também contribuíram para esse desenvolvimento, ao se atentarem a variabilidade natural existente e realizarem melhoramentos genéticos. Essas práticas resultaram no uso das fibras de cor, especialmente a marrom, que é a mais comum entre as diversas espécies de algodão (BELTRÃO, 2004). Escavações no Peru, datadas de 2.500 a.C., revelaram a presença de algodões coloridos, enquanto no Paquistão, em escavações de 2.700 a.C., foram encontrados algodões de fibra branca. Esses achados sugerem que tanto o algodão colorido quanto o branco têm uma longa história, como reportado por Gulatti e Turner (1928).

Já foram identificadas mais de 39 espécies silvestres de algodão com fibras coloridas, a maioria delas apresentando, principalmente, fibras em tonalidades marrons. Em adição, foram encontrados algodões coloridos nas tonalidades verde, amarela e cinza. Por muito tempo, esses tipos de algodão foram rejeitados pela indústria têxtil global e até mesmo proibidos em vários países, por serem considerados uma contaminação indesejável dos algodões de tonalidade branca comuns. No entanto, esses tipos de algodão colorido foram preservados pelos povos nativos e em coleções de algodão em diversos países (Freire, 1999).

No Brasil, foram encontradas plantas de algodoeiros nativos com fibras em tonalidades creme e marrom, misturadas com algodoeiros brancos cultivados das espécies *Gossypium barbadense* L. e *Gossypium hirsutum* L. raça *marie-galante* Hutch, conhecidos como algodões arbóreos. Esses algodões coloridos eram utilizados principalmente de forma artesanal ou ornamental, especialmente nos estados da Bahia e Minas Gerais (FREIRE et al., 2000). De acordo com Oliveira e Severiano Filho (2005), os primeiros registros da colheita de algodão colorido no Nordeste brasileiro foram encontrados na Serra da Formiga, no município de Caicó, no Rio Grande do Norte. Essas plantas, descendentes de algodão mocó selvagem, foram colhidas em 1984 e posteriormente submetidas a melhoramento genético. Atualmente, o algodão naturalmente colorido é considerado com um dos maiores nichos de mercado para a região do semiárido Nordestino, para atender a demanda de produtos que não agridem o meio ambiente.

Melhoramento genético do algodão colorido

A Embrapa Algodão, localizada em Campina Grande, no estado da Paraíba, inicialmente coletou plantas nativas com fibras coloridas da região Nordeste, especialmente da Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte, e também introduziu materiais exóticos com coloração na fibra. Esses materiais foram preservados nos bancos de germoplasma da Embrapa Algodão, a partir de 1984. O trabalho de melhoramento genético teve início em 1989, após uma visita de empresários têxteis japoneses que demonstraram interesse em adquirir esse tipo de fibra (FREIRE, 1999).

É importante ressaltar que os tipos de algodão mencionados possuíam fibras excessivamente curtas e fracas, de baixa uniformidade, o que impossibilitaria sua industrialização em fiações modernas que exigem algodões de alta resistência. Além disso, apresentavam produtividade muito variável em campo, de 294 a 1246 kg/ha. Os pesquisadores da Embrapa trabalharam para elevar a resistência das fibras, a finura, o comprimento e a uniformidade, bem como estabilizar a coloração das fibras nas tonalidades creme e marrom e elevar sua produtividade no campo (OLIVEIRA; SEVERIANO FILHO, 2005).

Diante disso, a Embrapa desenvolveu, em 1999, a primeira cultivar de fibra geneticamente colorida no Brasil, a BRS 200 marrom, multiplicada no ano seguinte. Em 1996, iniciaram-se os trabalhos para a cultivar BRS verde, lançada em 2002. Em 2004, foram lançadas mais duas cultivares, BRS Rubi e BRS Safira, ambas de coloração marrom escura. Em 2010, a Embrapa lançou a cultivar mais recente, a BRS Topázio, destacando-se pelo alto rendimento de fibra, produtividade e uniformidade das fibras. No entanto, o algodão colorido ainda apresenta fibra de qualidade inferior ao branco (FURTADO et al., 2013). Na Tabela 1 constam as principais características das cultivares de algodão colorido desenvolvidas pela Embrapa.

	Cultivares					
	BRS 200 Marrom	BRS Verde	BRS Rubi	BRS Safira	BRS Topázio	BRS Jade
Cor da pluma	Marrom claro	Verde	Marrom escuro	Marrom escuro	Marrom claro	Marrom claro
Atributos da cultivar						
Ciclo (dias)	1095	120-140	120-140	120-140	120-140	135*
Produtividade (kg/ha)	1300	2146	1848	1915	2825	298**
Peso do capulho (g)	4,1	6,2	4,8	-	5,6	5,1
Rendimento (% de fibra)	35,0	37,0	35,6	36,6	43,5	40,1
Resistência a doenças						
Ramulose	-	MS	MS	-	-	MS
Mancha de Ramulária	-	MR	MR	-	-	MS
Nematoide das galhas	-	MS	MS	-	-	MS
Fusarium	-	MS	MS	-	-	MS
Doença azul (típica)	-	MR	MR	-	-	MR
Bacteriose	S	R	R	-	-	R
Mosaico comum	-	R	R	-	-	R
Virose atípica	-	MR	MR	-	-	-
Características da fibra						
Comprimento médio (mm)	28,0	29,6	25,4	24,0	30,4	28,6
Resistência média (gf/tex)	24,3	25,9	24,5	24,2	31,9	29,2
Índice médio micronaire ($\mu\text{g pol}^{-2}$)	-	2,6	3,3	-	-	4,8
Indicação geográfica	Região do Seridó e Sertão brasileiros	BA, CE, PI, PB, PE, RN	BA, CE, PI, PB, PE, RN	Região Nordeste	Região Nordeste	BA, CE, PI, MA, PB, PE, RN

Nota: ¹Ciclo médio; ²Produtividade em @/ha; S = susceptível; MS = moderadamente susceptível; MR = moderadamente resistente; R = resistente.

Tabela 1 – Características das cultivares de algodão coloridos do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Embrapa Algodão.

Fonte: Freire et al. (2000), Carvalho et al. (2002), Beltrão et al. (2006), Carvalho et al. (2007), Queiroga (2008), Carvalho et al. (2009abc), Freire et al. (2010), Vidal Neto et al. (2010), Carvalho et al. (2011), Moura (2014), Oliveira (2015), Farias et al. (2017), Ferreira et al. (2019).

A BRS 200 Marrom (Figura 1 A) foi desenvolvida através do melhoramento convencional, utilizando o método de seleção genealógica. Essa cultivar é composta por um bulk que combina em partes iguais sementes das linhagens CNPA 92 1139, CNPA 94 362 e CNPA 95 653, todas com fibras de coloração marrom claro. Destacando-se pela coloração marrom, a BRS 200 pode variar de tons, indo do creme ao marrom escuro, com uma pequena porcentagem de plantas (menos de 5%) produzindo fibras brancas. Para garantir a qualidade da produção, as fibras brancas devem ser colhidas e separadas no primeiro ano, seguido do arranquio das plantas para evitar produções subsequentes com mistura de cores. Quanto ao ciclo, o algodão marrom é classificado como semiperene, com 3 anos de exploração econômica, sendo descendente dos algodoeiros arbóreos do Nordeste, o que lhe confere alta resistência à seca (FREIRE et al., 2010).

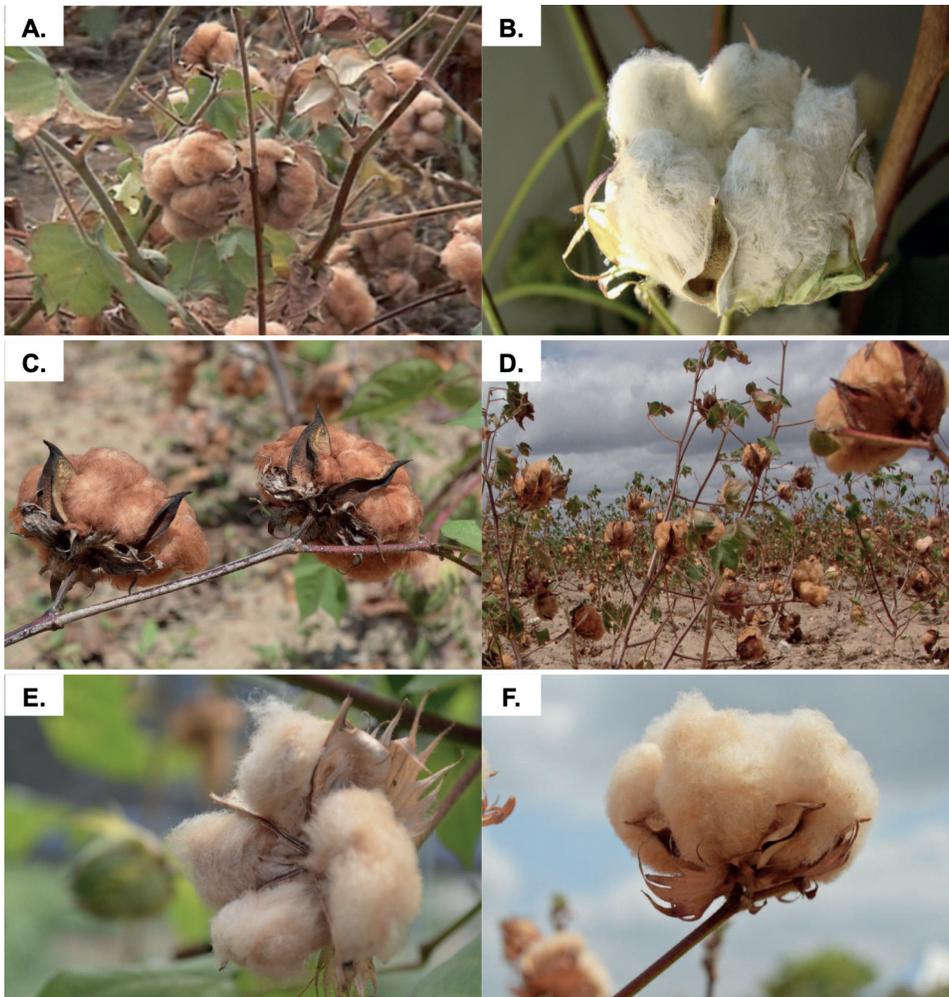


Figura 1 - Cultivares de algodão colorido: BRS 200 Marrom (A), BRS Verde (B), BRS Rubi (C), BRS Safira (D), BRS Topázio (E) e BRS Jade (F).

Fonte: Vale et al. (2011), Moura et al. (2014), Oliveira (2015), Santos (2015b)

A obtenção do algodão de fibra verde (Figura 1 B) ocorreu em 1996, por meio do cruzamento entre o Arkansas Green, uma variedade dos Estados Unidos (EUA), conhecida pela fibra verde, e a cultivar CNPA 7H, amplamente adaptada ao Nordeste e reconhecida pela qualidade da fibra branca. Após vários ciclos de seleção, 24 linhagens de cor verde foram obtidas e submetidas a testes comparativos de rendimento, resultando em três linhagens superiores que compuseram um bulk, originando a cultivar BRS Verde (CARVALHO et al., 2002). Segundo os mesmos autores, o algodão de fibra verde é recomendado para usos mais específicos, uma vez que em certos casos pode apresentar leve desbotamento apenas na parte do capulho exposta à luz solar. É indicado para a produção de fios grossos, especialmente para a confecção de jeans, e também para outros artigos artesanais, como redes.

A BRS Rubi (Figura 1 C) foi lançada em 2004, resultado do cruzamento entre um material dos EUA, com fibra marrom escura, e a cultivar CNPA 7H, conhecida por sua fibra branca de qualidade e adaptação ao Nordeste. Além dos critérios usuais de seleção, houve um foco especial na intensidade da cor marrom telha. Esta cultivar se destaca em comparação às outras no Brasil por sua fibra marrom escura ou marrom avermelhado, sendo a primeira no país a apresentar essa característica. Apesar de sua cor duradoura, é importante evitar a colheita tardia para evitar a exposição excessiva ao sol, garantindo uma coloração intensa (CARVALHO et al, 2009a).

Em 1996, ocorreu o cruzamento entre um material dos EUA, com fibra marrom escura, e a cultivar CNPA 87-33, conhecida por sua fibra branca de qualidade e adaptação ao Nordeste. Após vários ciclos de seleção, algumas linhagens com fibra marrom escura foram escolhidas para ensaios comparativos de rendimento na região Nordeste por dois anos. A linhagem CNPA 01-55 se destacou nestes ensaios pela intensidade da coloração marrom telha, além de apresentar boa produtividade, sendo selecionada para se tornar a cultivar BRS Safira (Figura 1 D). A BRS Safira se destaca das outras cultivares de fibra marrom no Brasil por possuir uma tonalidade marrom escura ou marrom avermelhado, sendo uma das duas primeiras cultivares no país com essa característica de cor na pluma, juntamente com a BRS Rubi (CARVALHO et al, 2007; CARVALHO et al., 2009b).

Originada por seleção genealógica, A BRS Topázio surgiu de um cruzamento entre as cultivares Suregrow 31 e Delta Opal, integrantes do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Embrapa Algodão. Durante o processo de segregação, uma planta de cor marrom-clara foi selecionada em uma das progênes, originando uma linhagem com fibra colorida. Apesar dos progenitores serem de fibra branca, a planta marrom pode ter surgido por cruzamento natural com alguma planta de fibra colorida próxima aos experimentos ou por mutação. Esta linhagem de fibra colorida destacou-se nos ensaios de avaliação final e deu origem a cultivar BRS Topázio (Figura 1 F), lançada em 2010. A principal vantagem da BRS Topázio é o alto rendimento de fibra, além de possuir excelentes características de fibra, superando as cultivares de fibra colorida anteriores e equiparando-se a muitas de fibra branca, como a BRS Araripe, superando esta última em rendimento de algodão em caroço (VIDAL NETO et al., 2010; CARVALHO et al., 2011).

Mais recentemente, no ano de 2015, foi lançada a variedade BRS Jade (Figura 1 F), de fibra mais clara que a BRS Safira, porém mais produtiva e com maior qualidade de fibra. A cultivar BRS JADE foi desenvolvida a partir de um cruzamento entre uma planta de fibra branca adaptada ao clima do Nordeste e outra de fibra colorida, ambas provenientes do BAG da Embrapa Algodão. O processo de melhoramento genético foi realizado por meio da seleção genealógica, conduzida em São Desidério, na Bahia. Após uma série de testes de progênes e linhagens entre os anos de 2006 e 2014, foi selecionada a linhagem CNPA BA 2006-4023, caracterizada pela sua fibra colorida (FARIAS et al., 2017).

Algodão colorido no Nordeste brasileiro

Bahia e Maranhão, juntamente com o Piauí, destacam-se como os maiores produtores regionais de algodão de fibra branca. Esses estados também estão entre os sete maiores produtores a nível nacional, com produção de 591, 54 e 25 mil toneladas, na safra 2022/2023. Apesar de áreas menores no Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Alagoas, esses estados contribuem significativamente para a produção regional, atendendo a nichos de mercado no Brasil e no exterior, especialmente com algodões orgânicos e coloridos, como é o caso da Paraíba (CONAB, 2023).

A Paraíba, especialmente a mesorregião do Sertão, se destaca como um dos principais produtores de algodão colorido, com o município de Patos sendo pioneiro nesse processo (FERNANDES et al., 2004). Segundo dados da Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária (EMPAER), em algumas regiões do estado, a safra de algodão colorido em 2020 alcançou 50 toneladas de pluma (SANTOS; VASCONCELOS, 2020). Já na safra de 2023, foram cultivados 160 hectares de algodão orgânico, tanto branco quanto colorido, por 125 agricultores familiares (GOVERNO DA PARAÍBA, 2023).

Segundo Silva (2017), o mercado do algodão colorido vem se consolidando e muitas empresas têm buscado essa matéria-prima não apenas para a fabricação de vestuário, mas também para peças de decoração. Para agregar mais valor aos seus produtos, tem ocorrido um aumento no uso do algodão orgânico. Destaca-se nesse cenário a Cooperativa de Produção Têxtil Afins do Algodão do Estado da Paraíba (Coopnatural), uma das pioneiras em Campina Grande a trabalhar com algodão colorido, principalmente o orgânico (BUENO; DOMINGUES, 2011).

A demanda por roupas feitas com fibras naturalmente coloridas era, inicialmente, impulsionada por pessoas alérgicas a corantes químicos sintéticos e por pais que preferiam essas fibras para seus recém-nascidos, pois dispensam tingimento. Esse mercado inicial continua relevante, especialmente na Europa e no Japão. No entanto, atualmente, além desse mercado tradicional, há também uma crescente demanda de consumidores que valorizam produtos ecológicos, o que criou um nicho de mercado potencial para produtos confeccionados com fibras naturalmente coloridas de algodão, tanto no Brasil quanto no exterior (LIRBÓRIO, 2017).

Em 2016, o algodão colorido foi o destaque de uma coleção desenvolvida pelo estilista João Pimenta, apresentada na São Paulo Fashion Week (SPFW) (SANTOS, 2016a). Esta não foi sua primeira incursão com esse material, pois em 2003, o estilista Angelo Rafael já havia apresentado peças feitas com algodão colorido no mesmo evento (OLIVEIRA, 2003). Esses exemplos demonstram o crescente destaque do algodão colorido, o que amplia sua visibilidade e as oportunidades de comercialização desses produtos.

Contudo, é importante ressaltar que alguns problemas têm sido enfrentados por empresários e artesãos que trabalham com algodão naturalmente colorido no Brasil, especialmente na Paraíba. Há denúncias de comerciantes que falsificam o algodão colorido, tingindo o tecido e vendendo-o como se fosse naturalmente colorido (AZEVEDO et al., 2020). Para minimizar essa fraude, foi desenvolvido na Embrapa Algodão um selo para a comercialização do produto, chamado de “Algodão Cor Natural”. Esse selo garante a autenticidade e a origem do algodão colorido, assegurando, assim, os produtos desenvolvidos pela empresa (BARBOSA, 2011).

Limitações do setor algodoeiro colorido

Em termos gerais, a produção de algodão colorido é direcionada para nichos de mercado que incluem turistas e consumidores de classe média alta, tanto no Brasil quanto no exterior. Devido aos seus preços relativamente elevados, os produtos de algodão colorido são mais comumente encontrados em lojas frequentadas por turistas e consumidores de maior poder aquisitivo, sendo menos comuns entre os moradores da região Nordeste (PICCIOTTO; SHEWCHENKO, 2006). As peças feitas com algodão colorido naturalmente possuem um valor significativamente maior devido ao tecido natural e ao acabamento artesanal. Isso resulta em um certo afastamento, especialmente das camadas sociais mais baixas, que percebem o algodão colorido como inacessível e benéfico apenas para alguns participantes da cadeia produtiva.

O risco de contaminação do algodão branco ao ser produzido junto com o algodão colorido, assim como o desbotamento da cor pela exposição à luz solar, são preocupações frequentes. Além disso, muitas vezes os cultivares não atendem às exigências da fiação industrial, pois as máquinas operam melhor em grandes quantidades. Isso resulta em problemas de comercialização, devido à incerteza ainda presente nesse mercado (SOUZA, 2000; OLIVEIRA; SEVERIANO FILHO, 2005). Adicionalmente, a produção de algodão colorido ainda é caracterizada por um baixo nível de mecanização e de recursos tecnológicos entre os produtores rurais, que em sua maioria são agricultores de subsistência (OLIVEIRA; SEVERIANO FILHO, 2005; SILVA, 2017).

Sustentabilidade e produção orgânica do algodão colorido

Com o surgimento da globalização ocorreram diversos impactos na sociedade e no meio ambiente. As organizações passaram a utilizar matérias-primas e energia de forma mais intensa, acelerando o consumo dos recursos naturais. Além disso, o aumento da produção resultou em um maior volume de resíduos lançados ao meio ambiente de maneira imprudente, o que levou a um acúmulo de poluentes acima da capacidade de absorção do planeta, resultando em impactos negativos significativos e, muitas vezes, irreversíveis (CALIXTO et al., 2007).

Dessa forma, a transição da agricultura convencional para a orgânica no Brasil está criando uma cadeia produtiva de algodão ecologicamente sustentável, liderada por agricultores familiares. Isso se traduz em preservação dos recursos naturais, inclusão social e um produto diferenciado (QUEIROGA et al., 2008). Com isso, a crescente demanda dos consumidores por produtos orgânicos tem incentivado os produtores a adotarem técnicas de produção mais eficientes, sem resíduos químicos, reduzindo assim os impactos ambientais.

Muitas indústrias têxteis estão investindo nesse mercado de algodão colorido, pois, por lei, precisam adotar equipamentos para despoluição e reutilização da água. Nesse contexto, para lavar e tingir uma única calça jeans, por exemplo, são necessários cerca de 80 litros de água. Devido ao alto custo desse processo, muitas fábricas ignoram a legislação e despejam água contaminada diretamente nos rios. No entanto, ao adotar algodões naturalmente coloridos, as fábricas podem eliminar a etapa de tingimento, que representa cerca de 50% dos custos dos tecidos (BELTRÃO et al., 1995), economizando água e preservando os recursos hídricos.

Para fortalecer a cadeia do algodão colorido, a Embrapa Algodão articulou todos os elos da cadeia produtiva da pluma. Em 2011, ajudou a organizar o Comitê Gestor do Arranjo Produtivo Local de Confecções e Artefatos de Algodão Colorido da Paraíba, integrando empresários, produtores, instituições de apoio e órgãos governamentais. Assim, uma conquista significativa foi a garantia de compra da produção, proporcionando segurança ao produtor para plantar e alimentar a cadeia produtiva estadual, envolvendo tecelagens, confecções e indústrias de moda e decoração (SANTOS, 2015a).

O algodão colorido orgânico é uma realidade no Brasil, sendo produzido em maior escala em Patos, na Paraíba, e regiões adjacentes do sertão paraibano. No entanto, uma das principais preocupações dos consumidores desse tipo de algodão é a veracidade das informações sobre sua produção orgânica, ecológica, socialmente equilibrada e ambientalmente saudável. Para garantir a autenticidade desses produtos, a certificação é essencial, pois atesta a origem e a qualidade dos artigos orgânicos em todas as etapas da cadeia de suprimentos (OLIVEIRA; SEVERIANO FILHO, 2005).

Por se tratar de um cultivo inserido em um sistema que promove a atividade biológica e incentiva a sustentabilidade, o cultivo de algodão colorido orgânico requer um manejo diferenciado em relação ao cultivo convencional (SOUZA, 2000). Nesse sentido, o controle de pragas e doenças prioriza o uso do controle biológico, além da implementação de práticas culturais específicas. Na Paraíba, os agricultores têm conseguido lidar com o bicudo por meio da adoção de práticas como a catação dos botões florais caídos no chão, resultado do ataque do bicudo, a liberação de animais no campo após a colheita para consumir os restos culturais e a concentração do plantio em uma única época, impedindo que a praga migre de uma plantação para outra e garantindo sempre alimento disponível (SANTOS, 2016b).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de algodão colorido se destaca como uma atividade agrícola de grande importância socioeconômica, especialmente no Nordeste brasileiro, onde é conduzida por pequenos agricultores, sendo uma fonte relevante de emprego e renda no campo. O cultivo desse tipo de algodão é especialmente crucial para a agricultura familiar do Nordeste devido a adaptação às condições climáticas locais, já que o algodão é uma opção importante devido à sua tolerância à seca e ao mercado potencialmente garantido.

As cultivares de algodão colorido são adaptadas às exigências das fiações modernas, o que reduz os custos para a indústria têxtil e contribui para a redução do lançamento de efluentes químicos e tóxicos. No entanto, apesar da qualidade das cultivares, o mercado atual de algodão colorido não atende completamente à demanda, especialmente a do mercado externo, que exige volumes mais expressivos.

Para suprir essa demanda crescente, uma alternativa tem sido o cultivo de algodão colorido orgânico, que atrai um público selecionado preocupado com a sustentabilidade. Esse tipo de algodão dispensa o uso de produtos químicos no tingimento do tecido e permite economias no processo de acabamento da malha. Essas características fazem com que o produto seja bastante procurado por empresas engajadas na chamada “moda verde”.

Apesar da importância e dos benefícios do algodão colorido, os estudos sobre o tema ainda são incipientes, sendo necessária a realização de mais pesquisas e trabalhos na área. A ampliação do conhecimento sobre o cultivo, as características das fibras, os métodos de beneficiamento e os impactos socioeconômicos e ambientais do algodão colorido são essenciais para promover seu desenvolvimento sustentável e sua expansão nos mercados nacional e internacional.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, D. M. C.; SCHMIDT, V.; BRUCH, K. L. A relação de confiança no Arranjo Produtivo Local (APL) de confecção e artefatos de algodão colorido da Paraíba. *In: Simpósio da Ciência do Agronegócio*, 8., 2020, Porto Alegre. **Anais [...]** Porto Alegre: UFRGS, 2020. p. 452-460.

BARBOSA, V. S. C. Embrapa faz evento para combater pirataria do algodão colorido. **Revista cultivar**, Pelotas, 14 jul. 2011. Disponível em: <<https://revistacultivar.com.br/index.php/noticias/embrapa-realiza-evento-para-combater-a-pirataria-do-algodao-colorido>>. Acesso em: 17 jan. 2024.

BELTRÃO, N. E. M. Algodão Colorido no Brasil e no mundo. *In: BELTRÃO, N. E. M.; ARAÚJO, A. E. Algodão: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 239-257.

BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, M. N. B.; CARDOSO, G. D.; BATISTA, E. S. **Algodoeiro perene BRS 200 marrom**: cultivo do algodoeiro perene colorido em sistema de produção orgânico. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 1 folder.

