

Sistemas de Produção nas Ciências Agrárias 2

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Nítalo André Farias Machado
Kleber Veras Cordeiro
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2021

Sistemas de Produção nas Ciências Agrárias 2



Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Nítalo André Farias Machado
Kleber Veras Cordeiro
(Organizadores)

**Atena**
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena

Editora pelos autores.



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof^a Dr^a Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^a Dr^a Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^a Dr^a Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^a Dr^a Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^a Dr^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^a Dr^a Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^a Dr^a Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^a Dr^a Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof^a Dr^a Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^a Dr^a Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^a Dr^a Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^a Dr^a Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^a Dr^a Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^a Dr^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

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

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abráão Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis

Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará

Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ

Profª Drª Livia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás

Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe

Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná

Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz

Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa

Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados

Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas

Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo

Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
 Nítalo André Farias Machado
 Kleber Veras Cordeiro

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S623 Sistemas de produção nas ciências agrárias 2 /
 Organizadores Raissa Rachel Salustriano da Silva-
 Matos, Nítalo André Farias Machado, Kleber Veras
 Cordeiro. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-812-0

DOI 10.22533/at.ed.120210302

1. Ciências Agrárias. I. Silva-Matos, Raissa Rachel Salustriano da (Organizadora). II. Machado, Nítalo André Farias (Organizador). III. Cordeiro, Kleber Veras (Organizador). IV. Título.

CDD 630

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

A agropecuária é uma atividade essencial para a sustentabilidade e o bem-estar da humanidade, pois consiste em uma atividade econômica primária responsável diretamente pela produção de alimentos de qualidade, e em quantidades suficientes para atender à demanda alimentícia do mundo, bem como fornecer matérias primas de base para muitas indústrias importantes para o homem, como os setores: energético, farmacêutico e têxtil.

O sistema de produção, isto é, os métodos de manejo e processos utilizados na produção agropecuária, encontra-se em um cenário de constante discussão no meio científico e, conseqüentemente, um intenso aperfeiçoamento das técnicas utilizadas no campo. Esse cenário é reflexo do consenso mundial para uma produção em alta escala ainda mais sustentável, especialmente amigável ao meio ambiente em face dos impactos do aquecimento global e poluição.

O livro “*Sistema de Produção em Ciências Agrárias*” é uma obra que atende às expectativas de leitores que buscam mais informações sobre a sustentabilidade nos sistemas de produção agropecuária. Nesta obra são discutidas desde as interações entre os técnicos de campo, agricultores familiares e produtores rurais na assistência técnica aos métodos de beneficiamento de produtos agrícolas, com investigações que estudaram o perfil de sistemas produtivos usando desde questionários até o sensoriamento remoto e geoestatística, ou comparando-os com técnicas ou insumos alternativos.

Desejamos uma excelente leitura.

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Nítalo André Farias Machado
Kleber Veras Cordeiro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ATIVIDADE ANTIMICROBIANA E ANTIOXIDANTE DE MÉIS DE MELIPONÍDEOS DA MATA ATLÂNTICA PARANAENSE

Suelen Ávila

Polyanna Silveira Hornung

Gerson Lopes Teixeira

Marcia Regina Beux

Rosemary Hoffmann Ribani

DOI 10.22533/at.ed.1202103021

CAPÍTULO 2..... 14

ATIVIDADE BIOLÓGICA NO SOLO ENTRE SISTEMA DIRETO E CONVENCIONAL

Ana Caroline da Silva Faquim

Mariana Vieira Nascimento

Rayssa Costa de Sousa

Eliana Paula Fernandes Brasil

DOI 10.22533/at.ed.1202103022

CAPÍTULO 3..... 25

ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO EM UMA UNIDADE DE PRODUÇÃO RURAL NO MUNICÍPIO DE PACAJÁ, PARÁ, BRASIL

Elisvaldo Rocha Silva

Sandra Andréa Santos da Silva

Samia Cristina de Lima Lisboa

Vivian Dielly da Silva Farias

Sheryle Santos Hamid

Marcos Antônio Souza dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.1202103023

CAPÍTULO 4..... 39

AVALIAÇÃO DE SUBSTRATOS ORGÂNICOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE PITANGUEIRA

Sarah Caroline de Souza

Sindynara Ferreira

Evando Luiz Coelho

Eduardo de Oliveira Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.1202103024

CAPÍTULO 5..... 48

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DE POPULAÇÕES DE FISÁLIS (*PHYSALIS PERUVIANA* L.)

Rita Carolina de Melo

Nicole Trevisani

Paulo Henrique Cerutti

Mauro Porto Colli

DOI 10.22533/at.ed.1202103025

CAPÍTULO 6.....58

CISTICERCOSE EM BUBALINOS ABATIDOS EM ESTABELECIMENTOS INSPECIONADOS PELO SIF, NO BRASIL: LOCAIS DE MAIOR OCORRÊNCIA DURANTE A INSPEÇÃO *POST MORTEM*

Jaíne Dessoy Mendonça
Felipe Libardoni
Samara Schmeling
Andriely Castanho da Silva
Luis Fernando Vilani de Pellegrin

DOI 10.22533/at.ed.1202103026

CAPÍTULO 7.....70

COLORFILA E PRODUÇÃO DE *UROCHLOA DECUMBENS* TRATADA COM BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS E TIAMINA NO CERRADO BRASILEIRO

Eduardo Pradi Vendruscolo
Aliny Heloísa Alcântara Rodrigues
Sávio Rosa Correia
Paulo Ricardo de Oliveira
Luiz Fernandes Cardoso Campos
Alexsander Seleguini
Sebastião Ferreira de Lima
Lucas Marquezan Nascimento
Gabriel Luiz Piatí

DOI 10.22533/at.ed.1202103027

CAPÍTULO 8.....79

CÓLICA EM EQUINOS

Luana Ferreira Silva
Hanna Gabriela Oliveira Maia
Fabiana Ferreira
Neide Judith Faria de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.1202103028

CAPÍTULO 9.....101

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA LENHA ECOLÓGICA DE CAPIM-ELEFANTE EM PÓS-ARMAZENAMENTO

Camila Francielli Vieira Campos
Ana Caroline de Sousa Barros
Fernando Carvalho de Araújo
Mariana Moreira Lazzarotto Rebelatto
Arielly Lima Padilha
Raphaela Karoline Moraes Barbosa
Júlia Maria Mello Becker
Danielle Beatriz de Lima Soares
Maiara da Silva Freitas
Larissa Fernanda Andrade Souza
Gabriella Alves Ramos
Brenda Wlly Arguelho Pereira

DOI 10.22533/at.ed.1202103029

CAPÍTULO 10..... 107

DESEMPENHO DO TOMATE CEREJA SOB DIFERENTES TAXAS DE REPOSIÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO E TIPOS DE ADUBAÇÃO

Rigoberto Moreira de Matos
Patrícia Ferreira da Silva
Vitória Ediclécia Borges
Raucha Carolina de Oliveira
Semako Ibrahim Bonou
Luciano Marcelo Fallé Saboya
José Dantas Neto

DOI 10.22533/at.ed.12021030210

CAPÍTULO 11 121

DESENVOLVIMENTO DE GIRASSOL SUBMETIDO À DOSAGENS DE TORTA DE FILTRO EM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO TÍPICO

Adriely Vechiato Bordin
Antonio Nolla
Thaynara Garcez da Silva

DOI 10.22533/at.ed.12021030211

CAPÍTULO 12..... 133

EFFECT OF MAGNETIC FIELD ON THE MIDGUT AND REPRODUCTIVE SYSTEM OF *ANTHONOMUS GRANDIS* BOHEMAN (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)

Maria Clara da Nóbrega Ferreira
Glaucilane dos Santos Cruz
Hilton Nobre da Costa
Victor Felipe da Silva Araújo
Carolina Arruda Guedes
Valeska Andrea Ático Braga
Álvaro Aguiar Coelho Teixeira
Valeria Wanderley Teixeira

DOI 10.22533/at.ed.12021030212

CAPÍTULO 13..... 143

EFEITO DO GLYPHOSATE ASSOCIADO A INOCULANTES E TRATAMENTO DE SEMENTES NA SOJA E COMUNIDADE BACTERIANA

Evelin Regina Albano Balastrelli
Miriam Hiroko Inoue
Hilton Marcelo de Lima Souza
Kassio Ferreira Mendes
Ana Carolina Dias Guimarães
Antonio Marcos Leite da Silva
Cleber Daniel de Goes Maciel
João Paulo Matias
Paulo Ricardo Junges dos Santos
Thaiany Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.12021030213