- BELTRÃO, N. E. M.; VIEIRA, R. M.; BRAGA SOBRINHO, R. Possibilidades do cultivo do algodão orgânico no Brasil. *In: RD Plenary Meeting of the International Cotton Advisory Committee*, 53., 1995, Recife. **Anais** [...] Recife: Embrapa, 1995. P. 1-37.
- BUENO, J. M.; DOMINGUES, C. R. Estratégias de internacionalização de empresas emergentes: um estudo comparativo de casos brasileiros. **Future Studies Research Journal: Trends and strategies**, v. 3, n. 2, p. 59-87, 2011.
- CALIXTO, F. H; LIRA, W. S; GESINALDO, A. C; VASCONCELOS, A. C. F. A Tecnologia do algodão colorido como alternativa para o desenvolvimento sustentável no setor agrícola. *In: Congresso da Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica e Inovação (ABIPTI)*, 5., 2008, Campina Grande. **Anais** [...] Campina Grande, 2007. p. 1-12.
- CARVALHO, L. P.; ARAÚJO, G. P.; VIEIRA, R. M.; BELTRÃO, N. E. M.; COSTA, J. N. **BRS Rubi**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009a. 1 Folder.
- CARVALHO, L. P.; ARAÚJO, G. P.; VIEIRA, R. M.; BELTRÃO, N. E. M.; COSTA, J. N. **BRS Safira**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009b. 1 Folder.
- CARVALHO, L. P.; ARAÚJO, G. P.; VIEIRA, R. M.; BELTRÃO, N. E. M.; COSTA, J. N. **BRS Safira**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. 1 Folder.
- CARVALHO, L. P.; BELTRÃO, N. E. M.; COSTA, J. N.; ANDRADE, F. P; SILVA, O. R. R. F.; ARAUJO, G. P.; ALVES, I. **BRS Verde**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009c. 1 Folder.
- CARVALHO, L. P.; BELTRÃO, N. E. M.; COSTA, J. N.; ANDRADE, F. P; SILVA, O. R. R. F.; ARAUJO, G. P.; ALVES, I. **BRS Verde**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2002. 1 Folder.
- CARVALHO, L. P.; ANDRADE, F. P.; SILVA FILHO, J. L. Cultivares de algodão colorido no Brasil. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 15, n. 1, p. 37-44, 2011.
- CLEMENTINO, M. L. M. **O maquinista de algodão e o capital comercial**. Campina Grande: EDUEPB, 2023. 276p.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira - Grãos**: Safra 2022/23. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2023. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos>>. Acesso em: 10 abr. 2024.
- ERHARDT, T.; BLUMCKE, A.; BURGER, W.; MARKLIN, M.; QUINZLER, G. **Curso técnico têxtil**: física e química aplicada, fibras têxteis, tecnologia. São Paulo: EPU/EDUSP, 1976. 87p.
- FARIAS, F. J. C.; MORELLO, C. D. L.; PEDROSA, M. B.; SUASSUNA, N. D.; DA SILVA FILHO, J. L.; CARVALHO, L. P.; RIBEIRO, J. L. BRS Jade: nova cultivar de algodão colorido de dupla aptidão para o Cerrado Baiano e para o Semiárido Nordeste. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO*, 11., 2017, Maceió. **Anais** [...] Alagoas: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (Abrapa), 2017.
- FERREIRA, D.; SILVA, S. C.; MOURA, F. T. Catálogo de cultivares de algodão: safra 2019-2020. **Embrapa**. Brasília, 03 mar. 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1112950/catalogo-de-cultivares-de-algodao-safra-2019-2020>>. Acesso em: 24 abr. 2024.
- FERNANDES, A.; OLIVEIRA, H. M.; PINHEIRO, M.; MASTROIANNI, R.; LIMA, P. J. B. F.; SENNA, T. S. **Curso sobre consórcios agroecológicos**. Fortaleza: ESPLAR, 2004. 37 p.

FREIRE, E.C. O algodão colorido no Brasil. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, v. 2, n. 9. p. 36-39, 1999.

FREIRE, E. C.; ANDRADE, F. P.; PEDROSA, M. B.; SANTANA, J. C. F.; CARVALHO, L. P.; RIVERO WANDERLEY, M. J.; GUSMÃO, J. L.; SILVA, J. A.; VASCONCELOS, F. L. M. **O algodão colorido no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2000. 1 folder.

FREIRE, E. C.; ANDRADE, F. P.; SANTANA, J. C. F.; BELTRAO, N. E. M.; PEDROSA, M. B.; GUEDES, A. R.; WANDERLEY, M. J. R.; ASSUNÇÃO, J. H. de; DANTAS, E. S. B.; SILVA, S. C. **BRS 200 Marrom**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. 1 folder.

FURTADO, D. A.; BARACUHY, J. G.; FRANCISCO, P. R. M. **Difusão de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento sustentável do semiárido brasileiro**. Campina Grande: EPGRAF, 2013. Disponível em: <<https://portal.insa.gov.br/acervo-livros/186-difusao-de-tecnologias-apropriadas-para-o-desenvolvimento-sustentavel-do-semiarido-brasileiro>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

GALVÃO, M. L. M. A cidade de Acari/RN: do apogeu ao anonimato. **Holos**, v. 6, p. 88-97, 2012.

GOVERNO DA PARAÍBA. Apoio do Governo do Estado consolida produção de algodão orgânico na Paraíba. **Governo da Paraíba**, Paraíba, 05 mai. 2023. Disponível em: <<https://paraiba.pb.gov.br/noticias/apoio-do-governo-do-estado-consolida-producao-de-algodao-organico-na-paraiba#wrapper>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

GULATTI, A. M.; TURNER, A. J. **A Note on the early history of cotton**. Bombaim: Indian Central Cotton Committee, 1928.

LIRBÓRIO, L. F. **O Circuito Espacial de Produção do Algodão Naturalmente Colorido na Paraíba-Brasil**. Tese (Pós-graduação em Geografia Humana), Departamento de Geografia - USP, São Paulo, São Paulo, 2017.

LUNARDON, M. T. **Análise da conjuntura agropecuária da safra 2007/2008 do algodão**. Secretária da Agricultura do abastecimento e Departamento de Economia Rural, Paraná, 2007.

MOURA, F. T.; COBEL, S.; SILVA FILHO, E. C. **Algodão colorido**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2014. 1 Folder.

OLIVEIRA, A. M. Algodão colorido - BRS Jade. **Embrapa**. Brasília, 02 fev. 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/2810/algodao-colorido---brs-jade>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

OLIVEIRA, D. Desfile mostra potencial do algodão colorido em Campina Grande. **Embrapa**. Brasília, 01 dez. 2003. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17951810/desfile-mostra-potencial-do-algodao-colorido-em-campina-grande>>. Acesso em: 10 jan. 2024.

OLIVEIRA, J. B.; SEVERIANO FILHO, C. Considerações sobre a produção do algodão colorido e a importância do consórcio Natural Fashion como último elo da cadeia produtiva. **Anais do Congresso Brasileiro de Custos**, p. 1-13, 2005.

OLIVEIRA, M. H. de. **Principais matérias-primas utilizadas na indústria têxtil**. BNDES Setorial, n. 5, p. 71-109, 1997. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/7153>>. Acessado em: 24 abr. 2024.

PICCIOTTO, G.; SHEWCHENKO, M. C. **Projeto de Fortalecimento da Cadeia Produtiva do Algodão Colorido**. Projeto Conexão Local - ANO II. Fundação Getúlio Vargas - Programa Gestão Pública e Cidadania. 2006.

QUEIROGA, V. P.; CARVALHO, L. P.; CARDOSO, G. D. **Cultivo do algodão colorido orgânico na região semi-árida do Nordeste brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008.

RICHETTI, A.; MELO FILHO, G. A. Aspectos socioeconômicos do algodoeiro. In: EMBRAPA. **Algodão: tecnologia de produção**. Dourados: EMBRAPA Agropecuária Oeste, p. 13-34, 2001.

SANTOS, E.; VASCONCELOS, S. Paraíba amplia produção de algodão colorido. **Embrapa**. Brasília, 02 jul. 2020. Disponível em: <[https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/53849365/paraiba-amplia-producao-de-algodao-colorido#:~:text=A%20safra%20de%20algod%C3%A3o%20colorido,e%20Regulariza%C3%A7%C3%A3o%20Fund%C3%A1ria%20\(Empaer\)](https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/53849365/paraiba-amplia-producao-de-algodao-colorido#:~:text=A%20safra%20de%20algod%C3%A3o%20colorido,e%20Regulariza%C3%A7%C3%A3o%20Fund%C3%A1ria%20(Empaer))>. Acesso em: 05 jan. 2024.

SANTOS, E. Algodão colorido marca presença na São Paulo Fashion Week. **Embrapa**. Brasília, 28 abr. 2016a. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/12020408/algodao-colorido-marca-presenca-na-sao-paulo-fashion-week>>. Acesso em: 15 fev. 2024.

SANTOS, E. Experiência brasileira com algodão colorido orgânico será compartilhada com países do Mercosul. **Embrapa**. Brasília, 04 mar. 2016b. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/10364479/experiencia-brasileira-com-algodao-colorido-organico-sera-compartilhada-com-paises-do-mercosul#:~:text=Experi%C3%Aancia%20brasileira%20com%20algod%C3%A3o%20colorido%20org%C3%A2nico%20ser%C3%A1%20>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SANTOS, E. Algodão colorido conquista mercado internacional de moda. **Embrapa**. Brasília, 17 mar. 2015a. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2565547/algodao-colorido-conquista-mercado-internacional-de-moda>>. Acesso em: 23 mar. 2024.

SANTOS, E. M. C. Multimídia: banco de imagens. **Embrapa**. Brasília, 25 set. 2015b. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/2302001/algodao-colorido-brs-rubi>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SILVA, R. F. **O algodão colorido e a dinâmica econômica de Campina Grande - PB**. 27 ago. 2017. Disponível em: <<https://silo.tips/download/o-algodao-colorido-e-a-dinamica-economica-de-campina-grande-pb-palavras-chave-al>>. Acesso em: 25 fev. 2024.

SOUZA, M. C. Produção de algodão orgânico colorido: possibilidades e limitações. **Informações Econômicas**, v. 30, n. 6, p. 91-98, 2000.

VALE, D. G.; GUIMARÃES, F. M.; OLIVEIRA, G. S.; CARDOSO, G. D.; ALVES, I.; SILVA, J. C. A.; CARVALHO, L. P.; SILVA, O. R. R. F.; CARTAXO, W. V. **Algodão colorido: Tecnologia Embrapa para a geração de emprego e renda na agricultura familiar do Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2011. 1 folder.

VIDAL NETO, F. C.; ANDRADE, F. P.; SILVA, J. L.; CARVALHO, L. P. **BRS Topázio: Fibra marrom claro uniforme resistente e macia**. Campina Grande; Embrapa Algodão, 2010. 1 folder.

AMBIÊNCIA E BEM-ESTAR ANIMAL EM BOVINOS LEITEIROS SOB ESTRESSE TÉRMICO: REVISÃO DE LITERATURA

Acceptance date: 01/07/2024

Leonardo França da Silva

Universidade Federal da Grande
Dourados
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-9710-8100>

Sarah Fernanda de Almeida Martins

Universidade Federal de Viçosa
Viçosa - Minas Gerais
<https://orcid.org/0009-0008-6865-5827>

Jessica Mansur Siqueira Crusóe

Universidade de Federal Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0009-0007-4210-8430>

Fernanda Araujo Lima

Universidade Federal de Viçosa, Campus
Viçosa
<https://orcid.org/0000-0003-0223-8349>
<http://lattes.cnpq.br/8976026918721325>

Cássio Furtado Lima

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Pará - IFPA
<https://orcid.org/0000-0001-5461-1809>
<http://lattes.cnpq.br/4218769196783818>

Marcos Antônio Pereira da Fonseca Maltez

Universidade Federal Rio Grande do Sul
Porto Alegre – Rio Grande do Sul
<https://orcid.org/0000-0003-0941-8051>

Rafaella Resende Andrade

Universidade Federal de Goiás
Goiânia – Goiás
<https://orcid.org/0000-0003-3182-0741>

Fernanda Lamede Ferreira de Jesus

Universidade Federal da Grande
Dourados
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-9183-6326>

Fabiane de Fátima Maciel

Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-7117-6965>

Irene Menegali

<https://orcid.org/0000-0001-5323-4693>
Universidade Federal de Minas Gerais

Ariadna Faria Vieira

Universidade Estadual do Piauí
Uruçuí- Piauí (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-1185-4269>

Luciano José Minette

Universidade Federal de Viçosa, Campus
Viçosa
Viçosa - MG (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-2038-334X>

RESUMO: A produção leiteira no Brasil representa um pilar fundamental do agronegócio, desempenhando um papel crucial na economia nacional. Remontando às primeiras décadas do período colonial, essa atividade é uma das mais tradicionais do país, enraizando-se profundamente na sua história agrícola. Nas últimas cinco décadas, testemunhamos um crescimento notável na produção de leite no Brasil. Em um período de constante expansão, o país ascendeu ao patamar de destaque global nesse setor. Mediante esse cenário produtivo estresse térmico em gado leiteiro é uma preocupação significativa para produtores e especialistas do setor agrícola. Esse fenômeno ocorre quando os animais são expostos a condições ambientais que excedem sua capacidade de regulação térmica, resultando em desconforto e impactos negativos na saúde e na produção de leite. Os efeitos do estresse térmico no gado leiteiro podem ser devastadores. Além do desconforto físico, o estresse térmico pode levar a uma diminuição na ingestão de alimentos e água, comprometendo a saúde e a produção de leite dos animais. O estresse térmico também pode aumentar a incidência de doenças, reduzir a eficiência reprodutiva e aumentar a mortalidade, representando um sério desafio para a rentabilidade das operações de produção de leite. Em resumo, o estresse térmico representa um desafio significativo para os produtores de leite, mas com práticas de manejo adequadas e o uso de tecnologias apropriadas, é possível minimizar seus efeitos e garantir o bem-estar e a produtividade do gado leiteiro mesmo em condições climáticas adversas. Este estudo tem como objetivo realizar uma revisão de literatura abordando os aspectos relacionados à ambiência e ao bem-estar animal em bovinos leiteiros quando expostos ao estresse térmico, seja por calor ou frio. Destaca-se a análise das respostas fisiológicas e comportamentais desses animais diante dessas condições adversas, visando fornecer insights valiosos para a implementação de estratégias eficazes de manejo e mitigação do estresse térmico em sistemas de produção de leite.

PALAVRAS-CHAVE: Bovinocultura de leite, conforto térmico, produção animal.

ABSTRACT: Dairy production in Brazil represents a fundamental pillar of agribusiness, playing a crucial role in the national economy. Dating back to the first decades of the colonial period, this activity is one of the most traditional in the country, deeply rooted in its agricultural history. Over the past five decades, we have witnessed remarkable growth in milk production in Brazil. In a period of constant expansion, the country rose to global prominence in this sector. In this productive scenario, thermal stress in dairy cattle is a significant concern for producers and experts in the agricultural sector. This phenomenon occurs when animals are exposed to environmental conditions that exceed their thermal regulation capacity, resulting in discomfort and negative impacts on health and milk production. The effects of heat stress on dairy cattle can be devastating. In addition to physical discomfort, heat stress can lead to a decrease in food and water intake, compromising the health and milk production of animals. Heat stress can also increase the incidence of disease, reduce reproductive efficiency and increase mortality, posing a serious challenge to the profitability of dairy production operations. In summary, heat stress represents a significant challenge for dairy producers, but with adequate management practices and the use of appropriate technologies, it is possible to minimize its effects and ensure the well-being and productivity of dairy cattle even in climatic conditions. adverse. This study aims to carry out a literature review addressing aspects related to the environment and animal welfare in dairy cattle when exposed to thermal stress, whether by heat or cold. The

analysis of the physiological and behavioral responses of these animals to these adverse conditions stands out, aiming to provide valuable insights for the implementation of effective strategies for managing and mitigating heat stress in milk production systems.

KEYWORDS: Dairy cattle farming, thermal comfort, animal production.

INTRODUÇÃO

A produção leiteira no Brasil está em constante evolução, independentemente do sistema de produção e do nível tecnológico adotado, com o objetivo primordial de aprimorar a produtividade dos animais. Nesse contexto, o fornecimento de condições adequadas de bem-estar, sobretudo em termos de conforto térmico, é fundamental (Baêta, Souza, 2010; Andrade et al., 2021). Pesquisas recentes têm enfatizado que oferecer um ambiente confortável para bovinos leiteiros pode ser uma ferramenta crucial para o sucesso do sistema produtivo (Radavelli, 2020; Valente et al., 2020; Oliveira et al., 2022; Andrade et al., 2023).

No entanto, esses animais estão sujeitos a alterações comportamentais, fisiológicas e endócrinas devido à exposição a altas temperaturas, mudanças na dieta e diferentes níveis de umidade do ar, o que pode impactar negativamente sua produtividade (Costa, 2014). Essa sensibilidade ao estresse térmico é especialmente observada em grupos com composição genética mais próxima da raça Holandesa (Costa, 2014; Nääs et al., 2001)

A definição do que constitui conforto para os animais é uma questão desafiadora devido à variabilidade das reações individuais. No entanto, o conhecimento das atividades diárias dos bovinos é extremamente útil para identificar alterações comportamentais que possam indicar a necessidade de ajustes ambientais (Ferreira, 2016; Nääs et al., 1989).

Desta forma, a observação do comportamento dos animais permite avaliar qualquer mudança em resposta a estímulos estressantes e sugere práticas de manejo visando o conforto, o que resulta em benefícios como o aumento da produção de leite e a melhoria nos índices reprodutivos do rebanho (Damasceno, 2020). Em certas circunstâncias, as alterações no comportamento animal representam a única indicação de que o estresse está presente (Ferreira, 2016; Mota et al., 2020).

Deste modo os bovinos leiteiros submetidos a estresse térmico por calor realizam ajustes fisiológicos para manter a homeotermia e, assim, evitar o estresse calórico. Ferreira (2016) e Dash et al., (2016) elucidam que os principais mecanismos envolvidos, que incluem o aumento da taxa respiratória, dos batimentos cardíacos, da sudorese, da ingestão de água e a redução na ingestão de alimentos.

Por outro lado, conforme corroborado por Lanham et al., (1986), quando os bovinos leiteiros enfrentam estresse térmico por frio, tendem a aumentar o consumo de alimentos para gerar mais calor interno, conseqüentemente elevando sua taxa metabólica.

Em termos gerais, Mota et al., (2020) enfatiza que o estresse térmico em bovinos leiteiros resulta em prejuízos consideráveis para o sistema de produção, incluindo diminuição da produtividade e redução do desempenho produtivo e reprodutivo dos animais.

O acompanhamento das condições ambientais é essencial para o progresso de qualquer atividade produtiva (Andrade et al., 2021; Oliveira et al., 2023). Em condições adversas, os animais priorizam manter sua fisiologia em equilíbrio (homeostase) e, em última instância, as funções produtivas, como a lactação (Zimbelman; Collier, 2011).

Considerando os argumentos apresentados, o objetivo deste estudo é realizar uma revisão de literatura abordando os aspectos relativos à ambiência e ao bem-estar animal em bovinos leiteiros quando sujeitos a estresse térmico por calor ou frio, destacando suas respostas fisiológicas e comportamentais.

BEM-ESTAR ANIMAL

O conceito de bem-estar animal se refere à resposta fisiológica dos animais diante do ambiente em que estão inseridos, sendo inversamente proporcional ao esforço empregado pelo animal para manter a homeotermia do seu corpo (Cook, 2002; Broom; Molento, 2004).

Em situações ambientais desfavoráveis, os animais buscam meios de se adaptar através de ajustes fisiológicos, metabólicos e comportamentais, resultando em um maior dispêndio de energia e uma redução em seu potencial de produção (Baêta; Souza, 2010; Ferreira, 2016).

Para que os animais possam expressar plenamente seu potencial genético, além de receber uma dieta balanceada, é essencial fornecer condições térmicas adequadas dentro da faixa de temperatura ambiente na qual o animal não seja exposto a estresse térmico devido ao frio ou ao calor. Isso garante que o animal possa otimizar o aproveitamento da energia da dieta, mantenha ajustes fisiológicos mínimos, temperatura corporal adequada e apetite normal (Bacari et al., 1998, Calamari, Bertoni, 2009).

A produção de leite no Brasil é frequentemente afetada pelas condições ambientais, especialmente em regiões tropicais, onde a temperatura média varia de 20 a 30 °C na maior parte do ano (Titto, 1998). Essas temperaturas frequentemente excedem os limites da zona de termoneutralidade, resultando em desconforto e estresse térmico para os animais. Conforme observado por Müller (1982), a faixa de temperatura considerada confortável para vacas em lactação está entre -5 a 24 °C.

Considerando as demandas termorregulatórias e nutricionais dos animais, a produção de leite em sistemas de confinamento surge como uma alternativa para mitigar as influências ambientais no desempenho dos animais. Entretanto, a falta de conhecimento adequado sobre o manejo das instalações e dos animais confinados pode comprometer seu bem-estar.

Um ambiente inadequado pode resultar em diversos problemas, como redução do consumo de matéria seca, problemas de saúde do úbere e fertilidade, que impactam diretamente na produtividade animal (Bach et al., 2007).

Para avaliar o bem-estar dos animais em diferentes sistemas de produção, existem metodologias disponíveis. Segundo Calamari e Bertoni (2009), essas metodologias podem ser divididas em duas categorias: indicadores diretos e indiretos.

Os indicadores diretos estão intrinsecamente ligados ao ambiente e descrevem tanto o sistema de produção quanto o manejo adotado. O monitoramento dos parâmetros ambientais geralmente é uma prática simples, rápida e confiável (Andrade et al., 2022; Oliveira et al., 2022). Por outro lado, os indicadores indiretos referem-se ao comportamento, saúde e fisiologia dos animais. É crucial destacar que as medidas de avaliação do bem-estar animal em um sistema de produção devem ser tanto eficazes quanto viáveis em termos de implementação.

ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE - ITU

Uma das métricas mais comuns para avaliar o conforto térmico dos animais é o Índice de Temperatura e Umidade (ITU). Este índice é uma ferramenta comumente empregada em pesquisas para avaliar o conforto animal devido à sua simplicidade e rapidez na coleta de dados. Desenvolvido por Thom em (1959) para estimar a sensação de conforto térmico em diferentes condições de temperatura, umidade relativa do ar e velocidades do vento, o ITU tornou-se uma medida importante também na análise do bem-estar dos animais. Este índice combina os valores de temperatura do bulbo seco do ar (T_{bs}) e umidade relativa do ar (UR), conforme descrito pela equação 1:

$$ITU = 0,8 \cdot t_{bs} + UR \cdot \left(\frac{t_{bs} - 14,3}{100} \right) + 46,4 \quad (1)$$

Para associar os efeitos da temperatura e umidade relativa, utiliza-se o Índice de Temperatura e Umidade (ITU). Este índice é bastante usado em pesquisas para a avaliação do conforto animal, pois a coleta das variáveis de entrada é simples e rápida. O ITU foi desenvolvido por Thom (1959), com o intuito de estimar a sensação de conforto térmico em humanos, em diferentes temperaturas, umidades relativas do ar e a baixas velocidades do vento.

De acordo com Zimbelman e Collier (2011), os valores de ITU são classificados em diferentes categorias: de 72 a 78 como ameno ou brando, de 79 a 88 como moderado e de 89 a 98 como severo. Um ITU abaixo de 72 indica a ausência de estresse térmico. No entanto, estudos recentes têm revelado que os valores atuais de ITU podem subestimar a gravidade dos níveis de estresse por calor, especialmente em vacas leiteiras de alta

produção. Portanto, recomenda-se um valor de ITU menor que 68 para garantir o conforto térmico adequado desses animais.

Para que haja conforto térmico de vacas leiteiras, o ITU deve ser menor que 68. Valores de ITU entre 68 e 71, caracteriza desconforto térmico leve. Entre 72 a 79, os animais estão passando por estresse calórico ameno. Entre 80 a 89, o estresse calórico passa a ser moderado (ocorre elevação na taxa de mortalidade). Para valores acima de 90, o estresse térmico é classificado como severo, causando aumento na taxa de mortalidade e redução de produtividade.

O monitoramento das condições ambientais é crucial para o sucesso de qualquer atividade produtiva, pois em situações adversas, os animais priorizam manter sua fisiologia em equilíbrio, buscando primeiro a homeostase e, em última instância, dedicando-se à lactação e outras funções produtivas (Zimbelman; Collier, 2011; Ferreira, 2016). Consequentemente, condições ambientais inadequadas na produção animal podem levar a uma diminuição do bem-estar, o que por sua vez resulta em impactos negativos na produtividade, incluindo redução na quantidade e na qualidade do leite produzido (Damasceno, 2020; Ferreira, 2016).

Diversos estudos têm sido conduzidos para estabelecer os limites de ITU aplicáveis à bovinocultura leiteira. Johnson (1980) e Rosenberg et al., (1983) afirmam que, para bovinos da raça Holandesa, valores de ITU abaixo de 68 indicam conforto, entre 68 e 71 há leve estresse térmico, de 72 a 79 estresse térmico moderado, de 80 a 88 estresse térmico severo, e acima de 99 o estresse térmico é considerado extremo, podendo levar à mortalidade dos animais.

ITU elevado compromete a eficiência da produção e reprodução, resultando em perdas econômicas na atividade leiteira.

Pereira (2018), ao avaliar instalações de criação de bovinos leiteiros, observou que durante o inverno os valores de ITU estavam dentro da zona de conforto térmico. Por outro lado, durante o verão, os valores médios de ITU foram elevados, especialmente durante as manhãs e tardes, indicando estresse térmico por calor nos animais. Mesmo com a presença de ventilação mecânica, as instalações não foram eficazes em proporcionar conforto térmico aos animais durante a estação mais quente do ano.

ESTRESSE CALÓRICO EM BOVINOS LEITEIROS

Fatores comportamentais

Dikmen e Hansen (2009) e Baêta e Souza (2010), definem o estresse calórico como a pressão exercida pelos componentes do ambiente térmico sobre um organismo, cujas consequências fisiológicas são proporcionais à intensidade dessa pressão e à capacidade do organismo em compensar os desvios resultantes. Esse fenômeno, especialmente prevalente em regiões tropicais, representa uma fonte significativa de perda econômica na pecuária, afetando adversamente a produção de leite, a fisiologia da produção, a reprodução, a mortalidade de bezerros e a saúde do úbere (Ferreira, 2016; Damasceno, 2020).

Os mesmos autores destacam que os bovinos leiteiros sob estresse térmico tendem a modificar sua postura para aproveitar a dissipação de calor pelo vento, permanecendo mais imóveis e reduzindo a movimentação para minimizar a geração de calor pelo movimento. Além disso, mudanças comportamentais, como a alteração nos padrões de ingestão de alimentos, incluindo redução no tempo de alimentação e de ruminância, afetam significativamente a produtividade animal.

Moura et al., (2010), Kendall et al., (2006) ressaltam que a alteração na postura é um dos indicadores de que o animal está experimentando estresse térmico. Quando submetidos a esse estresse, os bovinos leiteiros tendem a se deitar, buscando dissipar calor pela porção do corpo em contato com o piso frio por condução, enquanto o restante da superfície corporal dissipa calor por correntes convectivas. Desse modo, o comportamento de deitar desempenha um papel crucial na mitigação do estresse térmico em vacas leiteiras (Ferreira, 2016).

Almeida et al., (2013), ao avaliarem o comportamento e a qualidade do leite de vacas Holandesas, observaram que uma das reações imediatas ao estresse térmico é a redução no consumo de alimentos, pois essa ação reduz o metabolismo basal, diminuindo assim a geração de calor.

Além disso, outras respostas comportamentais, como a redução no tempo de ruminância e o aumento do tempo de ócio, são observadas como tentativas do animal de restaurar o equilíbrio térmico, reduzindo a produção de calor metabólico excedente (Ferreira, 2016).

Fatores fisiológicos

O controle da temperatura corporal em animais é alcançado através do equilíbrio entre o calor gerado pelo organismo e o calor trocado com o ambiente. Para regular essa troca de calor, os animais utilizam uma série de mecanismos fisiológicos, contribuindo para a manutenção da homeotermia (Ferreira, 2016; Damasceno, 2020).

Segundo Maia et al., (2012) e Ferreira (2016), esses mecanismos incluem aumento da taxa respiratória, aumento dos batimentos cardíacos, sudorese, aumento na ingestão de água, diminuição na ingestão de alimentos e a procura por lâminas de água.

É importante salientar que, sob estresse térmico por calor, os bovinos leiteiros precisam realizar adaptações fisiológicas para manter a homeotermia. Uma dessas adaptações é o aumento do fluxo sanguíneo para a periferia do corpo, facilitando assim a dissipação convectiva do calor (Ferreira, 2016). Damasceno (2020) e Dash et al., (2016) destacam que o calor reduz a circulação sanguínea no corpo do animal, resultando em um aumento dos vasos sanguíneos periféricos e na vasoconstrição interna, o que pode levar à queda na produção de leite.

Segundo Curtis (1983), em situações de estresse severo, há um alto fluxo sanguíneo do núcleo para a pele do animal, resultando em altas temperaturas superficiais. No entanto, à medida que as perdas evaporativas aumentam, uma grande quantidade de calor é removida da pele pelo processo de evaporação, resfriando o sangue que circula pela superfície do corpo. Ferreira (2016) e Barcari Junior (2001) afirmam que, em bovinos leiteiros sob estresse térmico por calor, ocorre um aumento na sudorese como mecanismo para evitar a hipertermia.

Outro fator a ser mencionado é a frequência respiratória, que representa uma resposta do hipotálamo e do sistema cardiorrespiratório à elevação da temperatura sanguínea, desencadeada por reflexos produzidos pelo aquecimento local da pele do animal (Damasceno, 2020; Barcari Junior, 2001).

Ferreira (2016) e Azevedo et al., (2008) afirmam que a evaporação de uma grama de água durante o processo de respiração do animal consome cerca de 585 calorias.

Legates et al., (1991) relatam que, quando a temperatura ambiente está elevada, os bovinos aumentam a frequência respiratória, e a evaporação e a convecção pelo trato respiratório auxiliam na dissipação do calor corporal e na manutenção do equilíbrio térmico. Assim, as perdas evaporativas são os principais mecanismos para a dissipação de calor em bovinos sob condições de alta temperatura.

Gaughan et al., (1999) afirmam que bovinos leiteiros com uma frequência respiratória entre 20 e 60 movimentos por minuto estão em um ambiente sem estresse térmico, enquanto valores entre 80 e 120 indicam estresse moderado, e valores acima de 120 indicam carga excessiva de calor.

Damasceno (2020) complementa que a observação da frequência respiratória é essencial para avaliar o grau de estresse por calor dos animais, recomendando sua observação em conjunto com a temperatura retal.

Martello (2006), Ferreira (2016) destacam que as temperaturas retais e intravaginais são variáveis fisiológicas que refletem a quantidade de calor acumulada pelos bovinos ao longo do tempo. Quanto maior o estresse térmico, maior será a temperatura retal (TR), que é frequentemente utilizada como indicador de adaptação fisiológica ao calor, sendo que seu

aumento indica que os mecanismos de dissipação de calor tornaram-se insuficientes para manter a homeotermia.

Em ambientes com altas temperaturas, há uma maior perda de água devido ao processo evaporativo constante, o que está relacionado ao aumento da frequência respiratória e da sudorese, exigindo reposição adequada da água perdida (Lanham et al., 1986; Damasceno, 2020).

Martello (2004) evidencia que a temperatura ambiental afeta diretamente a produção de leite em vacas submetidas a estresse térmico por calor, principalmente devido à redução na ingestão de alimentos, à hiperfunção da tireoide e à energia despendida para eliminar o excesso de calor corporal. Vale ressaltar que a diminuição do consumo de alimentos é proporcional ao estresse térmico.

West (2003), em seus estudos sobre os efeitos do estresse calórico na produção de leite, relata que o estresse por calor atua no hipotálamo, estimulando a saciedade e levando à redução do consumo de alimentos durante o dia, com maior ingestão durante a noite, quando as temperaturas são mais amenas.

Ferreira (2016) destaca que é possível identificar bovinos leiteiros sob estresse térmico por calor através de diversos parâmetros observacionais. Estes incluem a presença de ofegação, aumento na transpiração e salivação, bem como uma redução na produção de leite em torno de 10 a 20%. Além disso, há um aumento significativo na ingestão de água, juntamente com uma elevação na frequência respiratória e cardíaca.

West (2003), observou que há uma redução na ingestão de matéria seca. Outro indicador relevante é a temperatura retal, que costuma apresentar valores superiores a 39,1°C em animais sob estresse térmico por calor. Estes sinais clínicos são fundamentais para a detecção precoce e intervenção adequada em casos de estresse térmico em bovinos leiteiros.

Estresse por frio em bovinos leiteiros

O estresse térmico é causado quando a temperatura corporal de um animal está além da sua faixa normal, o que desencadeia em um problema na dissipação do calor, reduzindo as respostas fisiológicas e comportamentais. Embora a alta produção de leite esteja ligada à alta produção de calor nos bovinos leiteiros, o corpo da vaca é capaz de manter e evitar a hipotermia (Armstrong, 1994; Bauman, 1999).

A hipotermia em bovinos é o resultado de estresse por frio extremo. Durante o estresse pelo frio, ocorre a constrição dos vasos sanguíneos para aumentar a produção de calor, de modo a manter a temperatura corporal. A ausência de manutenção da temperatura corporal é o aspecto mais crítico da hipotermia. Existem vários estágios de hipotermia como leve (tremores quando a temperatura central atinge 35°C), moderada (desorientação mental) e a grave causa a morte do animal.

À medida que a hipotermia progride, os processos metabólicos e fisiológicos diminuem e o sangue é desviado das extremidades para proteger os órgãos vitais, de tal forma que as extremidades, como as orelhas e os tetos ficam propensos ao congelamento. Em casos extremos, a respiração e a frequência cardíaca caem, os animais perdem a consciência e morrem (Ouellet et al., 2019; West, 2003).

Bovinos leiteiros, quando submetidos ao estresse calórico por frio, tendem a consumir mais alimento, buscando produzir maior quantidade de calor interno e, assim, aumentar a sua taxa metabólica. No entanto, na presença de baixa temperatura do ar, as vacas mantêm temperatura graças ao seu próprio calor metabólico, de tal modo que é verificado que vacas com maiores produções de leite possuem maior tolerância ao frio, justamente por conta da maior produção de calor metabólico. Outra característica adaptativa ao frio é o desenvolvimento de pelos mais espessos por todo corpo do animal (Bucklin, et al., 2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estresse térmico em vacas leiteiras é uma realidade comum em muitos rebanhos, afetando significativamente sua saúde, reprodução e produção de leite. Agir de forma proativa para minimizar seus efeitos representa tanto um desafio quanto uma oportunidade crucial para os diversos sistemas de produção.

Desta forma, avaliar e ajustar as condições climáticas para os bovinos leiteiros tornou-se uma ferramenta indispensável na gestão da produção. O monitoramento contínuo das variáveis térmicas e a aplicação de medidas para mitigar o estresse térmico são fundamentais para preservar o bem-estar dos animais e otimizar a produção de leite. Em última análise, garantir condições que previnam o estresse térmico, seja pelo calor ou pelo frio, é essencial, dada a magnitude dos impactos que esse fenômeno pode ter na saúde e no desempenho dos animais

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. L. D. Comportamento, produção e qualidade do leite de vacas Holandês-Gir com climatização no curral. **Rev. bras. eng. agric. ambient**, p. 892-899, 2013.

ANDRADE, R.R. **Ambiência e bem-estar animal na produção intensiva de leite em sistemas Compost Barn fechados para a tipologia construtiva e clima do Brasil**. 2021. 158p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2021.

ANDRADE, R.R.; TINÔCO, I.F.F.; DAMASCENO, F.A.; FERRAZ, G.A.S.; FREITAS, L.C.S.R.; FERREIRA, C.F.S.; BARBARI, M.; BAPTISTA, F.J.F.; COELHO, D.J.R. Spatial distribution of bed variables, animal welfare indicators, and milk production in a closed compost-bedded pack barn with a negative tunnel ventilation system. **Journal of Thermal Biology**, v.23, p.103111, 2021. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2021.103111.

ARMSTRONG, D. V **Heat stress interaction with shade and cooling**. J. Dairy Sci. 77:2044–2050. 1994.

AZEVEDO, D. M. M. R.; ALVES, A. A. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 83p. (Série documentos, 188), 2009.

AZEVEDO, D. M. R.; ALVES, A. A. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. 83 p.

BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: Conforto térmico**. 2.ed. Viçosa: Editora UFV, 2010. 269p.

BROOM, D. M.; MOLENTO, C. F. M. Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas- revisão. **Archives of Veterinary Science**, v. 9, p. 1-11, 2004.

BUCKLIN, R. A.; BRAY, D. R.; MARTIN, J. G.; CARLOS, L.; CARVALHO, V. Environmental Temperatures in Florida Dairy Housing. **Applied engineering in agriculture**, v. 25, n. 5, p. 727-735, 2009.

BURGSTALLER, J.; RATH, J.; KUCHLING, S.; MANDL, V.; HUND, A.; KOFLER, J. CLAW health and prevalence of lameness in cows from compost bedded and cubicle freestall dairy barns in Austria. **The Veterinary Journal**, v. 216, p. 81-86, 2016.

CALAMARI, L.; BERTONI, G. A review: Model to evaluate welfare in dairy cows farms, Italian. **Journal Animal Science**, v. 8, p. 301-323, 2009.

COOK, N. The Influence of Barn Design on Dairy Cow Hygiene, Lameness and Udder Health. **Proceedings of the 35th American association of Bovine Practitioners Annual Conference**, Rome, Georgia, p. 97-103, 2002.

COSTA, M.J.R.P.; SILVA, L.C.M. **Boas Práticas de Manejo: Leiteiros Bezerros**. 2. ed. 3. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2014. 51p.

DAMASCENO, F.A. **Compost Barn como uma alternativa para a pecuária leiteira**. 1.ed. Divinópolis: Adelante, 2020. 396p.

DASH, S.; CHAKRAVARTY, A. K.; SINGH, A.; UPADHYAY, A.; SINGH, M.; YOUSUF, S. Effect of heat stress on reproductive performances of dairy cattle and buffaloes: **A review**. **Veterinary world**, v. 9, n. 3, p. 235, 2016.

DIKMEN, S., and P. J. HANSEN. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment **J. Dairy Sci.** 92:109-116.2009. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1370>.

FARIA, F.F.; MOURA, D.J.; SOUZA, Z.M.; MATARAZZO, S.V. Variabilidade espacial do microclima de um galpão utilizado para confinamento de bovinos de leite. **Ciência Rural**, v.38, p.2498-2505, 2008. DOI: 10.1590/S0103-84782008000900013.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente - para aves, suínos e bovinos**. 3a edição, Aprenda Fácil, 528p, 2016.

LANHAM, J. K.; COPPOCK, C. E.; MILAM, K. Z.; LABORE, J. M.; NAVE, D. H.; STERMER, R. A.; BRASINGTON, C. F. Effects of drinking water temperature on physiological responses of lactating Holstein cows in summer. **Journal of Dairy Science, Champaign**, v. 69, n. 4, p. 1004-1012, Apr. 1986.

LEGATES J. E, FARTHING B. R., Body temperature and respiratory rate of lactating dairy cattle under field and chamber conditions. **Journal of Dairy Science**, **74, 8, 2491-2500. 1991.**

MAIA, L. R.; RODRIGUES, L. B. Health and safety at rural environment: an analysis of work conditions in a milking sector. *Ciência Rural*, v. 42, n. 6, p. 1134-1139, jun. 2012.

MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; SILVA, S. da L. e; TITTO, E. A. L. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 181-191, 2004.

NÃÃS, I. A.; ARCARO, I. J. Influência de ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.139-142, 2001.

NÃÃS, I.A. **Princípios de conforto térmico na produção Animal**. São Paulo: Ícone, 1989. 183p.

OLIVEIRA, C. E. A.; TINÔCO, I. D. F. F.; DAMASCENO, F. A.; OLIVEIRA, V. C. D.; FERRAZ, G. A. E. S.; SOUSA, F. C. D.; BARBARI, M. Mapping of the Thermal Microenvironment for Dairy Cows in an Open Compost-Bedded Pack Barn System with Positive-Pressure Ventilation. **Animals**, v. 12, n. 16, p. 2055, 2022.

OLIVEIRA, C.E.A.; TINÔCO, I.F.F.; DAMASCENO, F.A.; OLIVEIRA, V.C.; RODRIGUES, P.H.M.; FERRAZ, G.A.S.; SOUSA, F.C.; ANDRADE, R.R.; NASCIMENTO, J.A.C.; SILVA, L.F. Air velocity spatial variability in open Compost-Bedded Pack Barn system with positive pressure ventilation. *ANAIS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS*, v. 95, p. e20220415, 2023. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202320220415>. Positive-Pressure Ventilation. **Animals**, v. 12, n. 16, p. 2055, 2022.

RADAVELLI, W.M.; DANIELI, B.; ZOTTI, M.L.A.N.; GOMES, F.J.; ENDRES, M.I.; SCHOGOR, A.L.B. Compost barns in Brazilian Subtropical region (Part 1): facility, barn management and herd characteristics. **Research, Society and Development**, v.9, p.1–22, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i8.5198.

RADAVELLI.M.W. **Caracterização do sistema Compost Barn em regiões subtropicais brasileiras**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Chapecó- SC. 2019.

ROSENBERG, N. J.; BLAD, B. L.; VERMA, S. B. **Microclimate: the biological environment**. John Wiley & Sons, 1983. 495 p.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, Washigton, v.12, n.2, p. 57-61, 1959.

TITTO, E. A. L. Clima: Influência na produção de leite. **Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite**, v. 1, p. 10-23, 1998.

VALENTE, D.A.; SOUZA, C.F.; ANDRADE, R.R.; TINÔCO, I.F.F.; SOUSA, F.C.; ROSSI, G. Comparative analysis of performance by cows confined in different typologies of compost barns. **Agronomy Research**, v.18, p.1547–1555, 2020. DOI 10.15159/AR.20.103.

WEST, J. W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, **Champaign**,v. 86, n.6 , p. 2131–2144, 2003.

ZIMBELMAN, R. B.; COLLIER, R. J. Heat hits cows sooner than we thought. **Hoard's Dairyman**. v. 25, p. 281, 2011.

PRODUÇÃO DE MIRTILOS NO RIO GRANDE DO SUL: UM MERCADO EM POTENCIAL PARA A AGRICULTURA FAMILIAR

Data de submissão: 18/06/2024

Acceptance date: 01/07/2024

Gabriela Cecília Gheno

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande do Sul
Ibirubá - RS
<http://lattes.cnpq.br/4215258314715228>

Bruna Dalcin Pimenta

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande do Sul
Ibirubá - RS
<http://lattes.cnpq.br/4356461032499240>

Karen Nayara Durigon

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande do Sul
Ibirubá - RS
<http://lattes.cnpq.br/9958534852031338>

João Vitor Alves Rebelato

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande do Sul
Ibirubá - RS
<http://lattes.cnpq.br/3839070197132636>

Thaina Scorsatto

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande do Sul
Ibirubá - RS
<https://lattes.cnpq.br/4111494068574659>

Lucas Machiavelli de Souza

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande do Sul

Ibirubá - RS

<http://lattes.cnpq.br/0899604686845649>

RESUMO: O mirtilo (*Vaccinium sp.*) caracteriza-se como uma fruta oriunda de países de clima temperado, onde o número de horas com temperaturas $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$ exigidas para o desenvolvimento deste são naturalmente atingidas. No Brasil, a introdução de cultivares com menor exigência em horas frio, como aqueles pertencentes ao grupo Highbush e Rabbiteye, viabilizou o cultivo do fruto especialmente na região sul. Atualmente, o Rio Grande do Sul caracteriza-se como o maior produtor nacional de mirtilos e apresenta, do ponto de vista climático, potencial para expansão em outras regiões do estado, para além dos locais onde este cultivo já é tradicional. A elevada rentabilidade por área, associada às características nutracêuticas torna o mirtilo uma alternativa atraente para a diversificação das fontes de renda de propriedades rurais familiares. Entretanto, alguns entraves limitam a expansão da produção de mirtilo, como escassez de assistência técnica qualificada, disponibilidade de mudas e o custo

de implantação dos pomares. Dessa forma, o presente trabalho caracteriza-se como uma revisão de literatura acerca da cultura do mirtilheiro, suas características botânicas, exigências edafoclimáticas, adaptação ao clima gaúcho e desafios atrelados à esta cultura. Assim, tornando-se de grande relevância aos acadêmicos e assistentes técnicos envolvidos neste setor, já que fornece informações relevantes acerca da cultura do mirtilheiro.

PALAVRAS-CHAVE: Fruticultura; *Vaccinium* sp; Ericaceae; Pequenas Frutas

BLUEBERRY PRODUCTION IN RIO GRANDE DO SUL: A POTENTIAL MARKET FOR FAMILY FARMING

ABSTRACT: The blueberry (*Vaccinium* sp.) is characterized as a fruit originating from temperate climates, where the number of hours with $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$ for its development are naturally achieved. In Brazil, the introduction of cultivars with lower chilling hours requirements, such as those belonging to the Highbush and the Rabbiteye groups, made the blueberry cultivation feasible, particularly in the southern region of the country. Currently, Rio Grande do Sul is the largest producer of blueberries, and from a climatic perspective, the state has potential for expansion into other regions beyond the areas where this kind of cultivation is already traditional. The high profitability per area, combined with its nutraceutical properties, makes the blueberry an attractive alternative for diversifying income sources for small farmers. However, some obstacles limit the expansion of blueberry production, such as the scarcity of qualified technical assistance, the availability of seedlings, and the costs of establishing orchards. Thus, the present paper is characterized as a literature review about blueberry cultivation, its botanic characteristics, edaphoclimatic requirements, adaptation to the climate of Rio Grande do Sul, and the challenges associated with this crop.

KEYWORDS: Orchardling; *Vaccinium* sp; Ericaceae; Berries

INTRODUÇÃO

A produção de alimentos do Rio Grande do Sul é altamente dependente de atividades desempenhadas pela agricultura familiar. Dentre estas atividades, a fruticultura de clima temperado apresenta grande importância econômica para os agricultores familiares, já que o estado caracteriza-se como um relevante fornecedor de frutos como uva, pêssego e maçã para o Brasil.

Assim como a videira, o pessegueiro e a macieira, o mirtilheiro também caracteriza-se como uma frutífera de clima temperado, pertencente à família botânica Ericaceae, à subfamília Vaccinoideae e ao gênero *Vaccinium*. O fruto do mirtilheiro dispõe de sabor e aparência agradável, capaz de atrair consumidores do mundo todo em função das propriedades nutraceuticas presentes (CANTUARIAS-AVILÉS et al., 2014).

Apesar da expansão do cultivo de mirtilos ser relativamente recente na América do Sul, países como Chile e Peru são importantes produtores globais, já que produzem durante a entressafra dos países do Hemisfério Norte. Assim como estes países, o Rio Grande do Sul também apresenta grande potencial para a produção de mirtilos, já que possui acúmulo de horas-frio suficientes na maior parte do estado, o que permite a adaptação de cultivares menos exigentes em frio.

Neste sentido, a presente revisão objetiva descrever a cultura do mirtilheiro, suas características botânicas e exigências edafoclimáticas, bem como adaptação ao clima do Rio Grande do Sul e desafios associados ao cultivo do mirtilo.

PERSPECTIVAS ATUAIS DA FRUTICULTURA GAÚCHA E DA PRODUÇÃO DE MIRTILOS NO RIO GRANDE DO SUL

A agricultura familiar ou exploração familiar, segundo Lamarche et al (1993), refere-se às unidades de produção nas quais a propriedade e o trabalho estão intimamente relacionados à família. Do ponto de vista legal, a Lei Federal nº 11.326, de 24 de julho de 2006 classifica os agricultores familiares como grupo social que desenvolve atividades agropecuárias no meio rural em empreendimento produtivo não superior a quatro módulos fiscais, com gerenciamento sob responsabilidade da família e utilização de mão-de-obra predominantemente do núcleo familiar. (BRASIL, 2006).

Conforme o Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2017), cerca de 3,9 milhões de estabelecimentos rurais brasileiros enquadram-se na atividade familiar, o que corresponde a 77% do total. No Rio Grande do Sul, a contribuição da agricultura familiar para a produção agropecuária é ainda mais expressiva, já que aproximadamente 80,5% dos estabelecimentos rurais são classificados nesta categoria. A agricultura familiar desempenha no estado, participação predominante na horticultura (65%), fruticultura (62%), suinocultura (69%), avicultura (79%), bovinocultura de leite (83%), fumicultura (95%) e produção de mandioca (91%) (FEIX et al, 2021).

Dentre as atividades desempenhadas pelos agricultores familiares gaúchos, a fruticultura distingue-se pelo alto retorno econômico por área e pela ocupação intensiva de mão-de-obra qualificada (JOÃO et al, 2002). Fachinello et al. (2008) caracterizam a fruticultura como o conjunto de técnicas e práticas aplicadas de maneira adequada com o objetivo de explorar comercialmente espécies vegetais a fim de obter-se, ao final do processo produtivo, frutos comestíveis.

Segundo a Associação Brasileira de Produtores e Exportadores de Frutas e Derivados (ABRAFRUTAS, 2022), o Rio Grande do Sul contribuiu, em 2022, para a produção frutícola brasileira com 5,57%, com um volume produtivo estimado em 2,3 milhões de toneladas, que movimentou aproximadamente 3,6 milhões de reais. O estado destaca-se pelo cultivo de frutíferas das seguintes espécies em ordem decrescente de área de produção: uva (de indústria), maçã, laranja, banana, bergamota/tangerina, melancia, nogueira-pecã, oliveira, pêssego (de indústria) e pêssego (de mesa) (EMATER/RS - ASCAR, 2023).

A região Sul do Brasil, apresenta condições de clima e solo favoráveis à produção de frutíferas de clima temperado. A exploração de muitas espécies foi fortemente incentivada principalmente a partir da década de 1970, através de subsídios governamentais e criação de linhas de crédito para ações de reflorestamento (HAWERROTH, 2023).

Neste período, por exemplo, houveram fortes investimentos em trabalhos de extensão e pesquisas relacionadas ao melhoramento genético, nutrição mineral, manejo fitossanitário e tecnologias de armazenamento pós-colheita de frutos (FACHINELLO et al, 2011).

Apesar da existência de certo apelo mercadológico e de condições edafoclimáticas favoráveis, o cultivo de pequenas frutas de clima temperado ainda é pouco expressivo no Rio Grande do Sul, mas observam-se avanços. As principais culturas representativas deste grupo são o morangueiro, a amoreira-preta, a framboeseira e o mirtilheiro. Dentre estas espécies, a produção de morangos mostra-se dominante no estado que ocupa a terceira posição no ranking de maiores produtores brasileiros (ANTUNES & BONOW, 2020).

Outro cultivo de destaque entre as pequenas frutas de clima temperado é o mirtilheiro. Embora ainda incipiente no Brasil, a América do Sul dispõe de expressiva importância como produtora e fornecedora de mirtilos para o mundo. Países como Chile, Peru, Argentina e Uruguai ampliaram significativamente, a partir dos anos 2000, os índices de produção e de área cultivada com este fruto. A expansão da cultura nestes países é influenciada, em grande parte, pela demanda da entressafra de países do hemisfério norte como os Estados Unidos (BRAZELTON & STRICK, 2007).

O mirtilo no Brasil encontra-se em fase de consolidação e expansão das áreas de produção. As pesquisas iniciais envolvendo este cultivo foram introduzidas pela Embrapa Clima Temperado no município de Vacaria/RS em 1983, enquanto que os primeiros pomares comerciais da região, datam de 1990 ambos com cultivares oriundos da Flórida/EUA (CAMINITI et al, 2016). Embora não existam dados estatísticos oficiais em relação ao mercado de mirtilo no país, Retamales & Hancock (2018) estimam que a área destinada à produção brasileira se aproxima de 400 hectares.

No Rio Grande do Sul, segundo levantamento realizado pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER - Ascar) em 2023, existem aproximadamente 74,41 hectares destinados ao cultivo de mirtilo que estão distribuídos em 69 unidades produtivas nos municípios de Vacaria, Pelotas, Jaguarão, Caxias do Sul, Encruzilhada do Sul, São Francisco de Paula, Erval Grande, Capão Bonito do Sul, Farroupilha e Ipê. Entretanto, tal levantamento desconsidera pomares em que os frutos são comercializados localmente como aqueles existentes nos municípios de Ibirubá, Colorado, Soledade e Erechim, por exemplo.

Os preços de comercialização dos frutos do mirtilheiro variam em função da época do ano e da forma de produção. De maneira geral, para frutos in natura orgânicos ou frutos produzidos na entressafra, os preços de venda aproximam-se facilmente de R\$100 por quilograma (CEASA/RS, 2024). Durante o período de safra, há uma tendência de queda no preço pago ao produtor relacionado ao aumento da oferta do produto no mercado.

TAXONOMIA E CARACTERIZAÇÃO BOTÂNICA

Grupos de cultivares

Galletta & Ballington (1996) classificam os cultivares comerciais de mirtilo em quatro grupos importantes: Highbush (Southern highbush e Northern highbush), Half High, Rabbiteye e Lowbush. Os grupos distinguem-se entre si em função do porte e número de horas com temperatura igual ou inferior a 7,2°C exigidas para interrupção do período de dormência (CHILDERS; LYRENE, 2006). O conhecimento acerca desta classificação, é imprescindível para a escolha de cultivares adaptados às condições climáticas da região de interesse.

O grupo Highbush (arbusto alto) é caracterizado por cultivares de porte alto contendo 2 ou mais metros de altura. Este grupo pode ser subdividido em Southern highbush ou Northern highbush dependendo da necessidade de horas de frio (SANTOS et al, 2004). Cultivares pertencentes ao subgrupo Southern highbush são menos exigentes em frio e requerem, de maneira geral, valores próximos a 550 horas com temperatura $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$. Já os cultivares classificados no subgrupo Northern highbush exigem entre 800 a 1000 horas com temperatura $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$ (RETAMALES & HANCOCK, 2018). A maioria dos cultivares deste grupo são híbridos obtidos a partir da espécie tetraploide *V. corymbosum* L.

Em contrapartida, o grupo Lowbush (arbusto baixo) é constituído por cultivares de porte baixo ou rasteiro que atingem até 20cm de altura. Apresentam elevada exigência em horas-frio podendo ultrapassar 1000 horas com temperatura $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$ (RETAMALES & HANCOCK, 2018). A maioria dos cultivares deste grupo derivam da espécie tetraploide *V. angustifolium*.

O grupo Half High compreende cultivares de médio porte cuja altura varia entre 0,5m e 1,0m e menor exigência em frio do que o grupo Highbush (MOURA, 2013).

O grupo Rabbiteye (olho de coelho) apresenta, de maneira geral, cultivares vigorosos que podem atingir até 4m de altura. São caracterizados pela elevada produtividade, longevidade e tolerância ao calor e à seca. Adaptam-se a regiões em que o acúmulo de temperaturas $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$ permaneça entre 300 a 500 horas (SANTOS et al, 2004). Este grupo origina-se a partir de híbridos da espécie *Vaccinium ashei* Reade (SANTOS, 2015).

No Brasil, o grupo Rabbiteye e alguns cultivares do grupo Highbush adequam-se às principais regiões de cultivo (PERTUZATTI et al., 2016).