CAPÍTULO 14..... 156

IMPACTO DO ESTRESSE CALÓRICO NA BOVINOCULTURA LEITEIRA

Maila Palmeira
Luciano Adnauer Stingelin
Giovanna Mendonça Araujo
Bruno Alexandre Dombroski Casas
Fabiana Moreira
Vanessa Peripolli
Ivan Bianchi
Carlos Eduardo Nogueira Martins
Juahil Martins de Oliveira Júnior
Elizabeth Schwegler

DOI 10.22533/at.ed.12021030214

CAPÍTULO 15..... 164

INFLUÊNCIA DO DESFOLHAMENTO NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DO MILHO

João Henrique Sobjeiro Andrzejewski
Silvestre Bellettini
Nair Mieke Takaki Bellettini (In Memoriam)
Eduardo Mafra Botti Bernardes de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.12021030215

CAPÍTULO 16..... 183

INTERAÇÃO GENÓTIPO*AMBIENTE EM FEIJÃO CONSIDERANDO DISTINTAS METODOLOGIAS

Paulo Henrique Cerutti
Rita Carolina de Melo
Nicole Trevisani

DOI 10.22533/at.ed.12021030216

CAPÍTULO 17..... 194

ZEBU COW'S MILK: ASSOCIATION OF PHYSICAL-CHEMICAL COMPOSITION WITH ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND SOMATIC CELL COUNT

Emmanuella de Oliveira Moura Araújo
José Geraldo Bezerra Galvão Júnior
Guilherme Ferreira da Costa Lima
Stela Antas Urbano
Adriano Henrique do Nascimento Rangel

DOI 10.22533/at.ed.12021030217

CAPÍTULO 18..... 206

MICROORGANISMOS BENÉFICOS E SUAS UTILIZAÇÕES EM CULTURAS AGRÍCOLAS

Jéssica Rodrigues de Mello Duarte
Geovanni de Oliveira Pinheiro Filho
Diogo Castilho Silva
Eliana Paula Fernandes Brasil

DOI 10.22533/at.ed.12021030218

CAPÍTULO 19.....218

MICROORGANISMOS MULTIFUNCIONAIS: UMA REVISÃO

Mariana Aguiar Silva

Sara Raquel Mendonça

Cristiane Ribeiro da Mata

Eliana Paula Fernandes Brasil

DOI 10.22533/at.ed.12021030219

CAPÍTULO 20.....228

MONITORAMENTO DE ENTEROBACTERIACEAE RESISTENTE AOS ANTIMICROBIANOS NA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

Victor Dellevedove Cruz

Luís Eduardo de Souza Gazal

Beatriz Dellevedove Cruz

Victor Furlan

Gerson Nakazato

Renata Katsuko Takayama Kobayashi

DOI 10.22533/at.ed.12021030220

CAPÍTULO 21.....241

POTENCIALIDADES QUÍMICAS E BIOATIVAS DO USO DA PLANTA E DO ÓLEO ESSENCIAL DE ALFAVACA (*OCIMUM GRATISSIMUM* L.)

Daniely Alves de Souza

João Victor de Andrade dos Santos

Angela Kwiatkowski

Ramon Santos de Minas

Geilson Rodrigues da Silva

Gleison Nunes Jardim

Dalany Menezes Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.12021030221

CAPÍTULO 22.....253

***SPONDIAS* SPP. COMO REPOSITÓRIOS NATURAIS DE PARASITÓIDES NATIVOS DE MOSCAS-DAS-FRUTAS NO CARIRI CEARENSE**

Francisco Roberto de Azevedo

Elton Lucio de Araújo

Itamizaele da Silva Santos

Nayara Barbosa da Cruz Moreno

Maria Leidiane Lima Pereira

Raul Azevedo

Antônio Carlos Leite Alves

DOI 10.22533/at.ed.12021030222

CAPÍTULO 23.....264

SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NO GERENCIAMENTO DE UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL: UMA BREVE REVISÃO

Larissa Brandão Portela

Joab Luhan Ferreira Pedrosa
Gustavo André de Araújo Santos
Anagila Janenis Cardoso Silva
Conceição de Maria Batista de Oliveira
Diogo Ribeiro de Araújo
Alana das Chagas Ferreira Aguiar

DOI 10.22533/at.ed.12021030223

CAPÍTULO 24.....274

TRIAGEM FITOQUÍMICA DE PLANTAS ABORTIVAS DO CERRADO: BARBATIMÃO, BUCHINHA - DO - NORTE, PANÃ, FAVA D'ANTA E TAMBORIL

Janine Kátia dos Santos Alves e Rocha
Neide Judith Faria de Oliveira
Raphael Rocha Wenceslau

DOI 10.22533/at.ed.12021030224

CAPÍTULO 25.....283

UMA REVISÃO SOBRE O CULTIVO DA MANDIOCA NO MARANHÃO, BRASIL

Nítalo André Farias Machado
João Pedro Santos Cardoso
Misael Batista Farias Araújo
Hosana Aguiar Freitas de Andrade
Kleber Veras Cordeiro
Edson Dias de Oliveira Neto
Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos
Jorge Ricardo dos Santos Faro

DOI 10.22533/at.ed.12021030225

SOBRE OS ORGANIZADORES295

ÍNDICE REMISSIVO296

CAPÍTULO 1

ATIVIDADE ANTIMICROBIANA E ANTIOXIDANTE DE MÉIS DE MELIPONÍDEOS DA MATA ATLÂNTICA PARANAENSE

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 16/11/2020

Suelen Ávila

Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Alimentação e Nutrição, Curitiba – Paraná.

<http://lattes.cnpq.br/1596712159468882>
<https://orcid.org/0000-0002-3776-1968>

Polyanna Silveira Hornung

Universidade de Manitoba, Departamento de Alimentos & Ciências da Nutrição Humana, Winnipeg – Manitoba.

<http://lattes.cnpq.br/3506939324185455>
<https://orcid.org/0000-0002-3419-1963>

Gerson Lopes Teixeira

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Florianópolis – Santa Catarina.

<http://lattes.cnpq.br/1702922674011916>
<https://orcid.org/0000-0002-3442-3525>

Marcia Regina Beux

Universidade federal do Paraná, Departamento de Patologia Básica, Curitiba – Paraná.

<http://lattes.cnpq.br/7412690029124339>
<https://orcid.org/0000-0002-6174-392X>

Rosemary Hoffmann Ribani

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Química, Curitiba – Paraná.

<http://lattes.cnpq.br/1821448395139141>
<https://orcid.org/0000-0001-8279-7428>

RESUMO: O mel tem se destacado na indústria dos produtos naturais pelas suas propriedades terapêuticas, incluindo atividade antioxidante e antimicrobiana, e pela aplicação nas indústrias alimentares e cosméticas. Neste contexto, avaliou-se a atividade antimicrobiana e antioxidante dos méis frescos, produzidos por quatro espécies de abelhas sem ferrão nativas do Paraná: *Melipona bicolor*, *Melipona quadrifasciata*, *Melipona marginata* e *Scaptotrigona bipunctata*. Foi avaliada a concentração inibitória mínima contra três bactérias gram-negativas (*Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* e *Salmonella typhimurium*), três gram-positivas (*Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* e *Bacillus cereus*) e um fungo (*Candida albicans*). A atividade antioxidante *in vitro* foi avaliada pelos ensaios de eliminação do radical livre 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) e 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS) e pela capacidade de absorção do radical oxigênio (ORAC). Os microrganismos avaliados foram sensíveis às 32 amostras de mel de abelhas sem ferrão nas concentrações testadas (3-400 mg/mL), destacando-se as bactérias *E. coli* e *S. typhimurium* como as mais sensíveis. Diferentes amostras produzidas pela mesma espécie de abelha sem ferrão demonstraram comportamento distinto em relação ao efeito analisado, portanto a ação antimicrobiana não decorre somente da espécie produtora do mel. Uma maior concentração de mel foi necessária para inibir o crescimento de bactérias gram-negativas e fungos, indicando maior resistência desses microrganismos do que das bactérias gram-positivas. Todas as amostras de mel apresentaram potencial antioxidante

(DPPH variou de 9,71-39,10 mmol de trolox equivalente (TE)/kg de mel; ABTS de 1,61-34,73 mmol TE/kg e ORAC de 35,49-94,35 mmol TE/kg). Foi observada uma correlação positiva entre os valores de DPPH, ABTS e ORAC ($r = 0,79$; $r = 0,70$ e $r = 0,71$, respectivamente). O mel de abelhas sem ferrão *in natura* é um produto alimentar saudável com propriedades antimicrobianas, fonte de substâncias antioxidantes e apresenta potencial efeito terapêutico para o tratamento de processos infecciosos causados pelas bactérias e fungo testados.

PALAVRAS - CHAVE: mel, antibacteriana, antifúngica, abelhas sem ferrão, *Melipona*, *Scaptotrigona*.

ANTIMICROBIAL AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF NATIVE MELIPONINI HONEY OF THE PARANÁ ATLANTIC FOREST

ABSTRACT: Honey has stood out in the natural products industry for its therapeutic properties, including antioxidant and antimicrobial activity, and its application in the food and cosmetics industries. In this context, the antimicrobial and antioxidant activity of fresh honeys produced by four stingless bee species native to Paraná state (Brazil) were evaluated: *Melipona bicolor*, *Melipona quadrifasciata*, *Melipona marginata*, and *Scaptotrigona bipunctata*. The minimum inhibitory concentration against three gram-negative bacteria (*Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, and *Salmonella typhimurium*), three gram-positive bacteria (*Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, and *Bacillus cereus*), and one fungi (*Candida albicans*) was evaluated. The antioxidant activity *in vitro* was evaluated by the free radical scavenging assays using 1,1-Diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH) and 2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS), and by oxygen radical absorbance capacity (ORAC). The microorganisms evaluated were sensitive to the 32 honey samples from stingless bees at the tested concentrations (3-400 mg/mL), with *E. coli* and *S. typhimurium* being the most sensitive bacteria. Different samples produced by the same species of stingless bee showed different behavior concerning the analyzed effect; therefore, the antimicrobial action does not result only from the species that produce honey. A higher concentration of honey was necessary to inhibit the growth of gram-negative bacteria and fungi, indicating greater resistance of these microorganisms than that of gram-positive bacteria. All honey samples showed antioxidant potential (DPPH ranged from 9.71-39.10 mmol of Trolox equivalent (TE)/kg of honey; ABTS of 1.61-34.73 mmol TE/kg and ORAC of 35.49-94.35 mmol TE/kg). A positive correlation was observed between the values of DPPH, ABTS and ORAC ($r = 0.79$; $r = 0.70$ and $r = 0.71$, respectively). *In natura* stingless bee honey is a healthy food product with antimicrobial properties, a source of antioxidant compounds that has a potential therapeutic effect for the treatment of infectious processes caused by the tested bacteria and fungi.

KEYWORDS: honey, antibacterial, antifungal, stingless bees, *Melipona*, *Scaptotrigona*.

1 | INTRODUÇÃO

O mel é um dos alimentos naturais mais complexos; é composto principalmente de açúcares e outros constituintes, como enzimas, aminoácidos, ácidos orgânicos, carotenoides, vitaminas, minerais e substâncias aromáticas (ALQARNI *et al.*, 2014). Atualmente, existem dois tipos de mel produzidos e comercializados em todo o mundo: o

mel tradicional de *Apis mellifera* e o mel produzido por abelhas sem ferrão (ÁVILA *et al.*, 2018).

As abelhas sem ferrão são um grande grupo de abelhas sociais distribuídas nos trópicos em todo o mundo. Elas são encontradas na América do Sul e Central, África, Sudoeste da Ásia e Austrália. As abelhas sem ferrão coletam e modificam quimicamente néctares florais da rica vegetação de ambientes nativos, com substâncias orgânicas específicas, por exemplo, secreções salivares das glândulas em seus abdomens e enzimas de suas glândulas cefálicas (ÁVILA *et al.*, 2018; CHUTTONG *et al.*, 2016b). O mel é armazenado e deixado para amadurecer dentro das colônias, resultando em um mel com um grau incomum de acidez e doçura, cristalização lenta, textura fluida e valor medicinal (ABD JALIL; KASMURI; HADI, 2017; CHUTTONG *et al.*, 2016b).

As abelhas sem ferrão produzem e armazenam muito menos mel em uma base por colmeia (1-5 kg de mel por ano dependendo da espécie) em comparação com as abelhas *A. mellifera*, que são líderes mundiais na produção de mel, com uma média de 20 kg de mel por colmeia (CHUTTONG *et al.*, 2016a). Por outro lado, o mel de abelha sem ferrão está disponível nos mercados tradicionais e tem um preço significativamente maior em relação ao mel de *A. mellifera* (SE *et al.*, 2018; ZUCCATO *et al.*, 2017).

O mel de abelha sem ferrão apresenta potencial medicinal para ser usado no controle de tumores, inflamações, distúrbios visuais e diabetes (ÁVILA *et al.*, 2018; AZIZ *et al.*, 2017; BORSATO *et al.*, 2014; COSTA-NETO; OLIVEIRA, 2000; ILECHIE *et al.*, 2012; KUSTIAWAN *et al.*, 2014; KWAPONG; ILECHIE; KUSI, 2013; PATRICIA *et al.*, 2015; VIT, 2002; YAZAN *et al.*, 2016). O sabor, o aroma e o teor de compostos fenólicos presentes no mel estão fortemente associados ao pólen, néctar, resina e óleo, fontes botânicas, área geográfica, condições ambientais e as espécies de abelhas envolvidas na sua produção (ÁVILA *et al.*, 2019; COSTA *et al.*, 2017).

Portanto, o presente estudo foi conduzido para avaliar a atividade antioxidante e atividade antimicrobiana de méis de meliponídeos da Mata Atlântica paranaense de diferentes gêneros (*Melipona bicolor*, *M. quadrifasciata*, *M. marginata* e *Scaptotrigona bipunctata*).

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostras de méis

As amostras de mel avaliadas foram coletadas de quatro espécies brasileiras de abelhas, durante o verão de 2016 em conjunto com a Associação de Meliponicultores de Mandirituba (Amamel), Paraná, Brasil. As amostras foram coletadas na mesma região em diferentes meliponários para cada tipo de abelha. Assim, a coleção incluiu uma variabilidade de quatro espécies (compreendendo vinte e quatro amostras do gênero *Melipona* e oito do

gênero *Scaptotrigona*), somando um total de trinta e duas (32) amostras.

A coleta de mel foi realizada conforme a figura 1, perfurando os potes de mel com uma ferramenta estéril de aço inoxidável afiada, drenando o mel em um balde também estéril usando a força da gravidade. O mel foi primeiramente removido das colmeias do meliponário, depois drenado e finalmente transportado para um local de envase limpo. Posteriormente, cada amostra proveniente de uma colmeia de abelha diferente foi filtrada com o auxílio de uma peneira de nylon para eliminar as impurezas físicas. As amostras envasadas foram mantidas a 4 °C em recipientes de vidro fechados e mantidos no escuro até as análises.



Figura 1: Esquema de coleta, envase e armazenamento das amostras.

2.2 Atividade Antioxidante

Os compostos antioxidantes foram extraídos usando o tubo de extração em fase sólida (SPE XAD-2) com base no método de Gheldof et al. (2002) such as buckwheat honey, had the highest ORAC values. A linear correlation was observed between phenolic content and ORAC activity of the investigated honeys ($p < 0.0001$, $R^2 = 0.9497$ e Wang et al. (2004), com modificação de acordo com a figura 2. Amostras de mel (40 g) foram dissolvidas em 200 mL de água acidificada (pH 2,0) e homogeneizadas em banho ultrassônico por 30 min em temperatura ambiente. As soluções foram então centrifugadas a 1000 rpm durante 10 min para remover partículas sólidas. O tubo de SPE foi condicionado por lavagem com

10 ml de metanol e 10 ml de água acidificada. O filtrado foi passado através da resina Amberlite XAD-2. Açúcares e compostos polares foram eluídos com água acidificada (200 mL). Depois, os compostos antioxidantes foram recuperados com metanol (120 mL). O extrato metanólico foi evaporado sob vácuo a 35 °C e suspenso em água (5 mL). Esta solução foi extraída três vezes com acetato de etila (5 mL). As frações de acetato de etilo foram combinadas e evaporadas sob nitrogênio a 35 °C. Os extratos secos foram redissolvidos em 50% de metanol (400µL) e usados como extratos antioxidantes.