Caracterização botânica do mirtilheiro

De maneira geral, as brotações vegetativas do mirtilheiro ocorrem preferencialmente nas gemas basais, o que confere um porte arbustivo às plantas do gênero *Vaccinium* (ANTUNES et al., 2012). O arbusto do mirtilo forma-se a partir de brotações que emergem das gemas recém formadas ou gemas dormentes previamente formadas localizadas na coroa da planta. As brotações que emergem da base da planta tornam-se lenhosas na segunda temporada de crescimento (RETAMALES & HANCOCK, 2018).

Quanto ao sistema radicular, é possível classificar as raízes do mirtilheiro em raízes finas e raízes de suporte. As raízes finas apresentam diâmetro inferior a 2mm e distribuem-se, preferencialmente, nos primeiros 30 a 40cm do solo, onde são responsáveis pela absorção de água e nutrientes. Já as raízes de suporte dispõem de diâmetro entre 2 e 11mm e alcançam profundidades próximas a 1m. Têm como função o suporte e fixação do arbusto junto ao solo (FONSECA & OLIVEIRA, 2007).

Diferentemente de grande parte das espécies vegetais, o mirtilheiro não apresenta pêlos radiculares ao longo de suas raízes. Os pelos radiculares são protuberâncias subcelulares da epiderme da raiz que estão associados com a absorção de nutrientes pouco móveis no solo como o fósforo, por exemplo (GONÇALVES & LYNCH, 2014). Para atenuar os efeitos negativos da ausência destas estruturas, a planta é capaz de desenvolver associações simbióticas com vários fungos de solo que, através de suas hifas, contribuem para absorção de água e nutrientes (PESCIE et al, 2021).

As folhas do mirtilheiro são simples, inteiras ou serrilhadas e organizadas de forma alternada ao longo dos ramos (RETAMALES & HANCOCK, 2018). O tamanho e formato das folhas varia em função do grupo de cultivar. Cultivares do grupo Highbush possuem folhas maiores, com comprimento entre 5 e 7cm, ovaladas ou lanceoladas, com bordas inteiras ou levemente serrilhadas. Por outro lado, as folhas dos cultivares pertencentes ao grupo Rabbiteye são menores, com comprimento entre 4 e 5 cm, lanceoladas, com borda inteira ou serrilhada. Para ambos os grupos, as folhas da maioria dos cultivares são decíduas, ou seja, caem durante o inverno (QUEIROGA et al., 2021).

Conforme Padmanabhan et al (2016) a inflorescência do mirtilheiro pode ser classificada como racemo contendo entre 8 e 16 flores que desenvolvem-se na porção terminal do ramo florífero. Quanto à morfologia, as flores assemelham-se a um sino e possuem corola simpétala com 4 ou 5 lóbulos. Os estames são em número de oito ou dez e as anteras apresentam a forma de tubos ocos, com um poro na extremidade final para a saída do pólen (SANTOS et al, 2004).

Características morfológicas florais presentes no mirtilheiro como posição da flor invertida, estames mais curtos que o estilete e com maturação anterior ao estigma, são fatores que desfavorecem a autopolinização não assistida (MCGREGOR, 1976). Tais características indicam a necessidade de polinizadores entomológicos específicos para adequada polinização e consequente, frutificação.

Os frutos do mirtil são bagas de formato achatado e de coloração azul-escuro que apresentam diâmetro entre de 1,0 a 2,5 cm formadas a partir de uma única flor do ovário ínfero. Em geral, a porção inferior dos frutos possui uma cavidade em formato de coroa, resultado da persistência dos lóbulos do cálice da flor (FACHINELLO, 2009).

EXIGÊNCIAS EDAFOCLIMÁTICAS E ADAPTAÇÃO DOS CULTIVARES AO CLIMA GAÚCHO

Temperatura do ar e dormência

A temperatura do ar é um dos principais elementos meteorológicos envolvidos na distribuição natural das espécies vegetais no mundo. Este fator afeta diretamente o crescimento e desenvolvimento das plantas, já que é responsável pela ativação de um conjunto de processos fisiológicos nos vegetais (MATZENAUER et al, 2005).

As frutíferas de clima temperado dispõem de um período de repouso no qual as plantas cessam o crescimento visível e reduzem a intensidade das atividades metabólicas. Este período de repouso também é conhecido como dormência e compreende o intervalo entre a queda das folhas no outono e a aparição de novos primórdios foliares ou brotações na primavera (PETRI et al, 2021)

Para o mirtilo, a redução da temperatura no outono e o acúmulo de determinada quantidade de horas-frio durante o inverno estão associados, respectivamente, à indução e à superação da dormência (PETRI et al, 2021). Neste contexto, tanto a regularidade, quanto a quantidade de frio são indispensáveis para a superação natural da dormência. Caso contrário, em condições de frio insuficiente, poderá haver a ocorrência de anormalidades nas brotações, produção desuniforme de flores, redução da qualidade e da quantidade de frutos produzidos (EREZ, 2000).

A necessidade de maior ou menor acúmulo de frio hibernal varia em função do material genético, estado nutricional e posição das gemas na planta. Gemas axilares, de maneira geral, entram em dormência primeiro, enquanto que as gemas terminais entram em dormência mais tardiamente (MONTEIRO et al, 2004). Para que seja possível o início de um novo ciclo vegetativo na primavera, as frutíferas de clima temperado exigem exposição a uma determinada quantidade de horas-frio, com temperaturas $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$.

O Rio Grande do Sul apresenta grande heterogeneidade climática principalmente em função do relevo, que possui influência direta na temperatura, e também por estar situado em uma região que permite a entrada de frentes frias (MOTA & ZAHLER, 1994).

Werge et al (2003), buscando elaborar um levantamento do acúmulo de horas de frio para o zoneamento agrícola de frutíferas de clima temperado no estado do Rio Grande do Sul confeccionaram o mapa representado pela Figura 1. Neste, é possível identificar que as regiões mais frias localizam-se nos Campos de Cima da Serra, metade leste do Planalto Meridional, Escudo Sul-Riograndense, metade leste da Campanha e extremo sul do estado, locais onde o acúmulo de frio supera 350 horas.

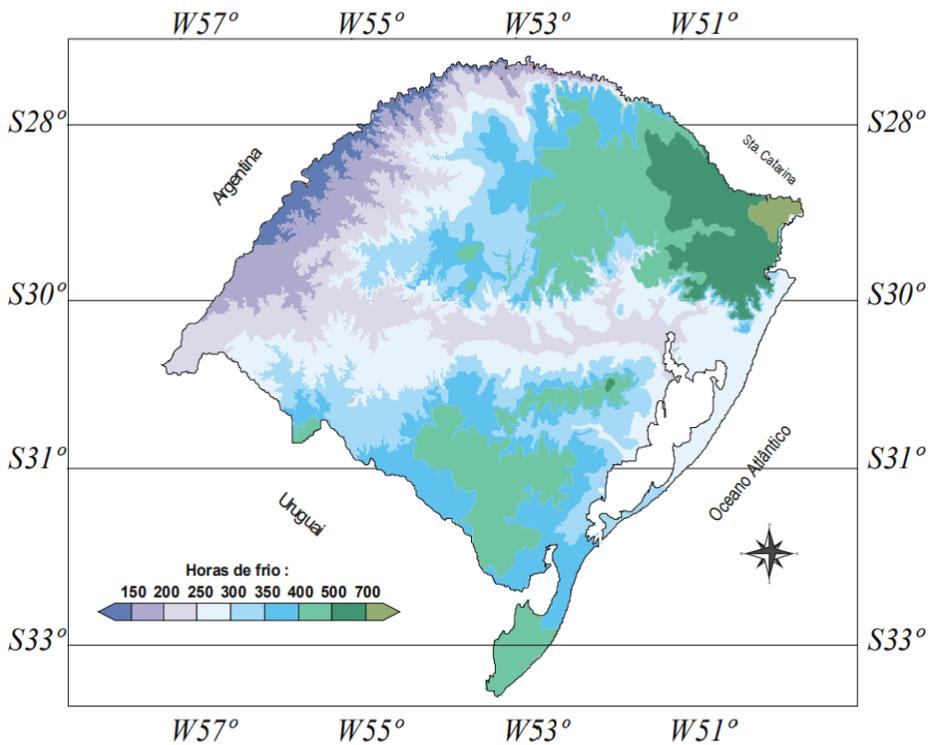


Figura 1: Total de horas de frio (<math><7,2\text{ }^\circ\text{C}</math>) entre maio e setembro no Rio Grande do Sul (WERGE et al, 2003)

O mapeamento realizado por WERGE et al (2003), pode ser utilizado como referência para delimitação da adaptação dos cultivares de mirtilo aos diferentes locais do Rio Grande do Sul quanto ao acúmulo de horas-frio. O requerimento de horas-frio dos principais cultivares com aptidão de produção no Rio Grande do Sul são descritos no Quadro 1.

Grupo	Cultivar	Horas de $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$ (horas)
Northern highbush	Bluecrop ¹	$\cong 800$
	Duke ¹	$\cong 800$
	Elliot ¹	$\cong 800$
Southern highbush	O'Neal ¹	400
	Biloxi ²	<200
	Georgiagem ²	350
	Misty ¹	150
Rabbiteye	Bluegem ³	350-400
	Delite ¹	500
	Brightwell ¹	400-450
	Climax ¹	400
	Powderblue ¹	550-600
	Aliceblue ³	300-400
	Briteblue ¹	$\cong 600$

Quadro 1: Exigência quanto ao acúmulo de horas-frio (horas com temperatura $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$) dos principais cultivares com potencial de exploração no Rio Grande do Sul.

Fontes: ¹ RETAMALES & HANCOCK (2018); ² ANTUNES & BACCAN (2023); ³ LYRENE & BALLINGTON (2006).

Com as exigências quanto ao acúmulo de horas-frio de cada cultivar, é possível concluir que a região dos Campos de Cima da Serra apresenta potencial para o cultivo de genótipos de mirtilo com maior requerimento em horas-frio como, por exemplo, os cultivares Bluecrop, Duke e Elliot que exigem acúmulo próximo a 800 horas de temperatura $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$.

Já na região sul do estado, ANTUNES et al (2008) verificaram a adaptabilidade climática de 8 cultivares do grupo Rabbiteye através de dados fenológicos coletados no município de Pelotas/RS durante três safras. Os cultivares testados foram: Bluebelle, Bluegem, Clímax, Briteblue, Woodard, Delite, Powderblue e Florida. As maiores produtividades foram obtidas pelos cultivares Bluegem, Briteblue e Bluebelle com produtividade média de 2770 kg.ha⁻¹, 3629 kg.ha⁻¹ e 3703 kg.ha⁻¹, respectivamente.

Os municípios de Vacaria e Pelotas são os locais onde o cultivo de mirtilo encontra-se praticamente consolidado, especialmente em função das pesquisas realizadas por instituições públicas e privadas na região. No entanto, é possível observar a expansão deste cultivo para as demais regiões do estado, desde que estas atendam a demanda quanto ao acúmulo de horas-frio.

Uma iniciativa recente quanto à introdução do cultivo de mirtilo em novas regiões do estado ocorreu no ano de 2020 na região do Alto Jacuí, em ação de pesquisa e extensão vinculada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul Campus Ibirubá. Nesta ação, foram implantados três pomares, dois no município de Ibirubá e um no município de Colorado com os cultivares Clímax e Bluegem (GYSI et al, 2020).

Exigências hídricas

Para o mirtilo, a suplementação de água é imprescindível quando a quantidade e frequência de precipitação não atendem as demandas da planta. De acordo com Queiroga et al. (2021), dentre os sistemas de irrigação disponíveis, a irrigação por gotejamento adequa-se à maior parte dos pomares, já que permite a realização do manejo da fertirrigação. No entanto, a irrigação por aspersão também pode ser utilizada como estratégia para redução dos impactos provocados pela geada nos tecidos vegetais (PHILLIPS & WILLIAMSON, 2021).

A necessidade de água varia em função do tamanho, estágio de desenvolvimento, cultivar, densidade de plantas, sistema de produção, condições climáticas e do solo da região. De maneira geral, a demanda por água do mirtilheiro aumenta durante a formação dos frutos na primavera e no verão, durante o período de crescimento do dossel (PHILLIPS & WILLIAMSON, 2021). Ademais, cultivares do grupo Rabbiteye tendem a ser mais tolerantes ao déficit hídrico do que aqueles pertencentes ao grupo Highbush (LYRANE, 2006).

Santos & Raseira (2002) definem que a necessidade semanal de água requerida pelas plantas de mirtilo durante a fase de produção dos frutos pode chegar a 50mm.

FARIAS et al. (2021) analisaram os efeitos de quatro níveis de irrigação (50%, 75%, 100% e 125% da evapotranspiração da cultura ou E_t) em um pomar de mirtilos com cinco anos de implantação e constituído pelo cultivar Tifblue durante as safras de 2012/2013 e 2013/2014. Nestas condições experimentais, os autores obtiveram maior peso por fruto (g), maior produção por planta (kg), maior número de frutos por planta nos tratamentos 125% e 100% da E_t , que corresponderam às lâminas de aplicação médias de 5192 m³ ha⁻¹ safra e 4153 m³ ha⁻¹ safra, respectivamente.

Além da sensibilidade ao déficit hídrico, o mirtilheiro também não tolera ambientes encharcados, deficientes em gás oxigênio (O₂). Considerando que os vegetais consomem O₂ durante a respiração celular para produção de energia, a presença desta substância nos macroporos do solo deve ser suficiente para atender a esta demanda (SILVA et al, 2020).

Os efeitos do encharcamento do solo variam em função da duração, período de desenvolvimento e material genético. Para contornar esta problemática, Queiroga et al (2021) sugerem a construção de camalhões de 0,7-1,0m de largura e 0,30-0,40m de altura os quais podem ser incorporados serragem de pinheiro ou casca de arroz a fim de ampliar a drenagem e aeração do solo.

Exigências de solo e nutrição

Diferente da maioria das espécies vegetais de produção agrícola, o mirtilheiro desenvolve-se melhor em solos leves e ácidos, com valores de pH compreendidos entre 4.5 e 5.5 (JIANG et al, 2019; RETAMALES & HANCOCK, 2018). Quando o mirtilheiro é conduzido em solos com pH elevado, as folhas são pequenas e tornam-se amarelas com as nervuras verdes, ou totalmente amarelas (RETAMALES & HANCOCK, 2018).

JIANG et al (2017) avaliou a resposta de dois cultivares de mirtilos (A119, uma seleção derivada do cultivar Southmoon e o cultivar Clímax) submetidos a diferentes níveis de pH a fim de verificar a tolerância destes dois materiais. O experimento foi conduzido na China, no ano de 2013, em condições ambientais controladas (casa de vegetação), com mudas de um ano. Os tratamentos de pH empregados foram 4.5, 5.3 e 6.0. O crescimento e desenvolvimento de ambos os cultivares foram significativamente inibidos quando submetidos ao pH 6.0. Entretanto, o cultivar Climax demonstrou menor tolerância ao aumento do pH.

Os solos ou substratos podem ser acidificados com enxofre elementar (S) incorporado antes do plantio das mudas ou através do sistema de irrigação com ácido sulfúrico (H_2SO_4) (ALMUTAIRI et al, 2017). A contribuição da aplicação do enxofre elementar para a acidez do solo exige mais tempo e condições de umidade e temperatura adequadas para a redução do pH, já que este processo é catalisado por microrganismos (HOROWITZ & MEURER, 2006).

A exigência por solos ácidos, faz do mirtilheiro uma planta também tolerante à condição de baixa disponibilidade de nutrientes quando comparado com outras frutíferas. Com o pH do solo entre 4.5 e 5.5, a disponibilidade de muitos nutrientes são limitadas, o que reduz a capacidade de absorção de elementos minerais pelas plantas (RETAMALES & HANCOCK, 2018).

Santos et al (2004) definem que, para cultura do mirtilheiro, a extração anual de macronutrientes ocorre na seguinte ordem: nitrogênio > cálcio > potássio > fósforo > magnésio. Retamales & Hancock (2018) afirmam que para a maioria das áreas cultivadas, o nitrogênio é o elemento mais frequente, se não o único, que deve ser aplicado nos pomares de mirtilo. Além disso, apesar de não ser comum, os autores também destacam a necessidade do acompanhamento dos teores de cálcio no solo, já que este elemento influi diretamente na qualidade dos frutos produzidos.

Como fontes nitrogenadas podem ser utilizados uréia e sulfato de amônio $[(NH_4)_2SO_4]$ (SBCS, 2016) ou, em caso de pomares conduzidos em sistema orgânico, esterco animal, adubação verde e resíduos de processos agroindustriais (CASPERSEN et al, 2016). O aporte de cálcio pode ser suprido com a aplicação de gesso (QUEIROGA et al, 2021). Como fonte potássica, recomenda-se a utilização de sulfato de potássio (K_2SO_4) já que o mirtilheiro é sensível à aplicação do sal cloreto de potássio (KCl) (SBCS, 2016).

Os sintomas de deficiência de fósforo são raramente observados no mirtilheiro. Entretanto, se identificada a deficiência deste elemento, a utilização de fosfatos naturais como o superfosfato simples e superfosfato triplo, por exemplo, podem ser utilizados (SANTOS et al, 2004).

DESAFIOS DA PRODUÇÃO DE MIRTILOS NO RIO GRANDE DO SUL

Segundo Antunes e Baccan (2023), um dos desafios que limita a expansão do mirtilo no país diz respeito à introdução de novos genótipos adaptados a regiões de frio ameno, sem a necessidade de importação da genética estrangeira. Ainda segundo os autores, no mercado internacional, há genética disponível, porém, a cobrança de royalties sobre cultivares protegidos onera os produtores brasileiros que ainda não possuem escala para esse tipo de investimento. Para amenizar tal problemática, a Embrapa Clima Temperado na forma de parcerias público-privadas vem tentando estruturar um programa de melhoramento genético brasileiro para a cultura do mirtilo.

Kreling et al (2023) apontam que a baixa disponibilidade e dificuldade de produção de mudas dificultam a expansão do mirtilo como atividade econômica. Dentre as técnicas de propagação, a estaquia herbácea, semi-lenhosa ou lenhosa são as mais utilizadas para a cultura do mirtilo (ANTUNES & RASEIRA, 2006). Todavia, a viabilidade do uso da propagação por estacas depende da capacidade de formação de raízes adventícias da espécie ou cultivar e da capacidade de sobrevivência da planta propagada na área de produção (FACHINELLO et al, 2005).

Além da dificuldade de acesso a novos genótipos e na produção de mudas, a pequena organização do sistema produtivo, bem como, limitações relacionadas à logística para comercialização interna ou externa do fruto são apontados por Hoffmann & Antunes (2007) como fatores mercadológicos que reduzem a capacidade competitiva do Brasil relacionados à produção de mirtilos. A organização dos produtores em associações ou cooperativas são alternativas para oferta de maior volume e frutos de qualidade aos consumidores.

Mesmo após a colheita, as frutas permanecem metabolicamente ativas e, desse modo, estão sujeitas a processos fisiológicos e físicos importantes em pós-colheita, como a respiração e a transpiração (CANTILLANO, 2010). A alta perecibilidade dos frutos de mirtilo também é outro fator que afeta a expansão de novos mercados para esta cultura e, por este motivo, vêm sendo objeto de estudo de inúmeras pesquisas referentes à tecnologia de pós-colheita e armazenamento (BRACKMANN et al, 2010; GALARÇA et al, 2012; STULP et al, 2014).

Desse modo, salienta-se a grande necessidade de divulgação de informações e resultados encontrados sobre essa cultura para que, assim, possa-se difundir o conhecimento e auxiliar os produtores na implementação de pomares de mirtilo no Rio Grande do Sul e demais regiões do país.

CONCLUSÃO

Diante da literatura consultada, é possível concluir que a produção de mirtilos é altamente rentável e promissora para os agricultores familiares do Rio Grande do Sul, que pode representar uma ferramenta importante de diversificação das fontes de renda especialmente de pequenas propriedades rurais. O fruto apresenta propriedades nutraceuticas antioxidantes que podem ser utilizadas para atrair o mercado consumidor e assim, ampliar as possibilidades de comercialização do produto. Entretanto, também deve ser considerado que por se tratar de um cultivo ainda pouco estudado no Brasil e desconhecido por parte dos consumidores, ainda existem limitações que exigem do produtor e das entidades de pesquisa maior atenção.

REFERÊNCIAS

- ABRAFRUTAS, Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frutas e Derivados. **Painéis de produção: Produção de frutas brasileiras por estado**. 2022. Disponível em: <<https://abrafrutas.org/paineis-de-producao/>>.
- AMULTARI, K.F; MACHADO, R. M. A; BRYLA, D; STRIK, B. **Chemigation with Micronized Sulfur Rapidly reduces soil pH in a new plating of northern highbush blueberry**. Hortscience, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.21273/HORTSCI12313-17>
- ANTUNES, L. E. C; BACCAN, R. **Cultivares de mirtilo para a produção em vasos**. EMBRAPA, Circular Técnica 236, 2023. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1152387/1/CIRCULAR-CPACT-236.pdf>>
- ANTUNES, L. E. C & BONOW, S. **Morango: Crescimento Constante em Área e Produção**. Anuário Hortifrutí 2020. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/213216/1/Anuario-HF-2020-LEC-Antunes.pdf>>.
- ANTUNES, L. E. C; GONÇALVES, E. D; RISTOW, N. C; CARPENEDO, S; TREVISAN, R. **Fenologia, produção e qualidade de frutos de mirtilo**. Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira v. 43, 2008. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/pab/a/MhbPdDKnV4KV3rjykCq8B7w/?format=pdf>>
- ANTUNES, L. E. C; PAGOT, E; PEREIRA, J. F. M; TREVISAN, R; GONÇALVES, E. D; VIZZOTTO, M. **Aspectos técnicos da cultura do mirtilheiro**. 2012 Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/68238/1/15834.pdf>>
- ANTUNES, Luis Eduardo Corrêa. **Pequenas frutas: Estratégias para o desenvolvimento**. Embrapa Clima Temperado, 2013. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/87256/1/Digitalizar0007.pdf>>.
- ANTUNES, L. E. C; RASEIRA, M. do C. B. **O cultivo do mirtilo (Vaccinium sp.)**. Embrapa Clima Temperado, 2006. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/46565/1/sistema-08.pdf>>.
- BRACKMANN, A; WEBER, A; GIEHL, R. F. H; EISERMANN, A. C; SAUTTER, C. K; GONÇALVES, E. D; ANTUNES, L. E. C. **Armazenamento de mirtilo 'Bluegem' em atmosfera controlada e refrigerada com absorção e inibição do etileno**. Revista Ceres, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2010000100002>

BRAZELTON, D.; STRIK, B. C. **Perspective on the U.S. and Global Blueberry industry.** Journal of the American Pomological Society, v. 61, n. 3, p. 144- 147, 2007.

CAMINITI, A.; SILVEIRA, C. A. P.; ANTUNES, L. E. C.; POTES, M. da L.; PAGOT, E. **Técnicas de produção de framboesa e mirtilo.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA, 2016. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/158076/1/Tecnicas-de-Producao-de-Framboesa-e-Mirtilo-Incluido.pdf>>.

CANTILLANO, R. F. F. **Pequenas Frutas: Manuseio e Qualidade Pós-colheita.** Embrapa Clima Temperado, 2011. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/952871/1/Documento338.pdf>>

CANTUARIAS-AVILÉS, T. SILVA, S. R. da; MEDINA, R. B.; MORAES, A. F.; ALBERTI, M. F. Cultivo do Mirtilo: **Atualizações e desempenho inicial de variedades de baixa exigência em frio.** ESALQ, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbf/a/cG47Fsqm583VwcmNtb8KQWv/?format=pdf&lang=pt>>.

CASPERSEN, S; SVENSSON, B; HAKANSSON, T; WINTER, C; KHALLI, S; ASP, H. **Blueberry - Soil interactions from an organic perspective.** Scientia Horticulturae, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.04.002>

CEASA, CENTRAL DE ABASTECIMENTO DO RIO GRANDE DO SUL. Cotação 29/05/2024. Disponível em: <<https://ceasa.rs.gov.br/cotacao-29-05-2024/>>.

CONCHA-MEYER A, EIFERT JD, WILLIAMS RC ET AL (2015). **Shelf life determination of fresh blueberries (*Vaccinium corymbosum*) stored under controlled atmosphere and ozone.** Int J Food Sci. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/164143>

EMATER/RS-ASCAR. **Levantamento da Fruticultura Comercial do Rio Grande do Sul - 2023.** Disponível em: <https://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/safra/safraTabela_12032024.pdf>.

EREZ, A. **Bud dormancy; phenomenon, problems and solutions in the tropics and subtropics.** In: EREZ, A. Temperate Fruit Crops in Warm Climates. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000.

FACHINELLO, J. C; HOFFMANN, A.; NACHTGAL, J. C.; KERSTEN, E. **Propagação vegetativa por estaquia.** In: FACHINELLO, J. C. et al. Propagação de plantas frutíferas. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2005. p.69-109.

FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E. **Fruticultura: Fundamentos e Prática.** Embrapa Clima Temperado, 2008. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/fruticultura/files/2017/05/Livro-de-Fruticultura-Geral.pdf>>.

FACHINELLO, J. C; PASA, M. S.SCHMITZ, J. D; BETEMPS, D. L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. Revista Brasileira de Fruticultura, 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbf/a/SXWHsCGHCt3dmrYpHzTd3Sk/?format=pdf&lang=pt>>.

FACHINELLO, José Carlos. **Mirtilo.** Revista Brasileira de Fruticultura, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbf/a/7fR3MYFJZPqJ4pYF3hvFt9h/?format=pdf&lang=pt>>.

FARIAS, S. O.; MEZA, S. E.; OLIVARI, R. L.; ALMAN, M. A.; BENAVIDES, M. C. **Effects of different irrigation levels on plant water status, yield, fruit quality, and water productivity in a drip-irrigated blueberry orchard under Mediterranean conditions.** DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106805>

FEIX, Rodrigo Daniel; JUNIOR, Sérgio Leusin; BORGES, Bruna Kasprzak. **Painel do Agronegócio do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2021.** Disponível em: <<https://dee.rs.gov.br/upload/arquivos/202109/08175413-painel-do-agronegocio-do-rio-grande-do-sul-2021-2.pdf>>.

FONSCECA, L. L. da; OLIVEIRA, P. B. de. **A planta de mirtilo: morfologia e fisiologia.** 2007. Disponível em: <https://www.inia.vpt/images/publicacoes/livros-manuais/planta_mirtilo_morfoogia_fisiologia.pdf>.

GALARÇA, S. P.; CANTILLANO, R. F. F.; SCHUNEMANN, A. P. P.; LIMA, C. S. M. Efeito do armazenamento em atmosfera controlada na qualidade pós-colheita de mirtilos “Bluegem” produzidos no Brasil. 2012. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/953359/efeito-do-armazenamento-em-atmosfera-controlada-na-qualidade-pos-colheita-de-mirtilos-bluegem-produzidos-no-brasil>>

GALLETTA, G.J.; BALLINGTON, J.R. **Blueberry, cranberries and lingonberries** In: JANICK, J.; MOORE, J.N. Fruit breeding. New York: J. Wiley & Sons, 1996.

GONÇALVES, S. L.; LYNCH, J. P. **Pelos radiculares: seleção de genótipos em soja, girassol e trigo.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 2014. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/109137/1/Boletim-PD-7.pdf>>.