A atividade de eliminação do radical DPPH foi determinada de acordo com o método de Blois (1958) e modificada por Brand-Williams et al. (1995) com pequenas adaptações. A amostra de extrato fenólico (10 µL) foi adicionada a 190 µL de uma solução metanólica de DPPH a 60 µmol/L. A absorbância foi medida a 515 nm após a mistura ter descansado durante 30 min no escuro. O ensaio ABTS foi realizado conforme relatado por Re et al. (1999) com algumas modificações. Foram preparadas soluções estoque de 7 mmol/L de ABTS e 2,45 mmol/L de solução de persulfato de potássio. A solução de trabalho foi misturada com cada solução-mãe e deixada reagir durante 16 h à temperatura ambiente no escuro. A solução foi então diluída misturando a solução de radical ABTS com água para obter uma absorbância de 0,70 a 750 nm. A amostra de extrato fenólico (10 µL) foi adicionada a 300 µL de solução diluída de ABTS. O ensaio ORAC foi baseado no procedimento descrito por Huang et al. (2002) e modificado por Li et al. (2007). As soluções foram transferidas automaticamente de placa para placa com um sistema de pipetagem de microplacas automatizado Precision 2000 (Bio-Tek Instruments, Inc., Winooski, VT, EUA). Subsequentemente, utilizou-se um leitor de fluorescência de microplacas FLx 800 (Bio-Tek Instruments, Inc., Winooski, VT, EUA) para obter um comprimento de onda de excitação de 485/20 nm e um comprimento de onda de emissão de 528/20 nm. O leitor foi programado para registrar a fluorescência a cada minuto por 50 min após a adição do dicloridrato de 2,2'-azobis(2-amidinopropano) (AAPH). A curva do decaimento da fluorescência foi integrada usando o software KC4 3.0. Os resultados dos ensaios de capacidade antioxidante foram apresentados como micromol equivalentes de Trolox (µmol TE) por kg de mel.

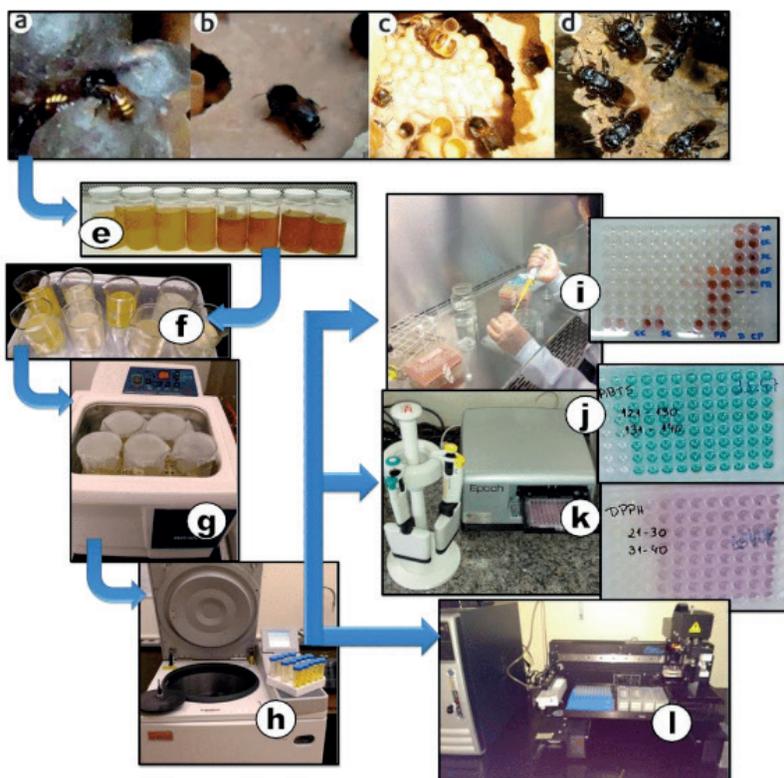


Figura 2: Espécies de abelhas sem ferrão: a) *Melipona quadrifasciata*; b) *Melipona marginata*; c) *Melipona bicolor*; d) *Scaptotrigona bipunctata*; e) méis coletados; f) amostras diluídas; g) Ultrassom; h) Centrífuga; i) atividade antimicrobiana; atividade antioxidante: j) ABTS; k) DPPH; l) ORAC.

2.3 Atividade Antimicrobiana

Cepas padrões de seis espécies bacterianas diferentes foram analisadas. Dentre elas, incluíram-se três gram-negativas (*Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Salmonella Typhimurium*), três gram-positivas (*Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*) e um fungo (*Candida albicans*). A concentração inibitória mínima (CIM) foi determinada com base no método do *National Committee for Clinical Laboratory Standards* (1997) com o caldo Müller-Hinton em uma microplaca com 96 poços. Diluições em série de mel foram processadas e 5% (v:v) de solução de cloreto de 2,3,5-trifenil-tetrazólio (TTC) em metanol foi usada para verificar o crescimento bacteriano. Cloranfenicol e cetoconazol foram usados como agentes antimicrobianos padrão. A determinação das CIMs foi baseada na presença ou ausência de coloração rosa, sendo a presença de coloração relacionada ao crescimento bacteriano (Figura 2i). Assim, considerou-se a menor concentração (g/100g de mel) que pode proporcionar uma inibição completa do crescimento.

2.4 Análises Estatísticas

A normalidade (teste de Kolmogorov-Smirnov) e a homogeneidade (teste de Levene) das variâncias foram verificadas para todas as variáveis, e os resultados foram apresentados como média \pm desvio padrão. A análise de variância unidirecional (ANOVA) foi utilizada para determinar diferenças significativas ($P < 0,05$) entre amostras de mel. Para as variáveis que apresentaram variâncias não homogêneas ($P < 0,05$), foi utilizado o teste de comparações múltiplas não-paramétrico de Kruskal-Wallis. O teste de Duncan foi utilizado para comparação de médias. O grau de associação entre as variáveis pareadas foi avaliado pela correlação de Pearson.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos métodos disponíveis para a medição da capacidade antioxidante e de acordo com Prior (2005), o ORAC é o ensaio biologicamente mais relevante e pode refletir a ação *in vivo*, enquanto o radical ABTS representa uma fonte radical “não fisiológica” que pode ser usada em uma ampla faixa de pH e em múltiplos meios para determinar as capacidades antioxidantes hidrofílicas e lipofílicas dos extratos. Por outro lado, Sanchez-Moreno (2002) sugeriu que o DPPH é um método fácil e preciso para medir o potencial antioxidante. Os antioxidantes podem responder de maneira distinta a diferentes fontes de radicais ou oxidantes e nenhum ensaio único refletirá com precisão todas as fontes radicais ou todos os antioxidantes em um sistema misto ou complexo. Além disso, Sancho et al. (2016) several antioxidant-related parameters were researched on 56 Spanish honeys, setting up and optimising some assays. Melissopalynology and colour (L^* , a^* , b^* evidenciaram que os valores de mel *in natura* foram superiores aos extratos de mel, utilizando o ensaio espectrofotométrico de compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante.

Portanto, nossos resultados apresentados na tabela 1, avaliaram três ensaios antioxidantes (DPPH, ABTS, ORAC) usando extratos dos méis, evitando a interferência de açúcares que podem superestimar os resultados, como no caso do mel *in natura* (HUANG; BOXIN; PRIOR, 2005) these assays can roughly be classified into two types: assays based on hydrogen atom transfer (HAT. Foi observado uma correlação positiva entre os valores de DPPH, ABTS e ORAC ($r = 0,79$; $r = 0,70$ e $r = 0,71$, respectivamente). Esses achados foram comparáveis aos valores encontrados para outros méis de abelhas sem ferrão Sul-brasileiros (BILUCA *et al.*, 2017) e mexicanos (JIMENEZ *et al.*, 2016). As amostras apresentaram maior atividade antioxidante do que o mel produzido por *A. mellifera* que apresentou valores entre 1,18 e 6,69 $\mu\text{mol TE/kg}$ para ABTS, 0,13 a 5,42 $\mu\text{mol TE/kg}$ para o método DPPH e 21,50 a 77,40 $\mu\text{mol TE/kg}$ para ensaios de ORAC (BILUCA *et al.*, 2017; JIMENEZ *et al.*, 2016).

O crescimento de sete microrganismos foi inibido por todas as amostras de mel.

Observou-se um resultado mais eficaz contra bactérias gram-negativas em comparação com as bactérias gram-positivas. A atividade antimicrobiana do mel de abelhas sem ferrão foi mais do que duas vezes maior que a do mel de *A. mellifera*, como relatado para *K. pneumoniae*, *E. coli*, *S. typhimurium*, *S. aureus*, *L. monocytogenes* e *B. cereus* (ALVAREZ-SUAREZ *et al.*, 2018; EWNUTU; LEMMA; BIRHANE, 2013; TENORE *et al.*, 2012) e para *C. albicans* (ALVAREZ-SUAREZ *et al.*, 2018; TENORE *et al.*, 2012). Embora a atividade antimicrobiana do mel esteja associada a suas propriedades osmóticas e ao conteúdo de peróxido de hidrogênio (ALVAREZ-SUAREZ *et al.*, 2010), nossos resultados mostraram que ele também pode estar correlacionado ao conteúdo de compostos antioxidantes (DAGLIA, 2012) e ao pH baixo (caráter ácido).

Com relação às origens botânicas das amostras, nossos resultados concordam com os obtidos por Osés *et al.* (2016) que após estudar a atividade antimicrobiana entre os cinco grupos de origem botânica por diluição em ágar e métodos de diluição em caldo, destacaram o fato de que a atividade antibacteriana não se correlacionou com a fonte floral. Além disso, a diluição do caldo provou ser mais informativa e rápida e forneceu concentrações antimicrobianas e bactericidas mínimas.

O mecanismo envolvido na atividade antibacteriana é altamente complexo devido ao envolvimento de múltiplos compostos e à variação significativa nas concentrações desses compostos entre diferentes tipos de mel (KWAKMAN; ZAAT, 2012). Kwakman *et al.* (2010) concluíram que não é possível quantificar a contribuição de diferentes fatores em relação à atividade bactericida do mel, pois esses fatores podem ter atividade redundante, serem mutuamente dependentes ou ter atividade aditiva ou sinérgica dependendo da espécie bacteriana alvo.

Espécies de abelhas sem ferrão	Amostra	Atividade Antioxidante ($\mu\text{molTE/ kg}$)		
		ABTS	DPPH	ORAC
<i>Melipona bicolor</i>	MB1	23,73 \pm 0,12 ^a	33,49 \pm 0,42 ^d	74,15 \pm 0,01 ^{de}
	MB2	10,41 \pm 0,28 ^{hij}	17,07 \pm 0,15 ^{lm}	73,13 \pm 1,18 ^{de}
	MB3	4,88 \pm 0,10 ^q	11,04 \pm 0,40 ^o	48,05 \pm 1,61 ^{kl}
	MB4	1,61 \pm 0,29 ^{pq}	9,71 \pm 0,27 ^q	48,54 \pm 0,30 ^{kl}
	MB5	13,27 \pm 0,20 ^{klm}	19,75 \pm 0,52 ^{ijk}	62,02 \pm 1,12 ^h
	MB6	3,78 \pm 0,12 ^{nop}	10,43 \pm 0,19 ^{op}	46,33 \pm 0,15 ^l
	MB7	12,10 \pm 0,71 ^{hij}	18,06 \pm 0,90 ^{kl}	60,38 \pm 1,83 ^h
	MB8	21,61 \pm 2,32 ^{gh}	20,01 \pm 0,20 ^{ef}	76,11 \pm 1,82 ^{cd}

<i>Melipona quadrifasciata</i>	MQ1	22,12 ± 2,83 ^{kl}	18,05 ± 0,33 ^e	66,65 ± 4,44 ^g
	MQ2	10,85 ± 0,76 ^{mno}	14,77 ± 0,52 ^{lm}	53,96 ± 0,65 ^{jl}
	MQ3	11,94 ± 0,38 ^{kl}	18,23 ± 0,36 ^{kl}	56,94 ± 1,25 ⁱ
	MQ4	13,67 ± 0,54 ^{hij}	21,36 ± 1,12 ^{ij}	82,87 ± 0,93 ^b
	MQ5	7,34 ± 0,47 ^{pq}	12,47 ± 0,53 ⁿ	50,84 ± 1,87 ^{jk}
	MQ6	10,03 ± 0,35 ^{lmn}	15,77 ± 0,59 ^m	47,49 ± 0,25 ^{kl}
	MQ7	10,01 ± 0,96 ^{lmn}	16,05 ± 0,77 ^m	55,52 ± 1,03 ⁱ
	MQ8	13,87 ± 2,01 ^{ij}	24,31 ± 0,51 ⁱ	68,19 ± 3,20 ^{fg}
<i>Melipona marginate</i>	MM1	13,83 ± 0,79 ^{lmno}	20,12 ± 0,29 ⁱ	49,29 ± 1,11 ^{kl}
	MM2	2,63 ± 0,30 ^{hij}	20,09 ± 0,26 ^{pq}	69,72 ± 0,79 ^{fg}
	MM3	11,12 ± 0,43 ^{hij}	18,12 ± 0,13 ^{lm}	73,73 ± 1,10 ^{de}
	MM4	19,91 ± 0,37 ^c	21,20 ± 0,36 ^g	73,22 ± 0,98 ^{de}
	MM5	14,19 ± 0,11 ^{kl}	18,32 ± 3,80 ⁱ	56,61 ± 2,18 ⁱ
	MM6	16,77 ± 0,53 ^{de}	22,98 ± 0,32 ^h	71,03 ± 0,59 ^{ef}
	MM7	31,32 ± 1,40 ^{ef}	26,95 ± 0,09 ^b	94,35 ± 2,24 ^a
	MM8	32,31 ± 1,66 ^{cd}	25,43 ± 0,41 ^b	85,48 ± 2,55 ^b
<i>Scaptotrigona bipuncata</i>	SB1	14,80 ± 0,12 ^g	18,07 ± 1,18 ⁱ	62,28 ± 1,56 ^h
	SB2	20,16 ± 0,26 ^{cd}	24,8 ± 0,44 ^g	62,36 ± 0,61 ^h
	SB3	18,9 ± 0,49 ^{cd}	25,07 ± 0,85 ^g	84,03 ± 4,06 ^b
	SB4	34,73 ± 0,63 ^b	39,10 ± 0,83 ^a	78,78 ± 1,23 ^c
	SB5	25,26 ± 1,27 ^g	21,20 ± 0,31 ^d	75,56 ± 3,52 ^{cd}
	SB6	11,35 ± 0,47 ^{op}	14,61 ± 2,15 ^{lm}	35,49 ± 3,33 ^m
	SB7	13,99 ± 0,56 ^k	19,16 ± 0,44 ⁱ	55,78 ± 0,28 ⁱ
	SB8	27,96 ± 0,30 ^{efg}	20,37 ± 0,21 ^c	76,01 ± 1,46 ^{cd}
<i>P</i> (ANOVA)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	

Tabela 1: Potencial antioxidante *in vitro* pelos ensaios de eliminação do radical livre 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) e 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS) e pela capacidade de absorção do radical oxigênio (ORAC) de méis de meliponídeos da mata atlântica paranaense.

Os locais onde as abelhas sem ferrão armazenam seu mel são compostos principalmente de cera, compostos antimicrobianos cuticulares e própolis, que compreendem uma ampla variedade de resinas vegetais (ABD JALIL; KASMURI; HADI, 2017; ODDO *et al.*, 2008). Em contraste, as abelhas *A. mellifera* utilizam favos de criação feitos apenas de cera (ODDO *et al.*, 2008. Conseqüentemente, o mel de abelhas sem ferrão tem uma exposição mais significativa à própolis, apresentando assim maiores possibilidades de saturação com compostos antimicrobianos derivados de plantas do que o mel de *A. mellifera* (EWNETU; LEMMA; BIRHANE, 2013), o que pode explicar as razões do mel de abelhas sem ferrão apresentarem melhores propriedades biológicas em comparação com *A. mellifera*.

No entanto, há relatos sobre valores de MIC para *Hypotrigena* sp. e *Melipona* sp. mostrando que estes méis possuem propriedades antimicrobianas contra *E. coli*, *Candida tropicalis*, *C. albicans* e *C. neoformans*, similares ao mel de *A. mellifera* e o mel de *Hypotrigena* sp. também exibiu maior atividade que outras variedades de mel contra *S. aureus*, *P. aeruginosa* e *S. entérica* (NWEZE *et al.*, 2016).