GYSI, T; HENN, J. R; CASSEL, J. L; SANTOS, D. B. dos; PIMENTA, B. D. **Cultivo de Mirtilo (Vaccinium sp) na região do Alto Jacuí.** 9º Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica do IFRS. Disponível em: <https://eventos.ifrs.edu.br/index.php/Salao_IFRS/5salao/paper/viewFile/9406/4531>.

HAWERROTH, Fernando José. **Panorama do cultivo de frutíferas de clima temperado no Rio Grande do Sul.** Associação gaúcha dos produtores de maçã. Agapomi, 348º edição, 2023. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1153827>>.

HOFFMANN, A; ANTUNES, L. E. C. Mirtilo: Grande potencial. Revista da Maçã, 2007. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/542070/1/90622007p.2225.pdf>>.

HOROWITZ, N; MEURER, E. J. **Oxidação do enxofre elementar em solos tropicais.** Revista Ciência Rural, Santa Maria, 2006. DOI: <https://www.scielo.br/j/cr/a/37D6GhpBmJ8w6fykbzkgQ8Q/?format=pdf&lang=pt>

IBGE, Instituto Brasileiro de Pesquisa Agropecuária. Censo Agropecuário 2017. **Tabela 6848: Número e tamanho dos estabelecimentos agropecuários.** Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6848#resultado>>.

JOÃO et al. **Levantamento da Fruticultura Comercial do Rio Grande do Sul.** EMATER/RS-Ascar, Escritório Regional de Bagé, 2002. Disponível em: <<https://www.bibliotecaagp.tea.org.br/agricultura/fruticultura/livros/LEVANTAMENTO%20DA%20FRUTUICULTURA%20COMERCIAL%20NO%20RIO%20GRANDE%20DO%20SUL.pdf>>.

JIANG, Y; ZENG, Q; WEI, J; JIANG, LI, Y; CHEN, J; YU, H. **Growth, Fruit Yield, Photosynthetic Characteristics, and Leaf Microelement Concentration of Two Blueberry Cultivars under Different Long-Term Soil pH Treatments.** Agronomy, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9070357>

JIANG, Y; ZENG, Q; WEI, J; JIANG, LI, Y; YU, H. **The effect of soil pH on plant growth, leaf chlorophyll fluorescence and mineral element content of two blueberries.** Acta Horticulturae, 2017. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1180.36>

KRELING, B. E; DIERINGS, T. C; TONET, C; COSSUL, F. A; TIEMANN, F. D. R; MOREIRA, J; PIMENTA, B. D. **A cultura do mirtilheiro: Uma revisão sobre aspectos da propagação assexuada.** Editora Atena, Ciências Agrárias: Estudios sistemáticos y investigación avanzada. ISBN: 978-65-258-1158-1

LAMARCHE, Hughes. **A agricultura familiar: comparação internacional.** Volume I: Uma realidade Multiforme. Tradução: Ângela Maria Naoko Tijiwa. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 1993.

LYRENE, P. M.; BALLINGTON, J. R. **Varieties and their characteristics.** In: CHILDERS, N. F.; LYRENE, P. M. Blueberries for growers, gardeners and promoters. Gainesville, Florida: Dr. Norman F. Childers, 2006.

LYRANE, Paul. **Breeding southern highbush and rabbiteye blueberries.** University of Florida, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.715.1>>.

SANTOS, A. M. dos; RASEIRA, M. C. R. **O cultivo de mirtilo.** Embrapa Clima Temperado, 2002. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/744138/1/documento96.pdf>>.

MATZENAUER, R et al. **Horas de frio no estado do Rio Grande do Sul.** Revista de Pesquisa Agropecuária Gaúcha, 2005. Disponível em: <http://www.fepagro.rs.gov.br/upload/1398796957_art09.pdf>.

McGREGOR, S.E. **Insect pollination of cultivated crop plants.** Washington: USDA, 1976. p.411. (Agriculture Handbook, 496)

MONTEIRO, L.B.; MIO, L.L.M.D.; SERRAT, B.M.; MOTA, A.C.; CUQUEL, F.L. **Fruteiras de caroço: uma visão ecológica.** Curitiba: UFPR, 2004. p.119-127

MOTA, F.S. da; ZÄHLER, P.J.M. **Clima, agricultura e pecuária no Rio Grande do Sul.** Pelotas: Mundial, 1994. p.166.

MOURA, Gisely Correa. **Aspectos de manejo e cultivares de mirtilo: qualidade e produtividade.** Tese para obtenção do título de doutor. Universidade Federal de Pelotas, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufpel.edu.br/bitstream/handle/123456789/1154/tese_gisely_correa_de_moura.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

PADMANABHAN, P; CORREA-BETANZO, J; PALYATH, G. **Berries and related fruits.** University of Guelph, Canada. Elsevier, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00060-X>

PERTUZATTI, P. B. et al. **Antimicrobial activity and differentiation of anthocyanin profiles of rabbiteye and highbush blueberries using HPLC–DAD–ESI-MS n and multivariate analysis.** Journal of Functional Foods, v.26, p.506–516, out. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.07.026>

PESCIE, M. A; FRADKIN, M; LAVADO, R. S; CHIOCCHIO, V. **Endophytic fungi in blueberry cultivars, in three production areas of Argentina,** 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2021.101662>

PETRI, J. L.; SEZERINO, A. A.; HAWERROTH, F. J.; PALLADINI, L. A.; LEITE, G. B.; MARTIN, M. S. **Dormência e indução à brotação de árvores frutíferas de clima temperado**. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Florianópolis, 2021. Disponível em: <<https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BT/article/view/1174/1044>>.

PHILLIPS, D. A.; WILLIAMSON, J. G. **Irrigation Practices for Southern Highbush Blueberry in Florida**. IFAS Extension, 2021. DOI: <https://doi.org/10.32473/edis-HS1432-2021>

QUEIROGA, V. de P.; GOMES, J. P.; NETO, A. F.; QUEIROZ, A. J de M. **Mirtilo (*Vaccinium spp.*): Tecnologias de plantio em regiões serranas**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/354697031_MIRTILO_Vaccinium_spp_TECNOLOGIAS_DE_PLANTIO_EM_TIPICAS_REGIOES_SERRANAS_Editores_Tecnicos>.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. **Lei N°11.326 de 24 de junho de 2006**. Brasil, 2006. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11326.htm>.

RETAMALES, Jorge B.; HANCOCK, James. **Crop production science in horticulture: blueberries**. 2ª edição, 2018. 409p.

SANTOS, A. M. dos; FREIRE, C. J. da S; GONÇALVES, E. D; COUTINHO, E. F; HERTER, F. G. **A cultura do mirtilo**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2004. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/744895/1/documento121.pdf>>.

SANTOS, L. F. dos. **Fenologia do *Vaccinium corymbosum* cv Duke em várias regiões de Portugal Continental**. Universidade do Porto, Faculdade de Ciências, 2015. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/83421/2/127590.pdf>>.

SBCS, SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Comissão de Química e Fertilidade - RS/SC, 2016. p. 214

SILVA, F. G. da; JUNIOR, R. N. A; MESQUITA, R. O; MARQUES, E. da S.; MOTA, J. C. **A. Gas exchanges and growth of maize as affected by aeration porosity and soil compaction**. Revista Ciência Agronômica, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rca/a/rhRQWndsn94CVrKLXX5hpbR/?format=pdf&lang=en>>.

SILVEIRA, T. M. T. da; RASEIRA, M. do C.; NAVA, D. E.; COUTO, M. **Blueberry pollination in southern Brazil and their influence on fruit quality**. Revista Brasileira de Fruticultura, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011005000041>

STULP, M; GNAS, B. B. B; CLEMENTE, E. **Conservation and nutritional quality of blueberry treated with eatable covering**. Ciência e Agrotecnologia, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000400006>

WERGE, M. S; HERTER, F. G; STEINMETZ, S. **Mapeamento das horas de frio para frutíferas de clima temperado no estado do Rio Grande do Sul**. Embrapa Clima Temperado, 2003. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/143042/1/CBAgro13-2003-Mapeamento-880.pdf>>.

TEORES DE CROMO EM SOLOS, SEDIMENTOS E ÁGUAS EM ÁREAS AGRÍCOLAS DO MUNICÍPIO DE BOM RETIRO - SC

Acceptance date: 01/07/2024

Daniely Neckel Rosini

Guilherme de Lima Steffens

Valter Antonio Becegato

RESUMO: Atualmente, a contaminação de recursos naturais por metais, resultado das atividades humanas, é um grave problema ambiental. Entre os elementos-traço, o cromo (Cr) se destaca devido à sua toxicidade e ampla utilização industrial. O objetivo deste estudo foi quantificar as concentrações de Cr em solos, águas e sedimentos agrícolas no município de Bom Retiro, localizado na Serra Catarinense, que se destaca pelas atividades agropecuárias. Um total de 85 amostras de solo, água e sedimento foram coletadas e analisadas o pH e os teores de Cr. Os dados foram comparados com as normas ambientais, as resoluções CONAMA 420/2009 e 454/2012 para solos e sedimentos, e 357/2005 para águas. As amostras de solos e sedimentos apresentaram teores de Cr dentro dos limites legais. No entanto, 14 amostras de água excederam o limite permitido para Cr, destacando a necessidade de monitoramento contínuo e mitigação de

fontes poluidoras. A retenção de metais no solo pode afetar ecossistemas, com riscos de bioacumulação e magnificação trófica, impactando a saúde humana e ambiental. Portanto, há a necessidade de estratégias de manejo sustentável para reduzir a poluição por metais pesados em áreas agrícolas.

PALAVRAS-CHAVE: Cromo, Metais pesados, Áreas agrícolas.

ABSTRACT: Currently, the contamination of natural resources by metals, resulting from human activities, is a serious environmental problem. Among trace elements, chromium (Cr) stands out due to its toxicity and widespread industrial use. The objective of this study was to quantify the concentrations of Cr in soils, waters, and agricultural sediments in the municipality of Bom Retiro, located in the Serra Catarinense region, known for its agricultural activities. A total of 85 samples of soil, water, and sediment were collected and analyzed for pH and Cr content. The data were compared with environmental standards, specifically CONAMA resolutions 420/2009 and 454/2012 for soils and sediments, and 357/2005 for waters. Soil and sediment samples showed Cr levels within legal

limits. However, 14 water samples exceeded the allowed limit for Cr, highlighting the need for continuous monitoring and mitigation of pollutant sources. The retention of metals in soil can affect ecosystems, with risks of bioaccumulation and trophic magnification, impacting human and environmental health. Therefore, sustainable management strategies are needed to reduce heavy metal pollution in agricultural areas.

KEYWORDS: Chromium, Heavy metals, Agricultural áreas.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o mundo está repleto de problemas ambientais e um destes problemas está relacionado à contaminação dos recursos naturais por metais devido às atividades humanas (MAHLER et al., 2012). O desenvolvimento das atividades antrópicas causa diversos impactos ao meio, dentre esses impactos está a contaminação por metais (ALLOWAY; AYRES, 1997). A forma de exploração dos recursos naturais pelos seres humanos tem impactado na qualidade das águas, dos sedimentos, dos solos e do ar (TEODORO; SANTOS, 2011; BETEMPS et al., 2014).

Dentre as diversas atividades antrópicas passíveis de alterar a paisagem, algumas delas, como agricultura e mineração podem liberar uma série de metais pesados para o meio ambiente (MANGAS-SUAREZ et al., 2023). Dentre os principais metais pesados, o cromo se destaca por ser um poluente advindo de diversas fontes poluidoras e possuir um sistema quimicamente complexo, onde um grande número de reações podem ocorrer simultaneamente (ALMODOVAR, 2000).

O cromo (Cr) é um elemento sólido em temperatura ambiente, com ponto de fusão de 1.907°C (IUPAC, 2018). É essencial para o ser humano, mas pode ser extremamente tóxico, dependendo da forma em que é encontrado. Os compostos de cromo (III) não são considerados um risco para a saúde, são elementos essenciais, encontrados naturalmente no ambiente (QUADRO et al., 2018). Enquanto os compostos de cromo (0) e cromo (VI) possuem facilidade de penetrar nas células, são geralmente produzidos por processos artificiais, através das indústrias de couro e nas ligas metálicas (RUPPENTHAL, 2013; QUADRO et al., 2018). Os compostos de cromo (VI) são altamente tóxicos para as plantas e animais e carcinogênicos e mutagênicos para os humanos, irritam os olhos, a pele e as mucosas, sendo a dose letal de apenas algumas gramas (CHEN et al., 2018; CHOUDHARY; PAUL, 2018; PANG et al., 2018; VINCENT, 2018).

Os compostos de cromo podem causar efeitos cutâneos, com irritação no dorso da mão e nos dedos, podendo causar úlceras; nasais, com irritação e inflamação; pulmonares, com irritação bronquial e alteração da função respiratória; gastrointestinais, através da formação de úlceras; renais e carcinogênicos (BOETCHER, 2008). A principal forma de absorção do cromo é por meio dos pulmões, mas pode acontecer também através da pele, de onde é levado por meio do sangue a vários órgãos do corpo, onde se concentram principalmente nos rins, fígado, baço e pulmão (RUPPENTHAL, 2013).

Diante deste contexto, o objetivo deste estudo foi quantificar as concentrações de Cr presentes nos solos, nas águas e nos sedimentos em áreas agrícolas no município de Bom Retiro/SC.

METODOLOGIA

Local de estudo

Bom Retiro é uma cidade da microrregião serrana de Santa Catarina, com 8.942 habitantes e uma área de 1.056 km², localizada na latitude 27°47'50" sul, na longitude 49°29'21" oeste e altitude média de 890 metros (Figura 1) (IBGE, 2010). O município ocupa a posição 1.934º no Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) 2010 (PNUD, 2010). Os municípios limítrofes são Alfredo Wagner, Bocaina do Sul, Rio Rufino, Urubici, Anitápolis, Chapadão do Lageado, Otacílio Costa e Petrolândia (IBGE, 2010).

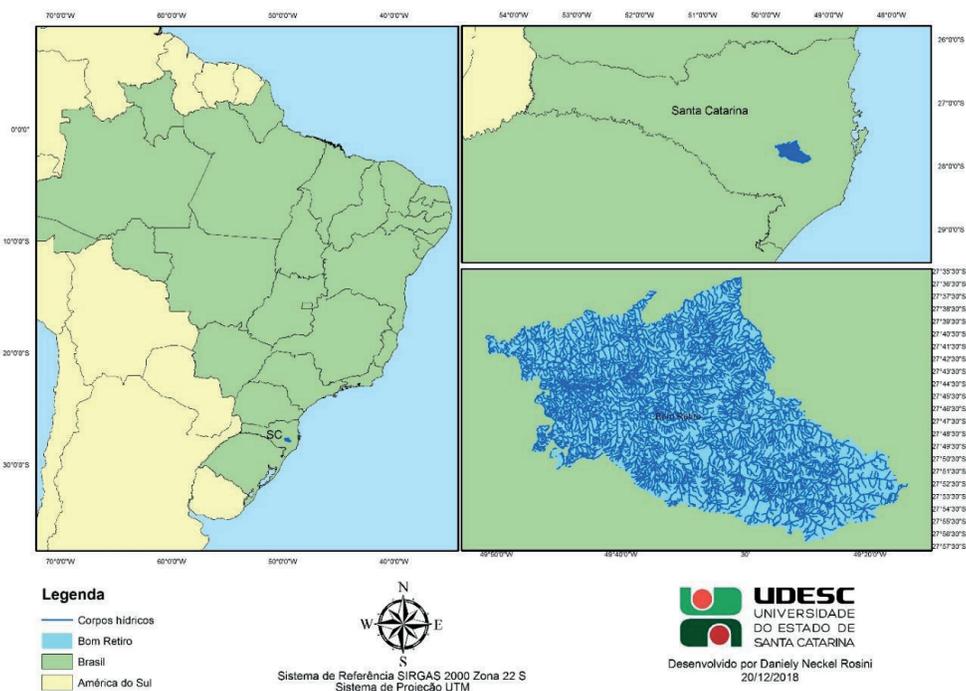


Figura 1 – Localização do município Bom Retiro/SC e corpos hídricos.

O município está inserido no bioma Mata Atlântica e na Floresta Ombrófila Mista e de Savana (ROCHA et al., 2014). Bom Retiro é um dos pequenos municípios brasileiros que possuem muitas famílias que sobrevivem da agricultura, sendo que cerca de 30% da população reside em área rural, conforme dados do IBGE (2010).

A economia do município concentra-se, principalmente, nas atividades agrícolas e pecuárias, entre elas destaca-se as culturas de maçã (40.968 t/ano), milho (15.360 t/ano), cebola (15.200 t/ano) e tomate (4.800 t/ano) (IBGE, 2010). Tais espécies necessitam do uso de agrotóxicos e fertilizantes, que por vezes, são utilizados de maneira indiscriminada, ocasionando a contaminação ambiental na região e conseqüentemente, gerando muitos impactos para a vida das pessoas.

O município de Bom Retiro está inserido na seqüência estratigráfica gonduânica da Bacia Sedimentar do Paraná. Esta bacia é formada por rochas sedimentares e vulcânicas originadas entre o Siluriano e o Cretáceo. A espessura máxima das rochas está em torno de 5.000 m (BORTULOZZI, AWDZIEJ; ZARDO, 1987).

O substrato geológico de Bom Retiro é composto por rochas sedimentares paleozoicas e mesozoicas e rochas vulcânicas mesozoicas. As unidades litoestratigráficas presentes no município são: Formação Rio do Sul, Formação Rio Bonito, Formação Irati, Formação Serra Alta, Formação Teresina, Formação Rio do Rastro, Formação Botucatu e Formação Serra Geral (Figura 2) (ROCHA; MARIMON, 2014).

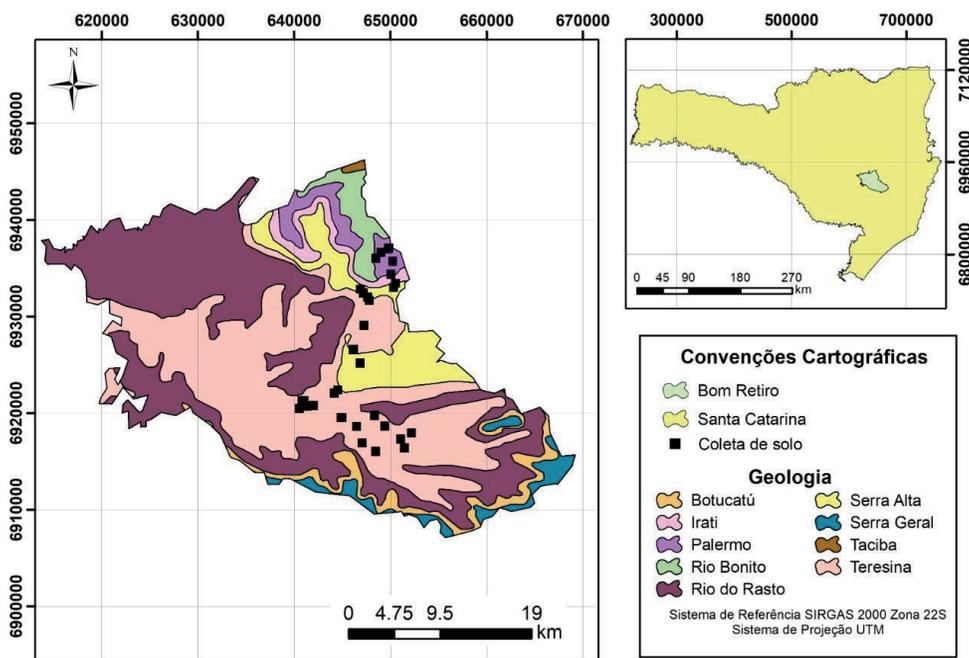


Figura 2 - Geologia do município de Bom Retiro - SC

Fonte: Elaborado pela autora com base em IBGE (2000), 2024.

A maior parte do município de Bom Retiro está localizado na bacia do rio Canoas, vertente do interior e uma menor parte pertence à bacia do Rio Itajaí do Sul, vertente atlântica. As ações pluviais e fluviais são as principais fontes erosivas que definem os divisores de água (ROCHA; MARIMON, 2014).

O solo de Bom Retiro é heterogêneo e está associado ao relevo e à cobertura vegetal (Figura 3). As principais classificações são: Cambissolos háplicos e húmicos, Argissolos vermelho-amarelo e Neossolos litólicos. O relevo é constituído de superfícies onduladas e montanhosas e serra geral (Figura 4) (ROCHA; MARIMON, 2014).

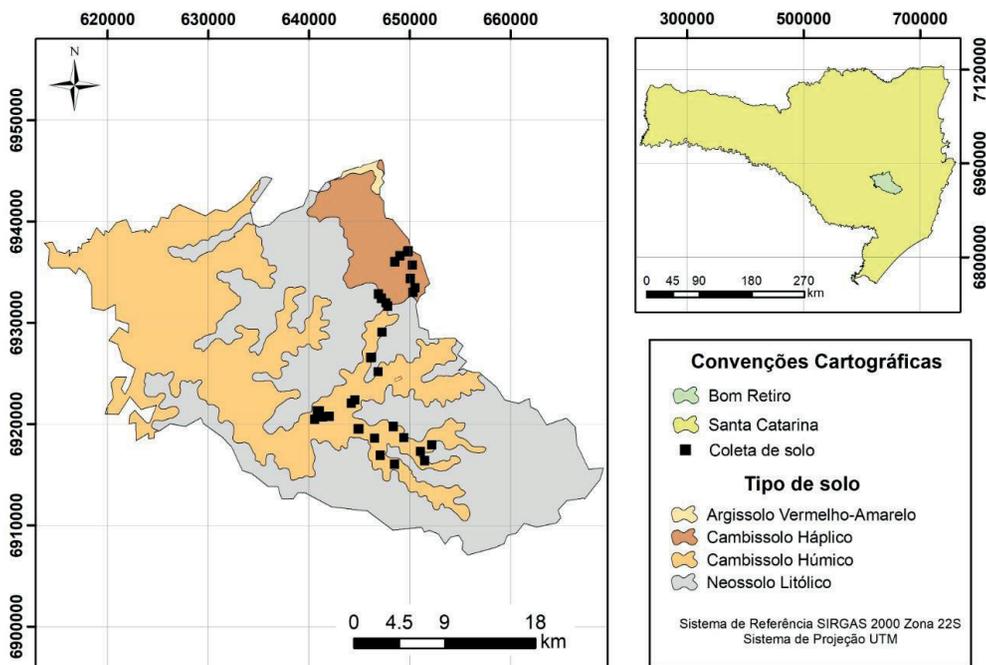


Figura 3 - Tipos de solo da área de estudo

Fonte: Elaborado pela autora com base em EPAGRI (2004), 2024.

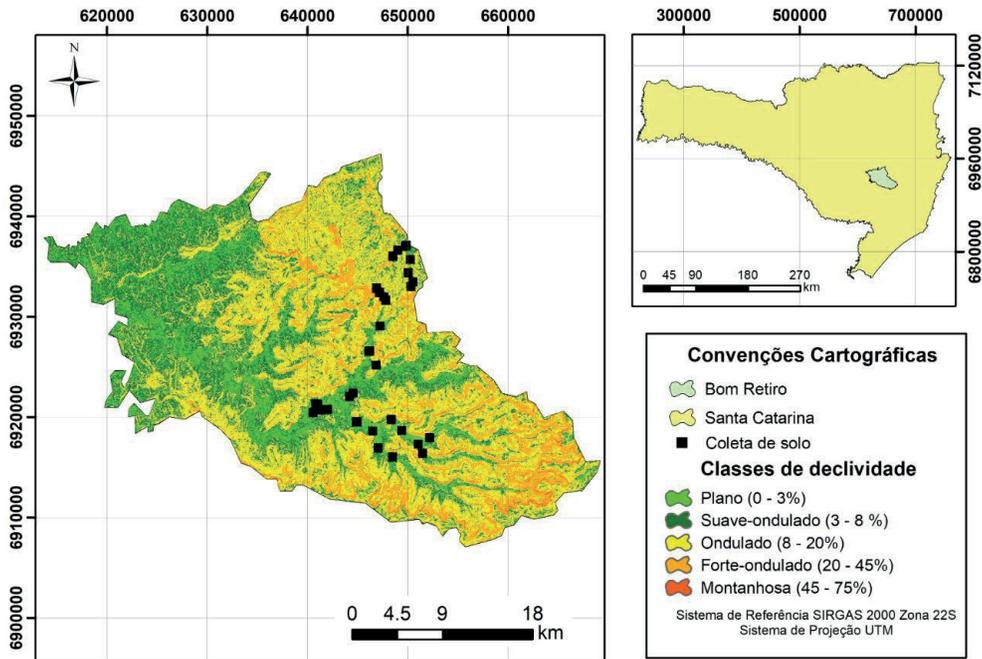


Figura 4 - Mapa de declividade no município de Bom Retiro-SC.

Fonte: Elaborado pela autora com base em IBGE (2000), 2024.

As massas de ar que atuam no estado de Santa Catarina são a tropical atlântica, polar atlântica, tropical continental e equatorial continental (OMETTO, 1981). O município de Bom Retiro está inserido em área de interferência do clima mesotérmico úmido, com verão fresco, sem estação seca, com amplitude térmica entre inverno e verão. Bom Retiro não possui uma estação menos chuvosa definida, as chuvas acontecem durante o ano todo. As estações são bem definidas, sendo que nos meses de junho e julho são registradas as menores temperaturas e em dezembro e janeiro as maiores. Em 2018, a mínima foi de -2°C e a máxima 34°C .

A área de estudo foi escolhida devido à localização das áreas produtoras de alimentos. As regiões da Santa Clara, Paraíso da Serra e Campo Novo (ST1, ST2, ST3 e S6 a S21) apresentam intenso plantio de milho para sustentar o gado leiteiro ou de corte, além disso, apresentam também cultivo de tomate e repolho. As regiões do Matador, Costão do Frade, Laranjeiras e Barbaquá (ST4, ST5, S22 a S35) se caracterizam pelo cultivo de cebola e milho, em diferentes épocas do ano.

Análise dos solos e sedimentos

Foi realizada coleta de solo no dia 08 de novembro de 2018. As 35 amostras de solo foram coletadas de acordo com a NBR 15.492 (ABNT, 2007) a uma profundidade de 20 cm utilizando trado holandês e acondicionadas em embalagens plásticas, rotuladas e encaminhadas para o laboratório.

Os sedimentos foram coletados nos dias 06 e 07 de dezembro de 2018 em 25 pontos nas margens dos corpos hídricos em uma na profundidade de 0-20 cm (ABNT, 2007). Cada ponto teve as amostras homogêneas e retirado uma parte para análise. Estas foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente rotulados e encaminhados para o laboratório.

As amostras foram destorroadas e secas em estufa a 45°C (DONAGEMA, 2011). Foram peneiradas objetivando granulometria de 500 mesh equivalente a 0,025 mm/ μm , já que as frações com diâmetro menor que 0,062 mm têm maior tendência em adsorver metais devido a maior razão área superficial do grão. Foram realizadas análises do potencial hidrogeniônico das amostras, por meio da sonda multiparâmetro portátil HI 98194, marca Hanna, em todas as amostras de solos e sedimentos (DONAGEMA, 2011).