4 | CONCLUSÃO

O mel de abelhas sem ferrão in natura apresentou significativo potencial antioxidante e antimicrobiano, apresentando valores superiores aos do mel de *A. mellifera*. Os microrganismos testados (seis bactérias e um fungo) apresentaram um comportamento variável, tanto no que se refere à sensibilidade dos microrganismos avaliados, quanto ao poder antimicrobiano dos diferentes tipos de méis das quatro espécies diferentes de abelhas sem ferrão. O mel de abelhas sem ferrão pode ser explorado como uma fonte de antioxidantes naturais com potencial terapêutico frente à microrganismos como bactérias gram-positivas, gram-negativas e fungo.

REFERÊNCIAS

ABD JALIL, Mohd Azri; KASMURI, Abdul Razak; HADI, Hazrina. Stingless Bee Honey, the Natural Wound Healer: A Review. *Skin Pharmacology and Physiology*, v. 30, n. 2, p. 66–75, 2017. DOI: 10.1159/000458416. Disponível em: <https://www.karger.com/?doi=10.1159/000458416>.

ALQARNI, Abdulaziz S. *et al.* Mineral content and physical properties of local and imported honeys in Saudi Arabia. *Journal of Saudi Chemical Society*, v. 18, n. 5, p. 618–625, 2014. DOI: 10.1016/j.jscs.2012.11.009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jscs.2012.11.009>.

ALVAREZ-SUAREZ, José M. *et al.* Apis mellifera vs Melipona beecheii Cuban polyfloral honeys: A comparison based on their physicochemical parameters, chemical composition and biological properties. *LWT - Food Science and Technology*, v. 87, n. January, p. 272–279, 2018. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.08.079. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.079>.

ÁVILA, Suelen *et al.* Bioactive compounds and biological properties of Brazilian stingless bee honey have a strong relationship with the pollen floral origin. *Food Research International*, v. 123, n. January, p. 1–10, 2019. DOI: 10.1016/j.foodres.2019.01.068. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.068>.

ÁVILA, Suelen *et al.* Stingless bee honey: Quality parameters, bioactive compounds, health-promotion properties and modification detection strategies. *Trends in Food Science & Technology*, v. 81, n. August, p. 37–50, nov. 2018. DOI: 10.1016/j.tifs.2018.09.002. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224418301997>.

AZIZ, Muhammad Shakir Abdul *et al.* Pancreatoprotective effects of Geniotrigona thoracica stingless bee honey in streptozotocin-nicotinamide-induced male diabetic rats. *Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie*, v. 89, n. May, p. 135–145, 2017. DOI: 10.1016/j.biopha.2017.02.026. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biopha.2017.02.026>.

- BILUCA, Fabíola Carina *et al.* Phenolic compounds, antioxidant capacity and bioaccessibility of minerals of stingless bee honey (Meliponinae). *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 63, p. 89–97, 2017. DOI: 10.1016/j.jfca.2017.07.039. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2017.07.039>.
- BORSATO, Débora M. *et al.* Topical Anti-Inflammatory Activity of a Monofloral Honey of *Mimosa scabrella* Provided by *Melipona marginata* During Winter in Southern Brazil. *Journal of Medicinal Food*, v. 17, n. 7, p. 817–825, 2014. DOI: 10.1089/jmf.2013.0024. Disponível em: <http://online.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/jmf.2013.0024>.
- CHUTTONG, Bajaree *et al.* Effects of long term storage on stingless bee (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) honey. *Journal of Apicultural Research*, v. 54, n. 5, p. 441–451, 2016a. DOI: 10.1080/00218839.2016.1186404. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/00218839.2016.1186404>.
- CHUTTONG, Bajaree *et al.* Physicochemical profiles of stingless bee (Apidae: Meliponini) honey from South East Asia (Thailand). *Food Chemistry*, v. 192, p. 149–155, 2016b. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.06.089. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.089>.
- COSTA-NETO, E. M.; OLIVEIRA, M. V.M. Cockroach is good for asthma: Zootherapeutic practices in Northeastern Brazil. *Human Ecology Review*, v. 7, n. 2, p. 41–49, 2000. DOI: 10.2307/24706947. .
- COSTA, Ana Carolyn Viera da *et al.* Sensory and volatile profiles of monofloral honeys produced by native stingless bees of the Brazilian semi-arid region. *Food Research International*, 2017. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.10.043. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996917307299>.
- DAGLIA, Maria. Polyphenols as antimicrobial agents. *Current Opinion in Biotechnology*, v. 23, n. 2, p. 174–181, 2012. DOI: 10.1016/j.copbio.2011.08.007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.copbio.2011.08.007>.
- EWNETU, Yalemwork; LEMMA, Wossenseged; BIRHANE, Nega. Antibacterial effects of *Apis mellifera* and stingless bees honeys on susceptible and resistant strains of *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Klebsiella pneumoniae* in Gondar, Northwest. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, v. 13, n. 1, p. 1–7, 2013. DOI: 10.1186/1472-6882-13-269. Disponível em: BMC Complementary and Alternative Medicine.
- GHELDOLF, Nele; ENGESETH, Nicki J. Antioxidant Capacity of Honeys from Various Floral Sources Based on the Determination of Oxygen Radical Absorbance Capacity and Inhibition of in Vitro Lipoprotein Oxidation in Human Serum Samples. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, v. 50, n. 10, p. 3050–3055, 2002. .
- HUANG, Dejian; BOXIN, O. U.; PRIOR, Ronald L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 53, n. 6, p. 1841–1856, 2005. DOI: 10.1021/jf030723c. .
- ILECHIE, Alex Azuka *et al.* The efficacy of stingless bee honey for the treatment of bacteria-induced conjunctivitis in guinea pigs. *Experimental Pharmacology*, v. 4, p. 63–68, 2012. DOI: 10.2147/JEP.S28415. .
- JIMENEZ, Maribel *et al.* Physicochemical and antioxidant properties of honey from *Scaptotrigona mexicana* bee. *Journal of Apicultural Research*, v. 8839, n. August, p. 1–10, 2016. DOI: 10.1080/00218839.2016.1205294. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/00218839.2016.1205294>.

KUSTIAWAN, Paula M. *et al.* In vitro cytotoxicity of Indonesian stingless bee products against human cancer cell lines. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, v. 4, n. 7, p. 549–556, 2014. DOI: 10.12980/APJTB.4.2014APJTB-2013-0039. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2221169115301271>.

KWAKMAN, Paulus H. S. *et al.* How honey kills bacteria. *The FASEB Journal*, v. 24, n. July, p. 2576–2582, 2010. DOI: 10.1096/fj.09-150789. .

KWAKMAN, Paulus H.S.; ZAAT, Sebastian A.J. Antibacterial components of honey. *IUBMB Life*, v. 64, n. 1, p. 48–55, 2012. DOI: 10.1002/iub.578. .

KWAPONG, P K; ILECHIE, A A; KUSI, R. Comparative antibacterial activity of stingless bee honey and standard antibiotics against common eye pathogens. *Journal of Microbiology and Biotechnology Research*, v. 3, n. 1, p. 9–15, 2013. Disponível em: <http://scholarsresearchlibrary.com/JMB-vol3-iss1/JMB-2013-3-1-162-168.pdf%5Cnhttp://scholarsresearchlibrary.com/JMB-vol3-iss2/JMB-2013-3-2-9-15.pdf>.

NATIONAL COMMITTEE FOR CLINICAL LABORATORY STANDARDS. Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically. In: M7–A4, APPROVED STANDARD (Org.). *NCCLS- National Committee for Clinical Laboratory Standards*. 4. ed. [S.l.]: ST National Committee for Clinical Laboratory Standardss, Wayne, Pa., 1997. .

NWEZE, Justus Amuche *et al.* Pharmacognosy & Natural Products Comparison of Antimicrobial Potential of Honey Samples from *Apis mellifera* and Two Stingless Bees from Nsukka, Nigeria. *OMICS International Research Article Nweze J Pharmacogn Nat Prod*, v. 2, n. 4, 2016. DOI: 10.4172/2472-0992.1000124. .

ODDO, Livia Persano *et al.* Composition and antioxidant activity of *Trigona carbonaria* honey from Australia. *Journal of medicinal food*, v. 11, n. 4, p. 789–94, 2008. DOI: 10.1089/jmf.2007.0724. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19012514>.

PATRICIA, Vit *et al.* Meliponini biodiversity and medicinal uses of pot-honey from El Oro province in Ecuador. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, v. 27, n. 6, p. 502–506, 2015. DOI: 10.9755/ejfa.2015.04.079. .

SANCHO, M. Teresa *et al.* Critical assessment of antioxidant-related parameters of honey. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 51, n. 1, p. 30–36, 2016. DOI: 10.1111/ijfs.12988. .

SE, Kuan Weu *et al.* Accurate evaluation of sugar contents in stingless bee (*Heterotrigona itama*) honey using a swift scheme. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 66, n. November 2017, p. 46–54, 2018. DOI: 10.1016/j.jfca.2017.12.002. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.12.002>.

TENORE, Gian Carlo *et al.* Nutraceutical potential of monofloral honeys produced by the Sicilian black honeybees (*Apis mellifera* ssp. *sicula*). *Food and Chemical Toxicology*, v. 50, n. 6, p. 1955–1961, 2012. DOI: 10.1016/j.fct.2012.03.067. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2012.03.067>.

VIT, Patricia. Effect of Stingless Bee Honey in Selenite Cataracts. *Apiacta*, v. 3, n. November, p. 37–40, 2002. .

WANG, Xh; GHELDOLF, N; ENGESETH, Nj. Effect of processing and storage on antioxidant capacity of honey. *Journal of food science*, v. 69, n. 2, p. 96–101, 2004. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2004.tb15509.x. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.2004.tb15509.x/abstract>.

YAZAN, Latifah Saiful *et al.* Chemopreventive Properties and Toxicity of Kelulut Honey in Sprague Dawley Rats Induced with Azoxymethane. *BioMed Research International*, n. June, p. 10–15, 2016. DOI: 10.1155/2016/4036926. .

ZUCCATO, V *et al.* Entomological authentication of stingless bee honey by 1 H NMR-based metabolomics approach. *Food Control*, v. 82, p. 145–153, 2017. DOI: 10.1016/j.foodcont.2017.06.024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.06.024>.

ATIVIDADE BIOLÓGICA NO SOLO ENTRE SISTEMA DIRETO E CONVENCIONAL

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 17/12/2020

Ana Caroline da Silva Faquim

Universidade Federal de Goiás (UFG), Escola de Agronomia, Goiânia - Goiás
<http://lattes.cnpq.br/0791648753335083>

Mariana Vieira Nascimento

Universidade Federal de Goiás (UFG), Escola de Agronomia, Goiânia - Goiás
<http://lattes.cnpq.br/8112142817149036>

Rayssa Costa de Sousa

Universidade Federal de Goiás (UFG), Instituto de Ciências Biológicas, Ecologia e Análise Ambiental, Goiânia - Goiás
<http://lattes.cnpq.br/2209336260164118>

Eliana Paula Fernandes Brasil

Universidade Federal de Goiás (UFG), Escola de Agronomia, Goiânia - Goiás
<http://lattes.cnpq.br/7324619074753727>

RESUMO: O solo é um meio natural fundamental para o funcionamento do ecossistema e constitui um balanço entre os fatores físicos, químicos e biológicos. Sistemas conservacionistas de uso do solo, são importantes modelos para evitar a degradação do mesmo. Os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, são alterados pelas práticas de manejo afetando a sustentabilidade ambiental e refletindo na perda de qualidade e a produtividade agrícola. Os atributos biológicos são importantes indicadores de alterações

causadas por práticas agrícolas, úteis para o monitoramento e orientam o planejamento e a avaliação das práticas de manejo. O objetivo desta revisão bibliográfica foi abordar sobre os efeitos dos sistemas direto e convencional de uso e manejo do solo em relação a atividade biológica do solo. As atividades agrícolas promovem alterações nos atributos biológicos do solo e provocam, na maioria das vezes, impacto ambiental negativo. As práticas de manejo agrícola convencionais provocam a quebra dos ciclos biogeoquímicos no solo, reduzem a ação dos microrganismos presentes no solo e seus benefícios tanto na disponibilidade de nutrientes quanto na decomposição da matéria orgânica. O grau de impacto está relacionado com o manejo do sistema produtivo e as práticas agrícolas. O sistema de plantio direto, quando em comparação com o sistema plantio convencional, propicia maior biomassa microbiana e maior acúmulo de carbono no solo em longo prazo. Além de, promover a menor degradação e elevar o teor de matéria orgânica do solo.

PALAVRAS - CHAVE: manejo, atributos, sustentabilidade.

BIOLOGICAL ACTIVITY IN THE SOIL BETWEEN DIRECT AND CONVENTIONAL SYSTEM

ABSTRACT: Soil is a fundamental natural environment for the functioning of the ecosystem and constitutes a balance between physical, chemical and biological factors. Conservation systems for land use are important models to avoid soil degradation. The physical, chemical and biological attributes of the soil are altered

by management practices, affecting environmental sustainability and reflecting on loss of quality and agricultural productivity. Biological attributes are important indicators of changes caused by agricultural practices, useful for monitoring and guide the planning and evaluation of management practices. The objective of this bibliographic review was to address the effects of direct and conventional systems of land use and management in relation to the biological activity of the soil. Agricultural activities promote changes in the biological attributes of the soil and cause, in most cases, negative environmental impact. Conventional agricultural management practices cause the breakdown of biogeochemical cycles in the soil, reduce the action of microorganisms present in the soil and their benefits both in the availability of nutrients and in the decomposition of organic matter. The degree of impact is related to the management of the productive system and agricultural practices. The no-tillage system, when compared to the conventional tillage system, provides greater microbial biomass and greater carbon accumulation in the soil in the long run. In addition to promoting less degradation and increasing the organic matter content of the soil.

KEYWORDS: handling, attribute, sustainability.

1 | INTRODUÇÃO

A utilização de sistema convencional de uso do solo reflete na degradação de seus atributos, em especial os biológicos (Sá et al., 2009). A substituição de áreas nativas, para sistemas de uso agrícola, acaba provocando alterações na matéria orgânica e conseqüentemente no estoque de carbono do solo (Costa et al., 2020). Segundo Wastowski et al. (2010) com o passar dos anos, cada vez mais, torna-se indispensável a adoção de modelos de manejo e uso do solo, que preservem e promovam melhorias nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo.

Sistemas conservacionistas de uso do solo, são importantes modelos para evitar a degradação do solo. Esses sistemas de manejo que visam a conservação do solo, demonstram uma significativa melhora na qualidade dos solos tropicais e subtropicais (Costa et al. 2004). Optar por esses tipos de sistemas que preservem o solo faz-se necessário, como exemplo, o sistema de plantio direto (SPD), que segundo Fidelis et al. (2003), é um sistema em que o solo não é revolvido e é protegido por palhada, constituindo-se um dos sistemas mais eficientes de controle de erosão, e apresenta diversos outros benefícios.

O plantio direto, assim como outros sistemas que usam práticas conservacionistas, são importantes aliados para a qualidade do solo, uma vez que, promovem o incremento da matéria orgânica (Loss et al., 2011). Segundo Barreto et al (2006), a matéria orgânica melhora as características biológicas dos solos tropicais e subtropicais, sendo importante para a manutenção da sustentabilidade.

O manejo adequado dos solos cultivados é importante para manter ou alterar minimamente seus atributos, mantendo ideal ao desenvolvimento das culturas (Rodrigues et al., 2016). O impacto causado pelo manejo pode ser avaliado através dos atributos físicos, químicos e/ou biológicos (Ramos et al., 2017). A avaliação desses atributos busca entender

os processos que interferem na qualidade dele, e poder planejar o manejo mais adequado mantendo as características que são benéficas a ele (Cardoso et al., 2011). Portanto, o conhecimento sobre os atributos de um solo tem papel fundamental na condução de seu manejo.

Os indicadores microbianos de qualidade do solo têm sido amplamente utilizados pelo fato de que os microrganismos agem como agentes reguladores de importantes processos que nele acontecem, dentre eles, a decomposição da matéria orgânica do solo, ciclagem de nutrientes, produção de metabólitos, degradação de agroquímicos e na estabilidade dos agregados do solo (Balota, 2017).

A determinação da biomassa e da respiração microbiana do solo apresenta-se como importante subsídio para melhor entendimento da dinâmica de transformação dos resíduos orgânicos no solo (Segatto et al., 2012). Para Trannin et al. (2007), a biomassa microbiana e sua atividade tem sido apontada como as mais sensíveis às alterações na qualidade do solo, causadas por mudanças de uso e práticas de manejo. Esses indicadores, além de serem úteis para o monitoramento, ainda orientam o planejamento e a avaliação das práticas de manejo utilizadas.