O método 3050 B (APHA, 2012) serviu como base para a digestão das amostras com ácido nítrico (HNO_3), ácido clorídrico (HCl) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) da marca Merck para determinação da concentração do Cr. As determinações dos metais no solo foram feitas em triplicata e uma amostra em branco para o controle de qualidade. A determinação dos metais foi realizada pelo método da chama direta de ar/acetileno, por meio do Espectrofotômetro de Absorção Atômica de Fonte Contínua de Alta Resolução, marca Analytik Jena AG, modelo contraAA 700. Soluções padrões dos metais de interesse foram utilizadas para a calibração do equipamento, com curvas de calibração apropriadas, preparadas por meio de soluções estoques.

Análise da água

As amostras de água foram coletadas nos dias 06 e 07 de dezembro de 2018 levando em consideração os níveis pluviométricos. Foram analisadas 25 amostras de água, onde foram aferidas as variáveis em triplicatas e os valores anotados (ABNT, 1987). Com a sonda multiparâmetro portátil HI 98194, marca Hanna, o potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado *in loco*.

A determinação da concentração de metais das 25 amostras de água coletadas dos rios, seguiu os métodos descritos no Standard Methods for the Examination of Water Wastewater (APHA, 2012). O método 3030 E (APHA, 2012) serviu como base para realização da digestão das amostras. Esse método consiste na digestão lenta da amostra ácida para Espectrometria de Absorção Atômica de Alta Resolução com Fonte Contínua (AR-FC EAA), sendo aplicada a abordagem para analitos de alto nível ($>0,1$ mg/L).

Para isso, foi transferido 100 mL de amostra para um erlenmeyer e adicionados 5 mL de ácido nítrico (HNO_3) com padrão analítico (marca Merck), para fazer o processo de digestão das amostras, que foram aquecidas progressivamente em chapa até 95°C, mantendo-se em refluxo até que as alíquotas se reduzissem ao menor volume possível (± 15 mL) e concluir o processo de digestão. Depois, as alíquotas foram resfriadas, o volume completado com água ultrapura (18,3 M Ω /cm) para 100 mL e armazenadas em frascos âmbar, de modo a evitar possíveis alterações devido a incidência de luz.

Com o método da chama de direta ar/acetileno, método 3111 B (APHA, 2012) foi realizada a determinação dos metais, por meio de Espectrometria de Absorção Atômica de Alta Resolução com Fonte Contínua (AR-FC EAA), utilizando o equipamento Espectrofotômetro de Absorção Atômica de Fonte Contínua de Alta Resolução, marca Analytik Jena AG, modelo ContrAA 700, que foi calibrado em soluções padrões de acordo com os metais de interesse.

Análise dos dados

Os dados oriundos das análises de solo foram comparados com a Resolução CONAMA nº 420 (BRASIL, 2009), que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas com base em valores orientadores de referência de qualidade (VRP), de prevenção (VP) e investigação (VI), dividindo-os em quatro classes. O VRQ (valor de referência de qualidade) deve ser definido pelo órgão estadual de meio ambiente e caracteriza as concentrações naturais dos metais no solo, que variam de região para região. O VRP é a concentração máxima do elemento no solo, que pode ser usado para fins agrícolas. O VI (valor de intervenção) indica que o solo está contaminado (BRASIL, 2009).

Após as análises de sedimentos, os resultados foram comparados com a resolução CONAMA nº 454 (BRASIL, 2012). A resolução CONAMA 454 (BRASIL, 2012) estabelece as diretrizes e procedimentos para o gerenciamento de material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Essa resolução estabelece a classificação em dois níveis. No nível 1, limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota e no nível 2, há maior probabilidade.

A CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo, possui um guia que permite avaliar contaminantes e define as maiores concentrações permitidas para que não causem efeito adversos nos organismos. O Guia de Critérios para Avaliação da Qualidade dos Sedimentos define valores para concentração de metais que classificam a qualidade em ótima, boa, regular, ruim e péssima (Tabela 1) (CETESB, 2010).

	Parâmetros				
	Ótima	Boa	Regular	Ruim	Péssima
	(mg/kg)				
Cromo	< 37,3	37,3 – 63,7	63,7 – 90,0	90,0 – 135,0	> 135,0

Tabela 1 - Classificação dos sedimentos pela CETESB referente à concentração de metais pesados.

Fonte: Elaborado pela autora com base em CETESB (2010), 2024.

Os resultados da água obtidos foram comparados com a resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005), que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água em treze classes de qualidade. As águas doces são classificadas em classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4 (Tabela 2). Além disso, estabelece parâmetros para essa classificação em relação aos metais tóxicos (Tabela 3).

Classificação	Destinação das águas
Classe especial	Ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe I	Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
Classe II	Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca.
Classe III	Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais.
Classe IV	À navegação e à harmonia paisagística.

Tabela 2 - Classificação das águas doces segundo a resolução CONAMA no 357 de 2005.

Fonte: Elaborado pela autora com base na Resolução CONAMA no 357 (2005), 2024.

Metais	Classe Especial	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Cromo	0,050	0,050	0,050	0,050	*

* Não possui valor de referência definido na legislação.

Tabela 3 - Valores máximos permitidos em mg/L de metais tóxicos para classificação das águas segundo a resolução CONAMA no 357 de 2005.

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

As análises estatísticas dos dados foram realizadas em planilha eletrônica, gerando-se a média, mediana, mínimo, máximo, desvio padrão, coeficiente de variação, assimetria e curtose. Além disso, foi realizada a análise de correlação de Pearson das variáveis, sendo estabelecido de 0,10 a 0,29 como fraca, 0,30 a 0,49 correlação moderada e 0,5 a 1,0 forte (RIBEIRO et al., 2017).

DISCUSSÃO E RESULTADOS

Em sete pontos de coleta de solos foram encontradas pequenas concentrações de cromo (Figuras 5 e 6), muito abaixo do que está determinado como limite pela legislação ambiental para o valor de prevenção, que é de 75 mg kg^{-1} (BRASIL, 2009).

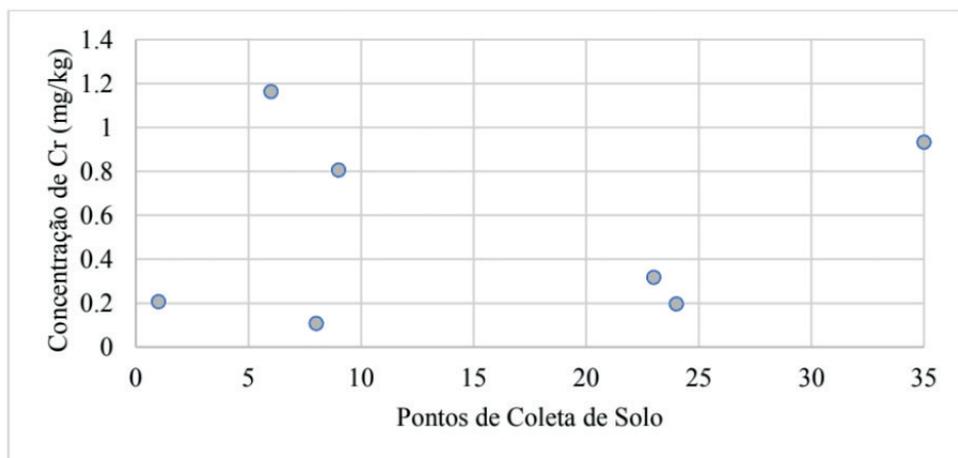


Figura 5 – Concentração de cromo nas amostras de solo analisadas.

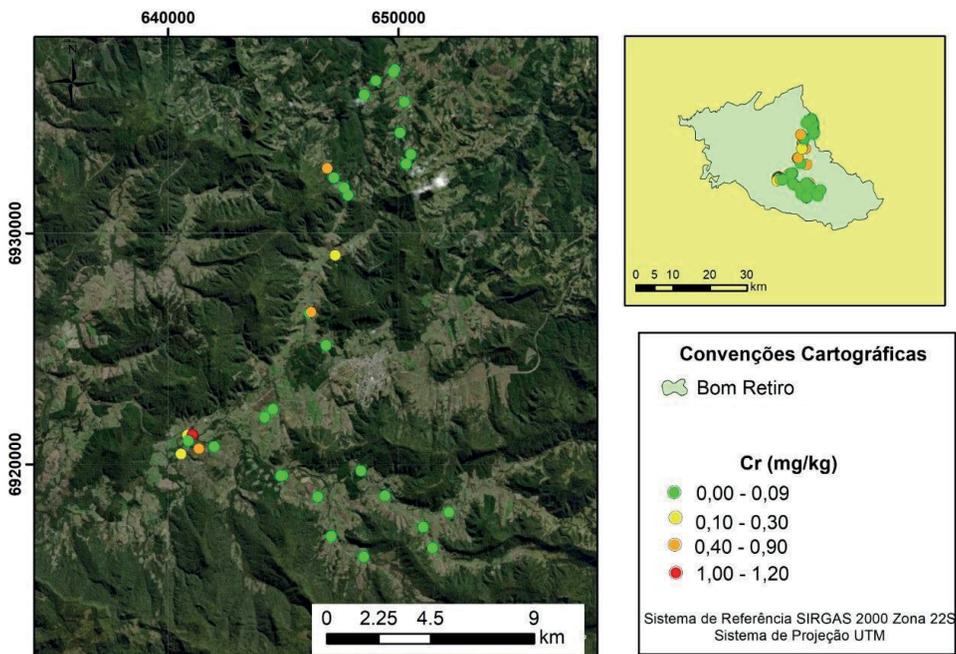


Figura 6 – Concentração de cromo nos pontos de coleta de solo.

O pH dos solos na área de estudo variou de 4,37 a 7,59 (Figura 7). Houve uma baixa correlação (0,05) entre o Cr e o pH do solo, que pode ser por causa das baixas concentrações do metal. Quando o Cr^{6+} é reduzido a Cr^{3+} , ele, que era fracamente adsorvido e relativamente móvel no solo, passa a ser pouco móvel, pois é fortemente adsorvido aos colóides do solo (MEURER, 2006). O solo tem capacidade acentuada de retenção de metais. Altas concentrações de metais podem afetar os ecossistemas associados com a transferência de metais do solo para os demais ambientes. A lixiviação pode causar a contaminação de água subterrânea ou superficial, os metais pesados podem ser absorvidos por seres vivos e eles persistem no ambiente, portanto tem difícil remoção (JIANG; XU, 2013).

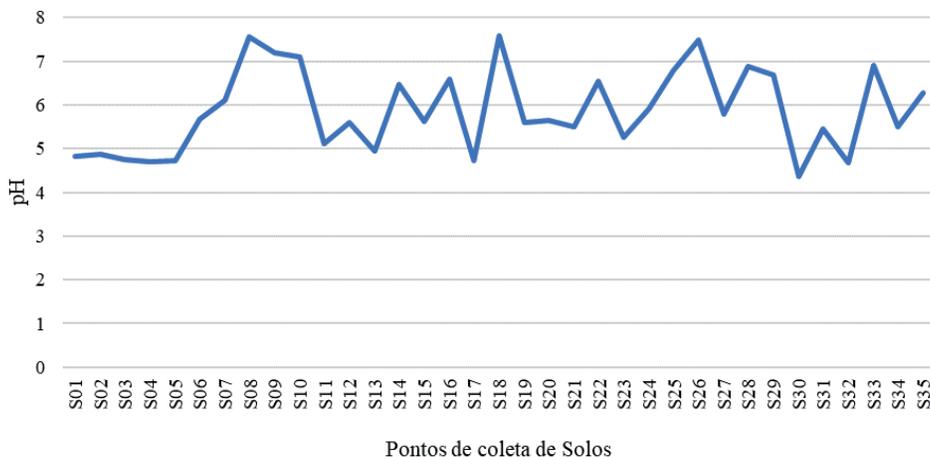


Figura 7 – Valores de pH dos solos da área de estudo

As plantas podem acumular altas concentrações de metais em seus tecidos e acontecer o processo de magnificação trófica, em que os consumidores da cadeia alimentar acabam sendo contaminados também (AHMAD et al., 2014; REESETAL, 2014). Diversos estudos vêm demonstrando que outros fatores podem afetar a toxicidade e disponibilidade de cromo para as plantas e organismos, como a concentração de metais, tipo de irrigação e estado de óxido-redução (XIAO et al., 2015).

Além disso, processos químicos, como a incorporação de Fe^{2+} fomentam esse processo. Quando o Cr^{6+} é reduzido a Cr^{3+} , ele, que era fracamente adsorvido e relativamente móvel no solo, passa a ser pouco móvel, pois é fortemente adsorvido aos colóides do solo (MEURER, 2006). As concentrações de cromo encontradas foram baixas e provavelmente se tratam dos cátions Cr^{3+} e ânions CrO_2^- , que são menos tóxicos e de baixa mobilidade, pois precipitam como óxidos e hidróxidos em pH superior a 5 (CASTILHOS, VIDOR; TEDESCO, 2001).

O Cr (III) tem uma baixa afinidade por O_2 , por isso forma muitos complexos com ligantes orgânicos e inorgânicos (LOSI; AMRHEIN; FRANKERBERGER JR., 1994). Mas somente o OH^- completa significativamente o cromo. A matéria orgânica inibe a cristalização dos óxidos de ferro, pois possuem alta afinidade com os sítios desses minerais. Então, esses óxidos podem procurar um novo equilíbrio, o que pode levar a dissolução e recristalização dos óxidos de ferro, ocasionando a substituição isomórfica por outros cátions (COELHO et al., 2008). Precipitados como $\text{Cr}(\text{OH})_3$ e $\text{Cr}_x\text{Fe}_{1-x}(\text{OH})_3$, se formam para controlar os mecanismos do cromo no solo ou se adsorvem nas superfícies carregadas (PANTSAR-KALLIO, REINIKAINEN; OKSANEN, 2001).

Nos sedimentos, a concentração permitida é de até $37,3 \text{ mg kg}^{-1}$ de cromo. Porém, apesar de dezessete amostras de sedimentos apresentarem concentrações de cromo, todas estão abaixo do limite estabelecido pela legislação (Figuras 8 e 9) (BRASIL, 2012).

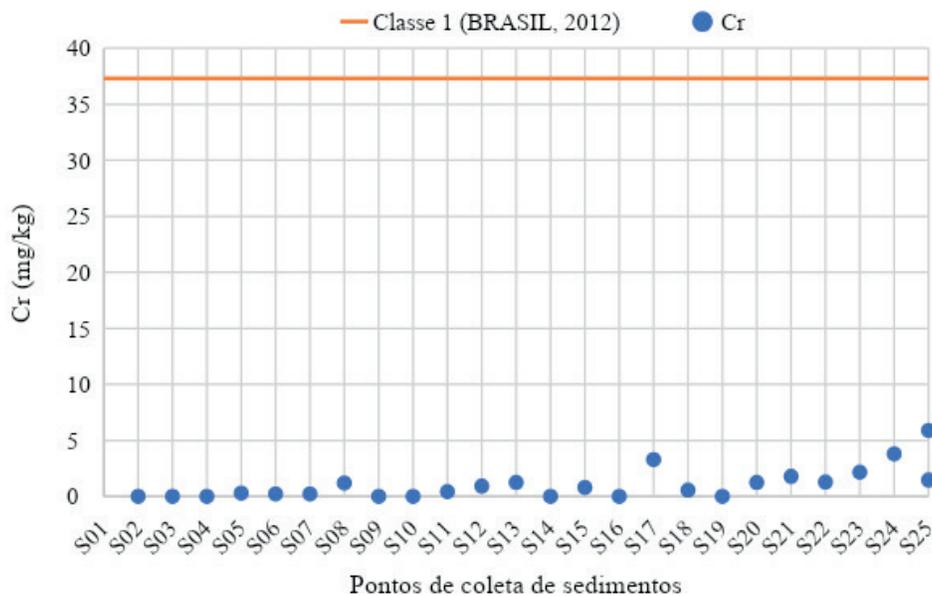


Figura 8 - Concentração de cromo total nos sedimentos

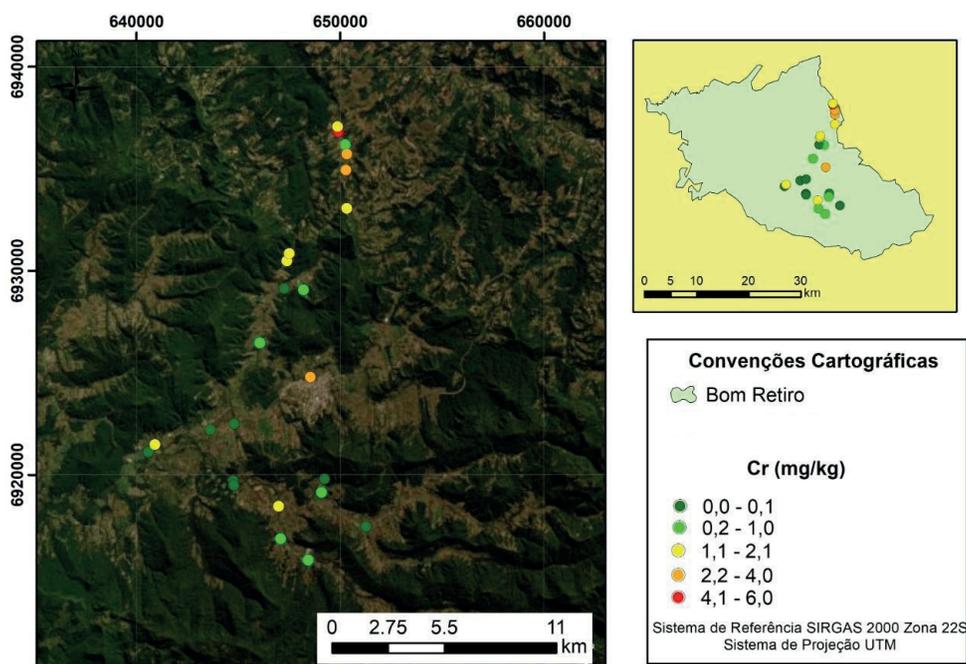


Figura 9 - Concentração de cromo nos pontos de coleta de sedimentos

Já nas análises de água, quatorze amostras apresentaram concentrações de Cr acima do que é permitido pela resolução CONAMA n° 357/2005, que estabelece o limite máximo de 0,05 mg L⁻¹ para as classes I, II e III (BRASIL, 2005). A concentração de Cr (VI) máxima permitida na água para consumo humano é de 0,050 mg L⁻¹ e para disposição final na água de esgoto é de 0,10 mg L⁻¹ (Figuras 10 e 11) (USEPA, 2012).

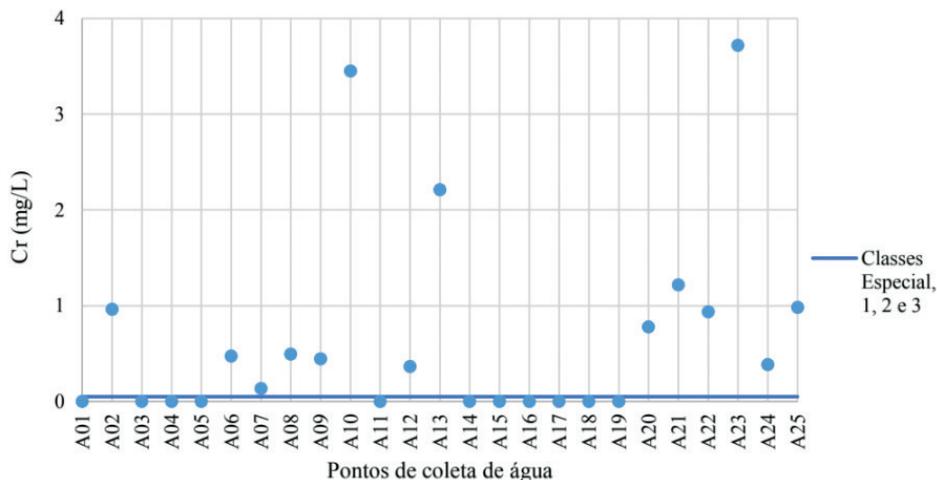


Figura 10 - Concentração de cromo total nas amostras de água analisadas

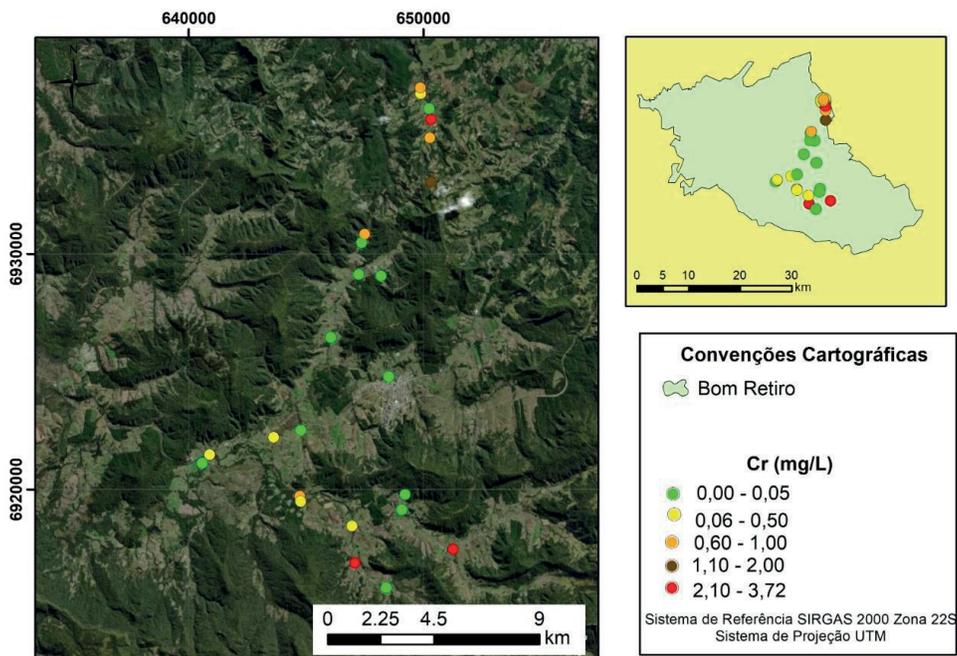


Figura 11 - Concentração de cromo nas amostras dos pontos de coleta de água

Os solos presentes na área de estudo apresentam grande parte da CTC ocupada por cátions de Al^{3+} , o que impede que os metais fiquem adsorvidos e o risco de lixiviação e contaminação superficial das águas aumente. Cruz (2012) e Nascimento et al. (2015), constataram aumento na concentração de cromo na água, após o corpo hídrico atravessar o perímetro urbano. O cromo é dificilmente encontrado em águas naturais, a não ser que haja contaminação. As atividades mineradoras, agrícolas e industriais são a principal fonte de contaminação do cromo. Baum (2018) e Lavnitcki (2018), encontraram altas concentrações de Cr nas águas subterrâneas dos cemitérios e do rio Ponte Grande, respectivamente, no município de Lages/SC. Além disso, estudos em aquíferos na Califórnia, no México, no Arizona, na Itália e na Austrália também encontraram concentrações elevadas de cromo (ROBERTSON, 1991; CAMACHO; ARMIENTA, 2000; FANTONI et al., 2002; GRAY, 2003; GONZALEZ; NDUNG; FLEGAL, 2005; IZBICKI et al., 2008).

Indústrias, efluentes domésticos e insumos agropecuários podem contribuir para o aumento das concentrações de substâncias químicas na água, envolvidos também na poluição dos sedimentos (MISERENDINO, 2008). O acúmulo de metais depende de fatores externos, como pH, força iônica, tipo de ligação, superfície de adsorção e granulometria (BONAI, 2009). Os metais pesados não são decompostos naturalmente e não permanecem fixos nos sedimentos, pois retornam ao corpo d'água (SANTANA, 2007).

A Figura 12, mostra o pH das análises de água e sedimento, que variaram entre 4,38 (ponto 5) e 8,12 na água (ponto 2) e 4,73 (amostra 5) e 7,53 (ponto 19) nos sedimentos. Foi observada uma correlação fraca entre a concentração de Cr e a água (0,13) e média entre a concentração de Cr e o sedimento (0,34). A relação do pH com o cromo nos sedimentos e na água é fundamental, pois o pH influencia a especiação, solubilidade e mobilidade do cromo. Em condições de pH ácido, o cromo tende a estar na forma de Cr(III), que é menos solúvel e mais propenso a se adsorver aos sedimentos, reduzindo sua mobilidade na água. Já em pH alcalino, o cromo pode oxidar-se para Cr(VI), uma forma altamente solúvel e tóxica, que aumenta sua mobilidade na água e potencializa os riscos ambientais e à saúde humana (PUGA, 2015).

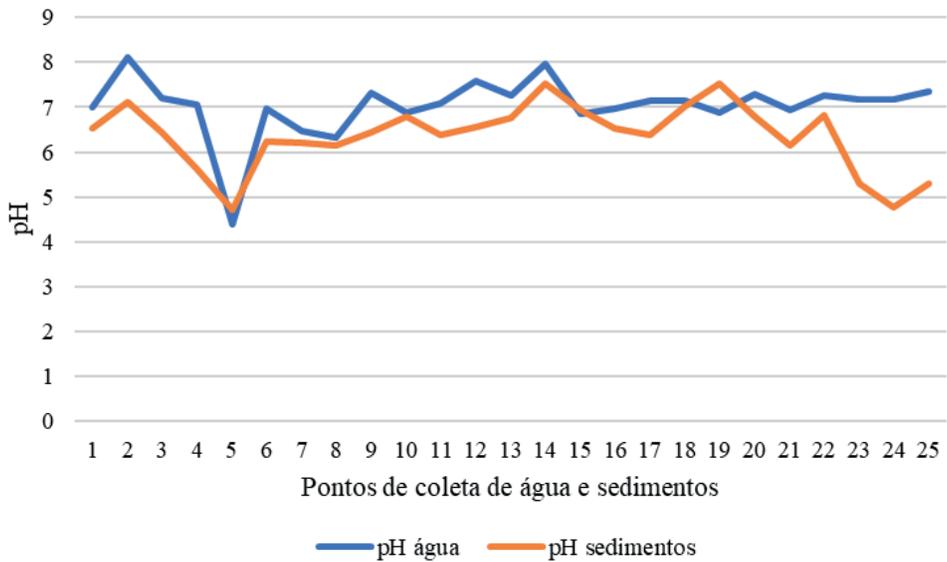


Figura 12 - Valores de pH das águas e sedimentos.

O ponto A13 é o local cuja amostra apresentou a terceira maior concentração de cromo na água. Neste ponto, observou-se a presença de rodas de automóveis, despejo de esgoto e resíduos sólidos metálicos dentro do corpo hídrico. Tal contexto corrobora para que aconteça a presença de cromo na água, visto que em atividades industriais, como soldagens, aço-cromo, pigmentos, vernizes e curtimento de peles são utilizados compostos de cromo (RUPPENTHAL, 2013; RAVIKUMAR et al., 2015; DENG; QI; ZHANG, 2018).

A presença de metais em corpos d'água se deve à lixiviação, visto que todos os pontos que apresentaram concentrações acima do que está estabelecido na legislação sofrem influência da lixiviação dos insumos agrícolas (BRASIL, 2005; BIGALKE, 2017). Os pontos de coleta de água A10 e A23 apresentam as maiores concentrações de cromo, 3,45 e 3,72 mg L⁻¹, respectivamente. Nessas áreas foi possível observar a ausência de mata ciliar e a presença das culturas do tomate (A10), da cebola (A23) e do milho.

Como a coleta das amostras foi realizada em dezembro, período de pleno desenvolvimento do estágio vegetativo das referidas culturas, e alguns produtos químicos como o Dithane (Mancozebe), Glifosato, Roundup (Glifosato) e Confidor (Imidacloprido e Beta-Ciflutrina) são utilizados para combater pragas e doenças. Todos estes produtos apresentam cromo em sua composição química (CAMPOS, 2001). Outro produto utilizado é a calda sufocálica, cuja base do mesmo é o enxofre que é matéria-prima de muitos outros agroquímicos. O enxofre é absorvido pelos vegetais na forma de sulfato (SO₄⁻²) e em análise dos metais presentes nesse enxofre usado para a preparação da calda, Campos (2001) encontrou concentrações de 2,82 mg kg⁻¹ de cromo.

Os fertilizantes fosfatados são a principal fonte de metais, principalmente de Cd, Cr e Pb (BIGALKE et al., 2017; SALMAN et. al, 2017). A rocha fosfática de onde é extraída esse mineral, é constituída principalmente de apatita e sua fórmula estrutural é $Me_{10}(XO_4)_8Y_2$ onde Me pode ser Ca, Pb, Zn, Na, Sr ou Cd; X pode ser P, As, V, S, C ou Si e Y pode ser F, OH, Cl ou Br (HARBEN; BATES, 1990). A eficiência agrícola depende da ação de fertilizantes fosfatados e o consumo de adubos sintéticos para suprir essa necessidade vegetal se torna economicamente viável (CAMPOS, 2001).

O calcário (carbonato de cálcio ($CaCO_3$)) é um insumo agrícola muito utilizado para o corrigir o pH do solo. Logo, Campos (2001) analisou a composição química de calcário dolomítico, muito utilizado na agricultura brasileira e encontrou $3,85 \text{ mg kg}^{-1}$ de cromo. Além disso, ele analisou também os fertilizantes sintéticos e encontrou altas concentrações de cromo, como por exemplo o Can-Fal com concentração de 16,57 ppm, o Plant-Fal com 5,32 ppm, o NPK apresentou 508,32 ppm de cromo e o Yoorin Master 979 ppm.

A ação negativa dos metais de origem antrópica já é demonstrada em muitos estudos. Não é só evidenciada no desequilíbrio dos ecossistemas, causando a morte de muitas espécies e contaminação do meio, mas também impacta diretamente a vida das pessoas, dos produtores aos consumidores, ocasionando vários problemas de saúde, como o câncer e distúrbios neurológicos. A contaminação gera danos à saúde e ao patrimônio, compromete a qualidade dos recursos hídricos e restringe o uso do solo (BIGALKE et al, 2017). A poluição ambiental por metais pode resultar na absorção na cadeia alimentar e comprometer a qualidade do ecossistema e a saúde humana (OBAROH et al., 2015). A intoxicação por metais é um problema de saúde pública. Os metais podem comprometer o futuro das pessoas contaminadas, nos casos de intoxicação lenta e gradual ou rápida e devastadora (ROCHA, 2009).

CONCLUSÃO

Embora as concentrações de cromo encontradas nos solos e sedimentos estejam abaixo dos limites estabelecidos pela legislação ambiental vigente, a presença de cromo em concentrações significativas na água é um indicativo de risco ambiental e para a saúde pública. A presença de cromo acima dos limites permitidos em 14 amostras de água ressalta a urgência de estratégias de mitigação e controle para evitar a lixiviação e a contaminação da água superficial e subterrânea. Esses dados reforçam a importância de práticas agrícolas sustentáveis e o manejo adequado de insumos agrícolas para proteger os recursos naturais e a saúde da população.

Este estudo evidencia a complexidade dos impactos ambientais associados às atividades antrópicas e a necessidade de uma abordagem integrada para a gestão dos recursos naturais.

A colaboração entre produtores, comunidade e autoridades ambientais é fundamental para implementar soluções eficazes e sustentáveis. Sendo que a continuidade de monitoramentos periódicos e a implementação de tecnologias de remediação são essenciais para garantir a segurança ambiental e a saúde pública.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Norma Brasileira no 15.492**: Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental - Procedimento, NBR 15492, 2007.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9.898**: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

AHMAD, M.; RAJAPAKSHA, A.U.; LIM, J.E.; ZHANG, M.; BOLAN, N.; MOHAN, D.; VITHANAGE, M.; LEE, S.S.; OK, Y.S. Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: a review. **Chemosphere**. 99, 19-33, 2014.

ALLOWAY, B. J.; AYRES, D. C. **Chemical Principles of Environmental Pollution**, 2 ed. Ed. Chapman & Hall, New York, 1997.

ALMODOVAR, Marta Lúcia Nunes. **A Origem Natural da Poluição por Cromo no Aquífero Adamantina, Município de Urânia (SP)**. 2000. 214 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia, 2.a. ed. UFLA: Lavras, 2013. 455 p.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22 ed. Washington: APHA, 2012.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Control). **CERCLA priority list of hazardous substances**. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/clist.html>. Acesso em: 10 dez. 2018.

BAUM, C. A. **Impactos ambientais no solo e na água subterrânea ocasionados por cemitérios públicos urbanos de Lages – SC**. 2018. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2018.

BETEMPS, G. R.; KERSTNER, T.; SANCHES FILHO, P. J. Caracterização físico-química da água e determinação de metais pesados (Cr, Cu, Pb e Zn) no sedimento do riacho Arroio do Padre (Arroio do Padre, Brasil/RS). **Revista Thema**, v. 11, n. 2, p. 4-20, 2014.

BIGALKE, M., ULRICH, A., REHMUS, A., KELLER, A. Accumulation of cadmium and uranium in arable soils in Switzerland. **Environ. Pollut.** 221, 85–93, 2017.

BOETCHER, M. L. **Cromo**: aspectos toxicológicos e ocupacionais. Trabalho de conclusão de curso. Ciências Farmacêuticas, FEEVALE, Novo Hamburgo, 2008.

BONAI, N. C.; SOUZA-FRANCO, G.M.; FOGOLARI, O.; MOCELIN, D. J. C.; MAGRO, J. Distribution of metals in the sediment of the Itá Reservoir, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensis**, 21(2): 245-250. 2009.

BORTOLUZZI, C. A.; AWDZIEJ, J.; ZARDO, S. M. Geologia da Bacia do Paraná em Santa Catarina. In: SILVA, L. C.; BORTOLUZZI, C. A. (Ed.). **Textos básicos de Geologia e recursos minerais de Santa Catarina**: Mapa geológico do Estado de Santa Catarina. Texto explicativo e mapa -Escala 1:500.000. Florianópolis: Departamento Nacional de Produção Mineral, 1987. n. 1, p. 135-167.

BRASIL, 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a Classificação dos Corpos de água e Diretrizes Ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 18 mar. 2005. p. 58- 63.

BRASIL, 2009. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 420, de 04 de dezembro de 2009**. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 30 dez. 2009.

BRASIL, 2012. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 454, de 01 de dezembro de 2012**. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 08 nov. 2012. Seção 1.

CAMACHO, J. R.; ARMIENTA, M. A. Natural chromium contamination of groundwater at León Valley, México. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 68, p. 167-181, 2000.

CAMPOS, Valquíria de. **Comportamento químico de arsênio, fósforo e metais pesados (cromo, cobre, chumbo e mercúrio) em solos expostos a cultivares frutíferos**, Município de Jundiá, São Paulo. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2001.

CASTILHOS, Danilo Dufech; VIDOR, Caio; TEDESCO, Marino Jose. Redução química e biológica do cromo hexavalente aplicado ao solo. **Revista brasileira de ciência do solo**. Campinas. Vol. 25, n. 2 (2001), p. 509-514, 2001.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Índices de qualidade das águas, critérios de avaliação da qualidade dos sedimentos e indicador de controle de fontes – Apêndice B. Série Relatórios. São Paulo: CETESB, 2010. 21p.

CHEN, H.; GUO, Z.; ZHOU, Y.; LI, D.; MU, L.; KLERKS, P.L.; LUO, Y.; XIE, L. Accumulation, depuration dynamics and effects of dissolved hexavalent chromium in juvenile Japanese medaka. **Ecotox Environ Safe** 148:254–260, 2018.

CHOUDHARY, B.; PAUL, D. Isotherms, kinetics and thermodynamics of hexavalent chromium removal using biochar. **J Environ Chem Eng** 6:2335–2343, 2018.

COELHO, C. A. S., FERRO, C. A. T., STEPHENSON, D. B., & STEINSKOG, D. J. Methods for exploring spatial and temporal variability of extreme events in climate data. **Journal of Climate**, v. 21, n. 10, p. 2072-2092, 2008.

CRUZ, M. A. S. **Avaliação da geoquímica dos sedimentos superficiais das nascentes do Rio Subaé – BA**. 2012. 103 f. Dissertação (Mestrado em em Modelagem em Ciências da Terra e Ambiente) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2012.

DENG, X.; QI, L.; ZHANG, Y. Experimental study on adsorption of hexavalent chromium with microwave-assisted alkali modified fly ash. **Water Air Soil Pollut**, 2018.

DONAGEMA, G. K. **Manual de métodos de análise de solos** — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. - (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627 ; 132)

EPAGRI, 2004 **Mapas digitais de Santa Catarina**. Disponível em: <http://ciram.epagri.sc.gov.br/mapoteca/servlet/MapotecaControlador?command=Login>. Acesso em: 04 abr. 2018.

FANTONI, D.; BROZZO, G.; CANEPA, M.; CIPOLLI, F.; MARINI, L.; OTTONELLO, G.; ZUCCOLINI, M. V. Natural hexavalent chromium in groundwaters interacting with ophiolitic rocks. **Environmental Geology**, v. 42, p. 871-882, 2002.

FERREIRA, A. P.; HORTA, M. A. P.; CUNHA, C. L. N. Avaliação das concentrações de metais pesados no sedimento, na água e nos órgãos de *Nycticorax nycticorax* (Garça-da-noite) na Baía de Sepetiba, RJ, Brasil. 2010. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**. Portugal, 2010.

GONZALEZ, A. R.; NDUNG, U. K.; FLEGAL, A. R. Natural occurrence of hexavalent chromium in the Aromas Red Sands aquifer, California. **Environmental Science and Technology**, v. 39, n. 15, p. 5505-5511, 2005.

GRAY, D. J. Naturally occurring Cr6+ in shallow groundwaters of the Yilgarn Craton, Western Australia. **Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis**, v. 3, n. 4, p. 359-368, 2003.

HARBEN, P. W.; BATES, R. L. Industrial minerals geology and world deposits. In: **Phosphate rock**. London, Metal Bulletin, 1990.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010. **IBGE Cidades**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 01 mai. 2018.

IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry. **Periodic Table of the Elements**. Disponível em: . 1 dec. 2018.

IZBICKI, J. A.; BALL, J. W.; BULLEN, T. D.; SUTLEY, S. J. Chromium, chromium isotopes and selected trace elements, western Mojave Desert, USA. **Applied Geochemistry**, v. 23, p. 1325–1352, 2008.

JIANG, Y.; XU, H.; HU, X.; WARREN, A.; SONG, W. Functional groups of marine ciliated protozoa and their relationships to water quality. **Environmental Science and Pollution Research**, 20(8), 5272-5280, 2013.

LOSI, M.E.; AMRHEIN, C.; FRANKENBERGER JR. W.T. Environmental biochemistry of chromium. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 136, p. 91-121. 1994.

MAHLER, Claudio Fernando (org.). **Lixo urbano: o que você precisa saber sobre o assunto**. Rio de Janeiro: Revan : FAPERJ, 2012. 192 p.

MANGAS-SUAREZ, Mario; BARQUERO, Jose Ignacio; NAVARRO-MURILLO, Enol; ROQUEÑÍ, Nieves; GARCIA-ORDIALES, Efrén. Trace metals from different anthropic sources on the mid-west coast of Asturias: concentrations, dispersion and environmental considerations. **Marine Pollution Bulletin**, [S.L.], v. 194, p. 115446, set. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115446>.

MENDES, R. **Patologia do trabalho**. 2ª ed. atual. e ampl. São Paulo: Atheneu, 2007. p.1664.

MEURER, E.J. **Fundamentos de química do solo**. 3.ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006.

- MISERENDINO, M. L.; BRAND, C.; DI PRINZIO, C.Y. Assessing urban impacts on water quality, benthic communities and fish in streams of the Andes Mountains, Patagonia (Argentina). **Water, Air, and Soil Pollution**. 2008.
- NASCIMENTO, B. L. M. Comportamento e avaliação de metais potencialmente tóxicos (Cu (II), Cr (III), Pb (II) e Fe (III)) em águas superficiais dos Riachos Capivara e Bacuri ImperatrizMA, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 3, p. 369-378, 2015.
- OBAROH, I. O.; ABUBAKAR, U.; HARUNA, M. A.; ELINGE, M. C. Evaluation of some heavy metals concentration in River Argungu. **Journal of Fisheries and Aquatic Science**, v. 10, n. 6, p. 581-586, 2015.
- OMETTO, J.C. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 440p. PALUDZYSZYN FILHO, E. Ensaio nacional de cultivares de girassol. In: Resultados de pesquisa de girassol. Londrina: EMBRAPA/CNPSo, 1982. p. 62-65.
- PANG, L.; HU, J.; ZHANG, M.; YANG, C.; WU, G. An efficient and reusable quaternary ammonium fabric adsorbent prepared by radiation grafting for removal of Cr(VI) from wastewater. **Environ Sci Pollut Res** 25:11045–11053, 2018.
- PANTSAR-KALLIO, M.; REINIKAINEN, S.P.; OKSANEN, M. Interactions of soil components and their effects on speciation of chromium in soils. **Analytica Chimica Acta**, v. 439, p. 9-17. 2001.
- PNUD. **IDHM Municípios 2010**. 2010. Disponível em: <https://www.undp.org/pt/brazil/idhm-municipios-2010>. Acesso em: 19 jun. 2024.
- PUGA, A. P. Biochar application to a contaminated soil reduces the availability and plant uptake of zinc, lead and cadmium. **Journal of environmental management**, v. 159, p. 86-93, 2015.
- QUADRO, M. S.; ANDREAZZA, R.; TEDESCO, M. J.; GIANELO, C.; BARCELOS, A. A.; BORTOLON, L. Chromium contents linked to iron oxide at areas with tannery sludge disposal. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 63-67, 2018.
- RAVIKUMAR, K. V. G.; KUMAR, D.; RAJESHWARI, A.; MADHU, G. M.; MRUDULA, P.; CHANDRASEKARAN, N.; MUKHERJEE, A. A comparative study with biologically and chemically synthesized nZVI: applications in Cr(VI) removal and ecotoxicity assessment using indigenous microorganisms from chromium-contaminated site. **Environ Sci Pollut Res** 23:2613–2627, 2015.
- REES ET AL., F.; SIMONNOT, M.O.; MOREL, J.L. Short-term effects of biochar on soil heavy metal mobility are controlled by intra-particle diffusion and soil pH increase. **Eur. J. Soil Sci**. 65, 149-161, 2014.
- RIBEIRO, T. G.. Estudo Da Qualidade Das Águas Por Meio Da Correlação De Parâmetros Físico-Químicos, Bacia Hidrográfica Do Ribeirão Anicuns. **Geochimica Brasiliensis**, v. 30, n. 1, p. 84-94, 2017.
- ROBERTSON, F. N. Geochemistry of ground water in alluvial basins of Arizona and adjacent parts of Nevada, New Mexico and California. Washington: **US Geological Survey Professional Paper** 1406-C, 1991.
- ROCHA, A. F. **Cádmio, chumbo, mercúrio** – A problemática destes metais pesados na saúde pública. Faculdade de ciências da nutrição e alimentação. Universidade do Porto, Portugal, 2009.

ROCHA, I; MARIMON, M. (org.). **Diagnóstico socioambiental e proposições de planejamento territorial**: Alfredo Wagner e Bom Retiro (Santa Catarina). Florianópolis: Editora UDESC, 2014.

RUPPENTHAL, J. E. **Toxicologia**. Colégio Técnico Industrial da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2013.

SALMAN, S.A.; ELNAZER, A.A.; NAZER, H.A.E. Integrated mass balance of some heavy metals fluxes in Yaakob village, south Sohag, Egypt. Int. J. **Environ. Sci. Technol.**, v. 14 (5), 1011–1018, 2017.

SANTANA, G.P.; BARRONCAS, P. S. R. Estudo de metais pesados (Co, Cu, Fe, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn) na bacia do Tarumã-Açu Manaus – (AM). **Acta Amaz.** 2007

TEODORO, Patrícia Ferreti; SANTOS, Ariodari Francisco. Qualidade da água da bacia do Rio das Pedras–Guarapuava (PR), baseado nos parâmetros que definem o Índice de Qualidade da Água (IQA). **Guairacá-Revista de Filosofia**, v. 25, n. 1, 2011.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. **Basic information about chromium in drinking water**. 2012 Disponível em <http://water.epa.gov/drink/contaminants/basicinformation/chromium.cfm>. Acesso em: 16 mar. 2018.

VINCENT, J. **The nutritional biochemistry of chromium (III)**. Elsevier, 2018.

XIAO, W.; YE, X.; YANG, X.; LI, T.; ZHAO, S.; ZHANG, Q. Effects of alternating wetting and drying versus continuous flooding on chromium fate in paddy soils. **Ecotoxicology Environmental Safety**, v. 113, p. 439-445. 2015.

DIAGNÓSTICO DA MASTITE BOVINA EM VACAS LEITEIRAS DO MUNICÍPIO DE IMPERATRIZ, MARANHÃO

Data de submissão: 21/06/2024

Acceptance date: 01/07/2024

Stefane Santos Bezerra

Médica Veterinária, Imperatriz-MA
<http://lattes.cnpq.br/9011196836979777>

Monalisa de Sousa Moura Souto

Professora Assistente do Curso de Medicina Veterinária da UEMASUL, Doutoranda do Programa de Pós - Graduação Profissional em Defesa Sanitária Animal – UEMA, Imperatriz-MA
<http://lattes.cnpq.br/6179404757550572>

Hamilton Pereira Santos

Professor Associado I do Curso de Medicina Veterinária da UEMA, São Luís-MA
<http://lattes.cnpq.br/7420245363277440>

RESUMO: O presente estudo objetivou diagnosticar mastite clínica e subclínica em vacas leiteiras no município de Imperatriz-MA. A pesquisa foi desenvolvida através de visitas técnicas em rebanhos leiteiros e realização do diagnóstico da mastite bovina. Além dos testes, foram levantados dados para obtenção de informações sobre condições higiênicas, sanitárias e de produção. Foram analisadas 640 tetas dos 155 animais amostrados, pertencentes a 10 rebanhos de pequenos e médios produtores

com produção de até 200 l/leite. Verificou-se que 28,38% (44/155) apresentaram mastite, sendo 40 (25,8%) vacas com mastite subclínica e 4 (2,58%) vacas mastite clínica. Cerca de 70% dos proprietários avaliados relataram histórico de prejuízos causado por mastite e atrelado a isso, apenas 30% realizou, esporadicamente, algum tipo de teste para diagnóstico da mastite. As propriedades apresentaram uma média diária de produção de leite de 8,25 litros, sendo 100% por ordenha manual. Nesse contexto, percebe-se a importância de realizar diagnóstico com frequência nos rebanhos e de conscientizar os produtores a respeito das perdas econômicas, bem como da importância da qualidade do leite.

PALAVRAS-CHAVE: Controle Sanitário; Prevenção; Produção.

DIAGNOSIS OF BOVINE MASTITIS IN DAIRY COWS IN THE MUNICIPALITY OF IMPERATRIZ, MARANHÃO

ABSTRACT: The present study aimed to diagnose clinical and subclinical mastitis in dairy cows in the city of Imperatriz-MA. The research was developed through technical visits to dairy herds and diagnosis of bovine mastitis. In addition to the tests, data were

collected to obtain information on hygienic, sanitary and production conditions. 640 teats were analyzed from the 155 animals sampled, belonging to 10 herds of small and medium producers with production of up to 200 l/milk. It was found that 28.38% (44/155) had mastitis, 40 (25.8%) cows with subclinical mastitis and 4 (2.58%) cows with clinical mastitis. Around 70% of the owners evaluated reported a history of losses caused by mastitis and linked to this, only 30% sporadically carried out some type of test to diagnose mastitis. The properties had an average daily milk production of 8.25 liters, 100% of which was manual milking. In this context, the importance of frequently carrying out diagnostics on herds and raising awareness among producers regarding economic losses, as well as the importance of milk quality, is clear.

KEYWORDS: Health Control; Prevention; Production.

INTRODUÇÃO

A mastite é definida como um processo inflamatório da glândula mamária (BRESSAN, 2000), e pode ser classificada, de acordo com a sua manifestação como clínica quando há modificações visíveis macroscopicamente no úbere (edema, aumento da temperatura, dor ou endurecimento) e no leite (grumos, pus ou mudança na coloração) ou subclínica quando as alterações ocorrem na composição do leite e não são visíveis ao olho nu (MARTINS *et al.*, 2010). Essa última classificação favorece a prevalência silenciosa da doença no rebanho e promove ao produtor uma falsa tranquilidade em relação a mastite (SANTOS; FONSECA, 2019).

As perdas decorrentes da mastite vão desde a diminuição na produção até gastos com mão de obra, medicamentos e serviços veterinários e em casos mais graves o descarte precoce de animais. Outro fator importante é o risco a saúde pública em função do envolvimento de bactérias patogênicas que podem colocar em risco a saúde dos consumidores e tratadores de animais.

A análise das frequências de mastite clínica e subclínica são parâmetros importantes na avaliação da sanidade da glândula mamária e da propriedade (BUENO, 2003). Segundo Mahmmud (2013), o diagnóstico da mastite é um passo importante para identificar a causa e estabelecer o tratamento adequado da doença.

De acordo com Coser (2012), a prevalência da mastite está atrelada, principalmente ao manejo antes, durante e após a ordenha. Em vista disso, a importância de conscientizar o ordenhador a respeito das formas corretas de higienização e desinfecção do ambiente, do animal e de todos os utensílios utilizados na ordenha.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo diagnosticar a mastite clínica e subclínica em vacas leiteiras no município de Imperatriz-MA, bem como indicar medidas de controle e prevenção para os proprietários e/ou tratadores dos animais, para que dessa forma se tenha uma melhoria na qualidade e produção leiteira no município.

METODOLOGIA

Para a composição da amostra foi utilizada a técnica de “SNOWBALL” ou “bola de neve”, sendo uma técnica não-probabilística em que a última pessoa entrevistada indica uma próxima pessoa para participar. Desta forma, participaram da pesquisa 10 rebanhos de pequeno e médio porte, que produziam até 200 litros/leite/dia, distribuídas nas três regiões que compõem o município de Imperatriz – MA. As visitas foram realizadas no período de outubro a dezembro de 2020 e em cada visita, todas as vacas em lactação foram submetidas aos testes de caneca de fundo escuro e CMT (California Mastitis Test), totalizando 155 vacas e 620 tetos avaliados.

Nos casos positivos para mastite clínica, realizou-se a classificação quanto a sua severidade, podendo ser leve, moderado ou grave e nos casos positivos para mastite subclínica, observou-se a quantidade de quartos acometidos e intensidade da gelatinização ou viscosidade da reação, sendo classificada nos escores de um a cinco, sendo o escore 1 negativo, o 2 com traços e os escores de 3 a 5 (+, ++ e +++, respectivamente) animais positivos classificados conforme intensidade da gelatinização. Além dos testes, foram coletados dados referentes ao conhecimento e realização de testes de mastite, dados das vacas, da produção leiteira, das instalações e das medidas de controle e prevenção realizadas dentro das propriedades.

Ao final de cada visita foi entregue para os proprietários um folder informativo sobre mastite, com as principais diferenças das duas formas de apresentação da doença e sua forma de diagnóstico e medidas de controle e prevenção. Por fim, com o intuito de preservar a identidade dos proprietários das fazendas, cada propriedade foi denominada com uma letra de A a J e os dados tabulados em planilhas do Microsoft Excel 2019®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas instalações, foi observado que todas as fazendas realizavam a ordenha no curral e de forma manual. O diferencial foi visto nos tipos de piso de cada curral, onde apenas três dos currais apresentavam piso cimentado e realizavam a limpeza no mínimo uma vez por semana e 7 currais, tinham como característica o piso batido e não realizavam a limpeza do local. Em relação as medidas de controle e prevenção, nenhuma das propriedades realizavam *pré-dipping* e *pós-dipping* e apenas três realizava a lavagem e secagem dos tetos. Entretanto, apenas uma utilizava papel toalha e as outras com pano coletivo. Em relação a higienizaçãodas dos ordenhadores, apenas um realizava a higiene correta das mãos diariamente e os demais não realizavam. A criação dos animais é no sistema extensivo e 70% deles ofertam alimento após a ordenha aos animais.

A respeito dos dados gerais das propriedades, observou-se que 70% (7/10) dos proprietários avaliados já haviam tido prejuízos com a mastite e 30% (3/10) não tiveram ou

não souberam responder. Entretanto, apenas três propriedades realizou esporadicamente algum tipo de teste para diagnóstico de mastite. No que diz respeito aos dados das vacas e suas respectivas produções, evidencia-se que as fazendas B, C, H e I apresentaram as menores médias de produção por animal, enquanto as propriedades D, G e J obtiveram uma média maior (Tabela 1).

Rebanho	Nº de animais	Média de produção (l/dia)	Média de produção por animal (l)	Frequência de ordenha diária	Vacas com mastite (%)
A	24	200	8,3	2	7 (29,16)
B	14	70	5	1	3 (21,42)
C	10	55	5,5	1	3 (30)
D	13	170	13,07	2	3 (23,07)
E	27	200	7,4	2	8 (29,62)
F	20	180	9	2	5 (25)
G	16	180	11,25	2	4 (25)
H	12	65	5,4	1	4 (33,33)
I	9	50	5,5	1	3 (33,33)
J	10	110	11	2	4 (40)

Tabela 1- Avaliação da produção média de leite, frequência de ordenha e ocorrência de mastite em 10 rebanhos leiteiros do município de Imperatriz-MA.

Fonte: Autoria própria, 2024.

Após a realização dos testes, 100% dos rebanhos haviam animais positivos para mastite subclínica (Tabela 1). Das vacas avaliadas, um total de 28,38% (44/155) apresentaram casos de mastite, sendo 25,8% (40/155) positivas para mastite subclínica e 2,58% (4/155) com mastite clínica. Nesses animais positivos, cerca de 55% tiveram o comprometimento de 2 quartos mamários, 20% um quarto mamário, 20% 3 quartos mamários e 5% os 4 quartos mamários afetados.

Ao que se refere o destino do leite, 60% (6/10) das propriedades destinam para os laticínios, 30% (3/10) para venda local e 10% (1/10) utiliza o leite para fabricação própria de seus subprodutos. Quanto a gestão da produção leiteira, nenhuma das propriedades utiliza-se desse artifício.

Em consenso com o estudo de Costa *et al.* (2013) que afirmavam que a mastite causa principalmente redução da produção, descarte dos animais infectados e gastos com medicamentos e mão de obra, os resultados desta pesquisa demonstraram que 70% das propriedades já obtiveram prejuízos relacionados com pelo menos um desses aspectos. Os principais fatores de risco associados a mastite são, a não realização do teste da caneca de fundo escuro e do CMT (SOUZA *et al.*, 2005; MESQUITA *et al.*, 2020). Confirmando esses dados, o estudo revelou que apenas 3 propriedades realizavam algum tipo de teste

porém, de maneira esporádica, enquanto a grande maioria negligencia os diagnósticos. Evidenciado assim, o risco para aumento da mastite, e conseqüentemente piora da qualidade do leite.

Os dados obtidos se tornam preocupantes já que as propriedades B, C, H e I, apontaram uma média de produção equivalente a 5,35 litros por vaca/dia, o que fica abaixo da média nacional, segundo IBGE (2022), que é de 7 a 8 l/vaca/dia. Ficando ainda, muito aquém de outros rebanhos, como por exemplo o descrito por Pauluk (2020), apontando uma produção de 20 a 30 l/vaca/dia no estado do Paraná.

A pesquisa apontou a presença de mastite subclínica em todas as propriedades que foram objeto de estudo, com uma média de ocorrência de 28,38%. Frequências semelhantes também foram encontradas no estado do Piauí, onde apresentou uma prevalência de 21,94% de mastite subclínica (LINS; MARREIROS, 1992). Brito *et al.* (2014) encontraram prevalência de 48,38% em bovinos da bacia leiteira da Ilha de São Luís, no estado do Maranhão. Barbalho; Mota (2001) afirmam que a mastite subclínica possui maior incidência e preocupação epidemiológica por alastrar-se silenciosamente pelos rebanhos, sem que seja notadas alterações visíveis macroscopicamente no úbere ou no leite.

O controle higiênico-sanitário ambiental através da limpeza dos currais e/ou dos locais em que as vacas permanecem é uma forma de evitar-se a contaminação do chão e conseqüentemente evitar a ocorrência de mastite ambiental (SANTOS; FONSECA, 2019). Das instalações estudadas, um total de 70% (7/10) possuía o piso batido e acumulavam muita lama, fezes e urina, principalmente no período chuvoso. Nessas propriedades não se realizavam a limpeza. Em 30% (3/10) das propriedades o piso era cimentado e a limpeza era realizada ao menos uma vez por semana. É notório que as medidas de controle e prevenção em todas as propriedades foram menosprezadas, um exemplo unanime, foi a não desinfecção dos tetos antes e após a ordenha.

O pré-*dipping* tem potencial de eliminar bactérias da pele do teto da vaca, diminuindo os riscos de causar mastite contagiosa e a contagem padrão em placas e de coliformes. Já o pós-*dipping* age destruindo as bactérias aderidas à pele após a ordenha e mantém a proteção do esfíncter do teto contra a invasão de patógenos ambientais (LAGONI, 2013; SANTOS; FONSECA, 2019). Os ordenhadores também assumiram papel significativo no que diz respeito a falta de higiene, do total, apenas um ordenhador seguiu corretamente o processo de lavagem das mãos. Langoni (2013) enfatiza que o ideal é que todo processo de ordenha seja realizado com a utilização de luvas descartáveis de látex, diminuindo a disseminação de patógenos da mastite pelas mãos contaminadas dos ordenhadores.

O estudo revelou que apenas 3 rebanhos realizavam a secagem, entre elas as propriedades G e J secavam com o pano coletivo e a fazenda C com papel toalha. Coser (2012) demonstrou que a secagem dos tetos, de forma correta e efetiva pode determinar redução significativa do conteúdo de bactérias do leite. Por fim, no manejo pós ordenha observou-se que 70% (7/10) ofertava alimentos concentrados a base de cana-de-açúcar,

mandioca, milho ou soja para seus animais. Quanto as outras, as vacas eram soltas no pasto. Em concordância com a maioria das propriedades, Langoni (2013) enfatiza a importância de que a vaca fique o maior tempo possível em pé, após a saída da sala de ordenha. Por isso, deve-se ofertar alimento em cocho a parte, para que a vaca fique em pé por 1 a 2 horas, tempo necessário para o esfíncter do tetor se fechar. Esta medida ajuda a reduzir a ocorrência de mastite, especialmente a ambiental.

CONCLUSÕES

Observa-se que a mastite bovina está presente nos rebanhos estudados no município de Imperatriz-MA, com a ocorrência maior de mastite subclínica. Ressaltando que, a ocorrência da mastite em Imperatriz-MA muito se deve às condições higiênico-sanitárias em que os animais são criados e manejados. A falta de higiene do ordenhador, do local, e dos materiais utilizados, o não emprego de pré e pós-*dipping*, não realizar diagnóstico da mastite, protocolos de tratamento adequado, linha de ordenha, manejo alimentar adequado, falta de assistência técnica são fatores que favorecem a disseminação e manutenção da doença nos rebanhos.

Desta forma, é necessário que mais estudos sejam realizados na área, que se reforce a educação sanitária a fim de conscientizar os produtores leiteiros sobre a importância de implementar os testes de diagnóstico da mastite nos rebanhos para identificar as vacas com mastite e empregar manejo de controle e prevenção adequado. E, conseqüentemente, minimizar os prejuízos advindos pela mastite bem como melhorar a qualidade do leite ofertado à população.

REFERÊNCIAS

BARBALHO, T. C. F.; MOTA, R. A. Isolamento de agentes bacterianos envolvidos em mastite subclínica bovina no estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 2, 2001.

BRESSAN, M. Práticas de manejo sanitário em bovinos de leite. Juiz de Fora: **Embrapa/CNPGL**, 2000. 65p.

BRITO, D. A. P., da SILVA OLIVEIRA, I. D. S.; BRITO, D. R. B., & COSTA, F. N. Prevalência e etiologia da mastite em bovinos leiteiros da Ilha de São Luís, estado do Maranhão, Brasil. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, v. 36, n. 4, 2014.

SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L. **Controle de mastite e qualidade do leite – Desafios e soluções**. 1. ed. Pirassununga-SP, 2019, 301 p.

BUENO, V. F. F. Etiologia e suscetibilidade a antimicrobianos dos agentes da mastite bovina isolados na região de Pirassununga, SP, Brasil. **Revista de Patologia Tropical**, v. 32, n. 1, 2003.

COSER, S. M.; LOPES, M. A.; COSTA, G. M. Mastite bovina: controle e prevenção. (**Boletim Técnico**). Universidade Federal de Lavras, n.93, 2012.

COSTA, G. M.; BARROS, R. A.; COSTA, D. A.; PÁDUA, P. U.; FIGUEREIDO, D. J.; SILVA, N. 2013. Resistência a antimicrobianos em *Staphylococcus aureus* isolados de mastite em bovinos leiteiros de Minas Gerais, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, 80.

LANGONI, H. Qualidade do leite: utopia sem um programa sério de monitoramento da ocorrência de mastite bovina. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, 2013.

LINS, J. L. F. H. A.; MARREIROS, V. P. N. 1992. Mastite bovina na bacia leiteira de Teresina, PI. I. Avaliação do sistema de produção. II. Prevalência de mastite. III. Contribuição à análise epidemiológica. Congresso Internacional de Medicina Veterinária em Língua Portuguesa, Salvador, BA.

MAHMMOD, Yasser. O futuro das tecnologias de PCR no diagnóstico de patógenos da mastite bovina. **Adv Dairy Res**, v. 2, n. 1, 2013.

MARTINS, R. P.; SILVA, J. A. G.; NAKAZATO, L.; DUTRA, V.; FILHO, E. S. A. Prevalência e etiologia infecciosa de mastite bovina na microrregião de Cuiabá-MT. **Ciência Animal Brasileira**, v. 11, n. 1, 2010.

MESQUITA, A. A.; SILVA, V. Z.; ROCHA, J. G.; DIONÍSIO, J. V. S.; CALDEIRA, F. H. B.; FREIRIA, L. B.; SANTOS, C. O.; BRANDÃO, E. M. O impacto da extensão rural no controle da mastite em propriedades de agricultura familiar na região amazônica: Estudo de multicasos. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 14, n. 1, 2020.

PAULUK, R. M. BOVINOCULTURA LEITEIRA, ESTUDO DE CASO COMPARANDO SISTEMA CONFINADO E SEMI EXTENSIVO NA PRODUÇÃO DE LEITE. Engenharia Agrônômica, 2020.

SOUZA, G. N.; BRITO, J. R. F.; MOREIRA, E. C.; BRITO, M. A. V. P.; BASTOS, R. R. Fatores de risco associados à alta contagem de células somáticas do leite do tanque em rebanhos leiteiros da Zona da Mata de Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, n. SUPPL. 2, 2005.

TOXIC IMPACT OF AN AGRICULTURAL INSECTICIDE RUSTILE ON A NON-TARGET SPECIES *DAPHNIA MAGNA* STRAUS, 1820 (CRUSTACEA, CLADOCERA)

Acceptance date: 01/07/2024

Habiba Gacem

Higher Normal School of Technological Education, Algeria
Laboratory of Biology, Water and Environment, University of 08 May 1945, Guelma, Algeria
Laboratory of physical, Chemistry and Biology of Materials, Algeria

Hadia Rizi

Département de Biologie, Faculté des Sciences et de la Nature, Université Chadli Bendjedid El-Tarf, Algérie

Imene Khafallah

Higher Normal School of Technological Education, Algeria
Laboratory of physical, Chemistry and Biology of Materials, Algeria

Taqiyeddine Bensouilah

Laboratory of Biology, Water and Environment, University of 08 May 1945, Guelma, Algeria

Ahmed Lemouchi

Department of Biology, Faculty of Sciences, University of BADJI Mokhtar, Annaba, Algeria

Rabah Chaouch

Higher Normal School of Technological Education, Algeria
Laboratory of physical, Chemistry and Biology of Materials, Algeria

Hicham Boughendjioua

Higher Normal School of Technological Education, Algeria
Laboratory of physical, Chemistry and Biology of Materials, Algeria

Moussa Houhamdi

Laboratory of Biology, Water and Environment, University of 08 May 1945, Guelma, Algeria

ABSTRACT: Aquatic organisms are used to assess the health of aquatic systems. Extensive use of pesticides in agricultural and public health programs causes many environmental problems and toxic effects on aquatic animals, especially against non-target organisms such as non-target organisms for *Daphnia magna* mosquito larvae. These biological models were chosen for their importance in the food chain and in maintaining balance. Rustile is a pesticide multipurpose insecticide, manufactured by SARL DEKACHIM, consists of 20% of the active ingredient Acetamipride. The lethal doses used in the treatment of this non-target group were LC50 mL/L and LC90 mL/L. The overall objective of this work is to study the toxicity of Rustile in freshwater

crustaceans in order to assess the risk of this pesticide to aquatic organisms. To investigate this, we chose *Daphnia magna* as a study model, because due to its key role in the food chain, this species was treated with two lethal doses of each. The first test involved 20 individuals of *Daphnia magna* in five replicates in 150 ml filtered perching water and 1.45 ml/L insecticide. The second test included 20 individuals of *Daphnia magna* in five replicates in 150 ml filtered perching water and 1.90 ml/L insecticide. The tests consisted of five replications and a control, and were carried out in food-preserving plastic containers. *Daphnia magna* deaths have been recorded after one, two and three days. The toxicity study showed variable sensitivity of the treated species, which led to mortality rates, with a maximum mortality value of 86% for the first dose and 97% for the second dose. With little stability between the effects of the two studied doses, this indicates that the pesticide «Rustile» is a more toxic element.

KEYWORDS: *Daphnia magna*, Insecticide, Ecotoxicity, Rustile, Cladoceran.

RÉSUMÉ: Les organismes aquatiques sont utilisés pour évaluer la santé des systèmes aquatiques. L'utilisation intensive de pesticides dans les programmes agricoles et de santé publique entraîne de nombreux problèmes environnementaux et effets toxiques sur les animaux aquatiques, en particulier contre les organismes non ciblés tels que les organismes non ciblés par les larves de moustiques *Daphnia magna*. Ces modèles biologiques ont été choisis pour leur importance dans la chaîne alimentaire et dans le maintien de l'équilibre. Rustile est un pesticide insecticide polyvalent, fabriqué par la SARL DEKACHIM, composé de 20% de principe actif Acétamipride. Les doses mortelles utilisées dans le traitement de ce groupe non cible étaient CL50 mL/L et CL90 mL/L. L'objectif global de ce travail est d'étudier la toxicité du Rustile chez les crustacés d'eau douce afin d'évaluer le risque de ce pesticide pour les organismes aquatiques. Pour étudier cela, nous avons choisi *Daphnia magna* comme modèle d'étude, car en raison de son rôle clé dans la chaîne alimentaire, cette espèce a été traitée avec deux doses mortelles de chacune. Le premier test a porté sur 20 individus de *Daphnia magna* en cinq répétitions dans 150 ml d'eau de perchoir filtrée et 1,45 ml/L d'insecticide. Le deuxième test comprenait 20 individus de *Daphnia magna* en cinq répétitions dans 150 ml d'eau de perchoir filtrée et 1,90 ml/L d'insecticide. Les tests comprenaient cinq répétitions et un contrôle et ont été réalisés dans des récipients en plastique destinés à la conservation des aliments. Des décès de *Daphnia magna* ont été enregistrés après un, deux et trois jours. L'étude de toxicité a montré une sensibilité variable des espèces traitées, ce qui a conduit à des taux de mortalité, avec une valeur de mortalité maximale de 86 % pour la première dose et de 97 % pour la deuxième dose. Avec peu de stabilité entre les effets des deux doses étudiées, cela indique que le pesticide « Rustile » est un élément plus toxique.

MOTS CLÉS: *Daphnia magna*, Insecticide, Écotoxicité, Rustile, Cladocère.

INTRODUCTION

The term “Biodiversity”, a contraction of “Biological diversity”, was introduced in the mid-1980s by naturalists (Lévêque, 2008) is an expression designating the Variety of living organisms of all origins including, among others, ecosystems terrestrial, marine and other aquatic ecosystems and the ecological complexes of which they are part; this includes diversity within species and between species. Insects are excellent indicators of the quality of the habitats where they meet. This is how they are used as bioindicators of water quality. (Yapo, Atse & Kouassi, 2012). The world market for pesticides represents approximately 40 billion dollars; it has been stable since the year 2000. Algeria imports on average 8,827 tons of pesticides for an estimated cost of nearly 4.5 billion dinars per year. The intensive use of pesticides is often accompanied by fatal consequences, resulting in the destruction of crop pollinating insects with the effect of decreasing yields. Elimination of natural enemies of pests results in the loss of natural phytosanitary methods that maintain populations of natural crop enemies and vectors. The emergence of resistance to pesticides results in the intensification of their use, pollution of soil and water, and finally the degradation of biodiversity, especially of non-target organisms. This is due to the excessive and irrational use of pesticides (Goh, 2021). *Daphnia* are filter-feeding organisms phytophagous and bacteriophagous, and considered as primary consumers (Lovern et al., 2007). Heteroptera, formerly called bugs, are a suborder of hemimetabolic insects in the order of Hemiptera (Elder, 2012). They are also good bioindicators, especially for heavy metals (Brahimi et al., 2021). They are often formidable predators themselves and effectively contribute to the reduction of mosquito populations (Elder, 2016). *Daphnia magna* is a freshwater zooplankton microcrustacean in the family Daphnidae. These organisms can be found in puddles, ponds. Daphnids are filter-feeding organisms, considered as primary consumers. They are phytophagous and bacteriophagous (Hadas et al., 1983).

MATERIALS AND METHODS

Presentation of the study area Garaate Djamel

Garaate Djamel is located in the commune of El Chat, daira of Ben Mhidi on the left side of the wilaya road number 109 connect the wilaya of Annaba with El- Kala (Gacem, 2013). Fig.1



Figure 1: Location of observation station (Garaat Djamel)

PRESENTATION OF THE BIOLOGICAL MATERIAL

Identification of The *Daphnia magna* Straus, 1820

Is a micro crustacean widely distributed in non-flowing fresh waters of temperate climatic zones. Its size varies between 3 and 5 mm as an adult. The head includes the eyes, the mouth and 2 antennas which are used for locomotion. The body is protected by a transparent carapace which is changed during the moults. This carapace is finished by an apical spine. The ventral part is equipped with appendices which filter the phytoplankton (Vesseron, 2000). The use of *D. magna* for Eco toxicological tests has many advantages such as relatively easy rearing,

Systematic position of the *Daphnia magna*

Kingdom: Animalia

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Crustacea

Class: Branchiopoda

Subclass: Phyllopoda

Superorder: Diplostraca

Order: Anomopoda

Family: Daphniidae

Genus: *Daphnia*

Species: *D. magna*

Insecticide Rustile

They are active substances or phytosanitary preparations that have the property of killing insects and/or their larvae and/or eggs. They are part of the family of pesticides, themselves included in the family of chemical pesticides, subject to regulation in Europe through specific directives. The generic term “insecticide” also includes pesticides intended to control arthropods that are not insects (such as spiders or mites such as ticks) as well as sometimes repellents. A distinction is made between contact products. Insecticides are chemical pesticides intended to destroy insects: widely used in agriculture and community health (disease vector control), they are also present in the home environment, although interesting from the point of view of operator safety, they have been subject to significant limitations in use due to Presumed adverse effects on non-target groups (Habiba, 2022). Both of these are great. The insecticide families are reviewed respectively, toxicokinetics, mode of action at the biochemical level and described toxic effects in humans in the main exposure contexts: household accidents, suicidal poisoning by high doses (Gacem, 2023).

ANALYSIS AND STATISTICS

The results obtained are represented by the mean, the standard deviation and the percentage of mortality; we used the EXEL 2007 and EXEL 2010.

RESULTS

Effect of Rustile on *Daphnia magna*

The purpose of this part of the study is to assess the effects of Rustile on freshwater aquatic invertebrates under exposure conditions that approximate the environment. Rustile is used in measured doses. We assessed the toxicity of Rustile on a water flea *Daphnia magna*, representative of freshwater crustaceans and recommended by international organizations as a model for the assessment of ecotoxicity in water.

The results show a difference between the effects of the insecticide for the two doses. The effect of the two doses, LC50 and LC90, was tested. The tables below show the results obtained after 3 days of treatment. (Table 1; Figure 1). At the end of the test, significant effects on survival were observed at the two doses tested, the mean mortality increased with the increase in dose. Thus, total mortality was observed for 72 h of the 2nd dose.

jours Doses	1 jour	2jours	3 jours
M±E Dose 1.45 ml/ l	14.33± 4.033	15.5 ± 3.728	15.833 ± 3.544
M±E Dose 1.90 ml/l	15.33± 4.179	17 ± 4.335	17.833 ± 4.020

Table 1: The results of the effect of the 2 doses of "Rustile" insecticide for 3 days (Average; E: standard deviation).

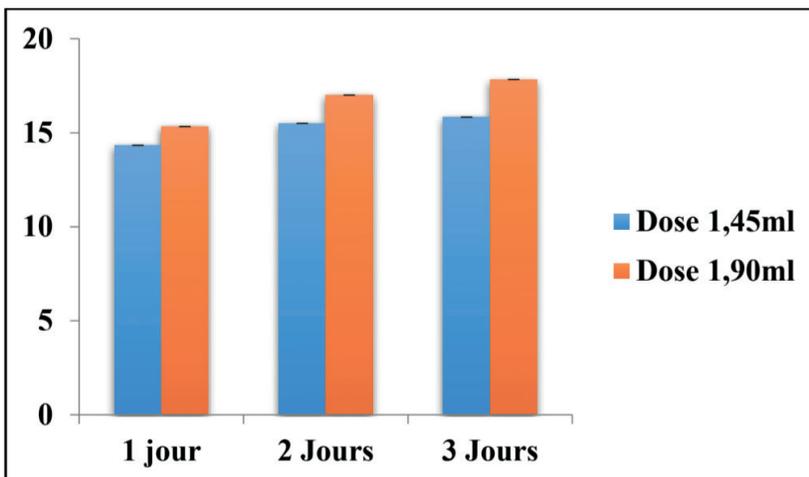


Figure 1: The effect of 2 doses of "Rustile" insecticide for 3 days

DISCUSSION

This work was devoted to the assessment of the risk of an insecticide for the aquatic environment through ecotoxicity tests on the cladoceran crustacean *D. magna*. The results show a difference between the effects of the insecticide for the two doses and show that daphnids are one of the most sensitive species. Mortality survival was affected after 3 days of exposure to measured doses of Rustile between 1.45 and 1.95 ml/L Rustile.

This is what (Balança and Visscher, 1994) point out when showing that the impact of insecticides on non-target arthropods varies greatly depending on the nature of the product, the dose used, the date of treatment, the taxon considered and the circles concerned.

Unfortunately, there is no study related to the effect of this pesticide on *Daphnia magna*, on the other hand other studies have been carried out on the effects of other pesticides such as chlordane, deltamethrin and malathion.

CONCLUSION

This work was devoted to the study of several aspects of the toxicity of an insecticide on the non-target population (*Daphnia magna* Cladocerae). The different stages were all faithful to a basic choice which consisted on the one hand of working with measured doses of Rustile. The results obtained for the two doses tested show that there is a difference in Rustile sensitivity related to the test and culture conditions. We can therefore conclude that Rustile has a very effective impact because we found a large percentage of mortality.

REFERENCES

Lévêque, Christian., 2008. La biodiversité au quotidien : *Le développement durable à l'épreuve des faits* Paris, Editions Quae, Paris.

Yapo & al., 2012. Inventaire des insectes aquatiques des étangs de piscicoles au Cote d'ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 58: 4208–4222.

Hadas O., Kott Y., Bachrach U. & Cavari B., 1983. Ability of *Daphnia* Cell-Free Extract to Damage *Escherichia coli* Cells. *Appl. Environ. Microbiol.*, 45, 1242–1246.

Balança G., Visscher M-N., 1994. Les effets sur les araignées et les insectes non cibles des traitements chimiques contre les criquets ravageurs: rapport annuel sur la deuxième campagne de relevés (Burkina Faso, juillet à novembre 1993). *Document 494. CIRAD - GERDAT - PRIFAS : Montpellier (France)*, pp 61.

Gacem, H., Bendali-saoudi, F., Serradj, N., Houmani, M., & Soltani, N. 2023. Risk assessment of the neonicotinoid insecticide acetamiprid on two non-target species, *daphnia magna* straus, 1820 (crustacea, cladocera) and *plea minutissima* leach, 1817 (insecta, heteroptera). *Applied Ecology & Environmental Research*, 21(2).

Habiba, G., Imen, K., Rabeh, C., & Lina, L. 2022. A comparative study between biological and chemical control against domestic mosquito larvae. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(12).

Gacem, H., Bendali-Saoudi, F., & Soltani, N. 2013. Ecological study of some species of water mites (Acari; Hydrachnidia) newly identified harvested at the extreme North-eastern Algeria. *Annals of Biological Research*, 4(6), 230-235.

Yapo, E. (2012): Inventory of aquatic insects in fish ponds in Ivory Coast. – *Journal of Applied Biosciences* 58: 4208-4222.

Brahimi, D., Rahmouni, A., Brahimi, A., Mesli, L. (2021): Evaluating Insects as Bioindicators of the Wetland Environment Quality (Arid Region of Algeria). – *Vegetation Index and Dynamics*. DOI. org/10.5772/intechopen. 87465.

Elder, J. F. (2012): Armoricain Invertebrates. – *Catalog of aquatic and semi-aquatic Heteroptera of the department of La Manche (France) [Heteroptera: Nepomorpha and Gerromorpha]*, 10p.

Elder, J. F. (2016): Aquatic Heteroptera. A new national inventory, 25p. existing MRL for acetamiprid in bananas. – *EFSA Journal* 12(9): 3824.

Goh, M. S., Lam, S. D., Yang, Y. F., Naqiuddin, M., Khadijah-Addis, S. N., Yong, W. T. L., Luang, C., Sonne, M. N. L. (2021): Omics technologies used in pesticide residue detection and mitigation in crop. – *Journal of Hazardous Materials* 420: 126624. DOI.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126624.

Vesseron, P. (2000): Management and treatment of polluted sites, appendix 9, ecotoxicity tests. – In: *Management of polluted sites*, BRGM, Paris. pp. 3-10.

LEONARDO FRANÇA DA SILVA: Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal De Minas Gerais (UFMG). Engenheiro Segurança do Trabalho, especialista em Engenharia de Produção. Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista -UNESP. Doutor em Engenharia Agrícola (Construções Rurais e Ambiência) pela Universidade Federal de Viçosa. Atualmente atua como membro como membro colaborador dos grupos de pesquisa vinculado ao CNPq: Núcleo em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agroindustriais - AMBIAGRO- UFV, Ergonomia e segurança industrial, Ergonomia e Segurança do Trabalho, Segurança e Saúde do Trabalho, Ergonomia Florestal - LABOERGO - UFV . Atuou como Professor Substituto de Magistério Superior na Universidade Federal de Viçosa, campus Florestal, lecionando as disciplinas de Desenho Técnico e Construções Rurais. Possui experiência nas áreas de Engenharia agrícola, com ênfase em Engenharia de Construções Rurais, Desenho técnico e Assistido por computador, Sustentabilidade em sistemas de produção (Agrícola/Animal), Segurança do trabalho e Ergonomia, Desenvolvimento rural, Energia renováveis na agricultura.

FERNANDA LAMEDE FERREIRA DE JESUS: Possui graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais -UFMG (2013), graduação em letras inglês pelo Instituto Superior de Educação Ibituruna (2008), mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa - UFV (2016) e doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas pela Universidade de São Paulo - ESALQ/USP (2019). Atualmente é professora efetiva na Universidade Federal da Grande Dourados- UFGD. Durante o mestrado, trabalhou na área de concentração: Recursos Hídricos e Ambientais, Linha de pesquisa: Manejo e aproveitamento de resíduos agroindustriais, já no doutorado, trabalharam na área de Irrigação e Drenagem. Atua prioritariamente com os seguintes tópicos: Irrigação pressurizada, Manejo de culturas irrigadas, Fertirrigação, Manejo, tratamento e disposição de águas residuárias, sistemas alagados construídos (wetlands), Biodigestão anaeróbia e Controle de poluição.

JÉSSICA MANSUR SIQUEIRA FURTADO CRUSOÉ: Zootecnista formada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), com mestrado e doutorado em Zootecnia na área de nutrição e produção de animais monogástricos pela mesma instituição. Atualmente atua como professora substituta na UFV – Campus de Florestal, é coordenadora da Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão – Aves e Suínos da UFV e atua também como instrutora do Sistema FAEMG Senar Minas nas áreas de avicultura e suinocultura. Possui experiência em produção, nutrição e alimentação de aves e suínos, bioclimatologia, avicultura com foco em produção de ovos em sistemas alternativos, nutrição e alimentação de poedeiras e desenvolvimento sustentável da avicultura e suinocultura familiar.

AGRICULTURAL SCIENCES UNVEILED:

EXPLORING THE DYNAMICS OF FARMING AND SUSTAINABILITY 2

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

AGRICULTURAL SCIENCES UNVEILED:

EXPLORING THE DYNAMICS OF FARMING AND SUSTAINABILITY 2

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br