Assim, o objetivo desta revisão bibliográfica foi abordar sobre os efeitos dos sistemas direto e convencional de uso e manejo do solo em relação a atividade biológica do solo.

2 | REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistemas de manejo direto e convencional

Sistemas de manejo do solo são caracterizados pela adoção de um conjunto de técnicas, cujo objetivo é proporcionar condições favoráveis à sementeira, ao desenvolvimento, e à produção das culturas, de forma sustentável. Dentre os sistemas de manejo utilizado, o plantio convencional (SPC), técnica que consiste no revolvimento do solo através de aração e gradagem, ainda é o mais utilizado em todo o mundo (Aziz et al., 2013). O sistema de plantio direto (SPD), trata-se de um sistema de produção conservacionista, que se contrapõe ao sistema tradicional, consistindo na ausência do preparo do solo e na cobertura permanente da área através de rotações ou sucessões de culturas (Heckler et al., 2002).

No plantio convencional, o intenso revolvimento do solo e a incorporação dos restos culturais podem comprometer a comunidade microbiana na camada superficial do solo, uma vez que a prática de revolver o solo causa danos diretos aos microrganismos, expondo-os às maiores variações de temperatura e umidade (Teravest et al., 2015).

Um dos maiores problemas causados pelo cultivo convencional é o uso excessivo e inadequado de arado e de grade, ocasionando compactação do solo nas camadas subsuperficiais. As camadas compactadas tendem a aumentar a erosão, pois dificultam a

infiltração da água da chuva, saturando rapidamente o solo, o que aumenta o escoamento superficial da água, que arrasta consigo as partículas do solo (Santiago et al., 2019).

O sistema plantio direto baseia-se na manutenção da palhada sob a superfície, criando uma camada de material vegetal em diferentes estágios de decomposição, garantindo maior integridade das células microbianas e proporcionando um microclima favorável ao estabelecimento e desenvolvimento dos microrganismos (Silva et al., 2012). Por outro lado, com a mecanização neste sistema de produção, existe a tendência de compactação superficial do solo com o tempo (Calonego et al., 2017).

Estudos relatam que o SPD melhora a qualidade estrutural do solo à medida que os ciclos de cultivo vão sucedendo, devido ao aporte de matéria orgânica na superfície, a presença das raízes e de seus remanescentes, além de melhorar as características nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo e proteger o solo com relação à erosão (Mendonça et al., 2013).

O SPD apresenta inúmeros benefícios ao solo, principalmente com o aumento do carbono orgânico proveniente da decomposição de resíduos vegetais e sua mineralização (Giubergia et al., 2013) e melhora as condições físicas do solo, proporcionando um ambiente mais favorável para crescimento das raízes, quando comparado às práticas de plantio convencional (Blanco-Moure et al., 2012). Além dos aspectos físico-químicos, os atributos biológicos do solo são importantes indicadores de alterações causadas por práticas agrícolas, úteis para o monitoramento e orientam o planejamento e a avaliação das práticas de manejo (Ferreira et al., 2017).

As diferenças nas técnicas que caracterizam estes sistemas de manejo refletem em alterações de ordem química, física e biológica que podem comprometer a qualidade do solo e a consequente produção das culturas (Carbonetto et al., 2014). Sistemas de manejo baseados em cultivo intensivo, sem a proteção do solo e retorno de resíduos das culturas, podem causar erosão, esgotamento da matéria orgânica, nutrientes e decréscimo da atividade de microrganismos no solo (Das et al., 2014; Liu et al., 2014).

2.2 Atividade biológica no solo sob manejo em sistema direto e convencional

A qualidade do solo está relacionada ao seu uso e manejo. Os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, são alterados pelas práticas de manejo do solo afetando a sustentabilidade ambiental e refletindo na perda de qualidade e a produtividade agrícola (Niero et al., 2010; Chaves et al., 2012). Dessa forma, compreender e quantificar o impacto do uso e manejo do solo são necessários no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis (Bavoso et al., 2010).

Em geral, as práticas de manejo agrícola provocam a quebra dos ciclos biogeoquímicos no solo, através dos impactos causados nas propriedades biológicas, físicas e químicas. Estes impactos são refletidos ao ambiente, diminuindo a sustentabilidade do agroecossistema, reduzindo a ação dos microrganismos presentes no solo e seus

benefícios tanto na disponibilidade de nutrientes quanto na decomposição da matéria orgânica (Ferreira et al., 2015).

Nesse contexto, aumentou-se a adoção de sistemas de manejos conservacionistas, com o objetivo de reduzir impactos sobre as propriedades naturais do solo. Os sistemas conservacionistas, que preconizam a menor perturbação do solo e a manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo, como o SPD, tendem a aumentar o teor superficial de matéria orgânica do solo, ao longo do tempo de adoção, resultando no aumento da fauna e da biomassa microbiana do solo (Sá, 1999; Lisboa et al., 2012).

Notadamente, no SPD a biomassa e a atividade microbiana do solo são indicadores efetivos e consistentes de mudanças induzidas pelo cultivo e, portanto, devem ser consideradas ao avaliar o impacto do cultivo sobre a qualidade do solo (Raiesi e Kabiri, 2016).

Os atributos microbianos do solo, tais como a diversidade de microrganismos, atividade enzimática, taxa de respiração e biomassa microbiana, são indicadores sensíveis que podem ser utilizados no monitoramento de alterações ambientais decorrentes do uso agrícola (Epelde et al., 2014; Ferreira et al., 2010; Ferreira et al., 2011).

Os organismos que compõem a fauna edáfica, tem uma grande atuação nos serviços de funcionamento de um ecossistema, sendo responsáveis pela ciclagem de nutrientes e estruturação do solo, já que realiza a fragmentação de resíduos, mistura de partículas orgânicas e mineiras, redistribuição de matéria orgânica, entre outras inúmeras funções (Parron e Garcia, 2015). Alguns grupos que pertencem a fauna edáfica, através de sua riqueza e frequência, são utilizados como indicadores de perturbações no ambiente, uma vez que respondem as influências propostas ao solo, como sistema de plantio, cobertura ou adição de matérias orgânicas, podendo ocasionar consequências positivas ou negativas (Silva et al., 2018).

Os indicadores microbiológicos, entre eles, o carbono da biomassa microbiana, respiração basal e quociente metabólico, são os mais sensíveis as mudanças causadas no solo pelo manejo utilizado (Alves et al., 2011). Para Pezarico et al. (2013), os indicadores de qualidade do solo mais indicáveis, são aqueles que sofrem mudanças em pequenos e médios períodos.

Dentre as várias ferramentas disponíveis para avaliar os efeitos do manejo do solo e das culturas na atividade dos microrganismos, destaca-se a determinação da biomassa microbiana que é definida como um atributo sensível a alterações do uso do solo, sendo o principal agente de decomposição da matéria orgânica e a partir da sua quantificação é possível obter informações sobre a qualidade do solo (Hoffman et al., 2018).

Também é bastante utilizada a determinação da taxa respiratória do solo, que é resultante do metabolismo dos microrganismos durante o processo de degradação dos resíduos vegetais e da ciclagem da matéria orgânica (Babujia et al., 2010). A respiração basal pode ser definida, como a liberação de CO₂ (gás carbônico), produzida pelos

microrganismos, decorrentes de suas atividades, sendo possível quantificá-la, a partir da produção de CO_2 ou o consumo de O_2 (oxigênio) em um determinado intervalo de tempo (Júnior et al., 2009). A respiração basal depende da condição fisiológica da célula microbiana e sofre a influência das características e condições em que o solo se encontra (Silva et al., 2010).

O quociente metabólico, parâmetro que consiste na razão entre a taxa respiratória do solo e o carbono da biomassa microbiana, permite uma avaliação mais conclusiva a respeito da atividade microbiana do solo (Colozzi Filho et al., 2001; Mercante et al., 2008), pois permite identificar se as condições ambientais do local estão favoráveis para o desenvolvimento desses seres vivos (Miranda, 2019). Outro indicador da qualidade biológica é o quociente microbiano, que relaciona o carbono da biomassa e o carbono orgânico total do solo, permitindo avaliar a qualidade da matéria orgânica (MO) presente no solo (Marchiori Júnior & Mello, 1999).

Dadalto et al. (2015), ao comparar o sistema plantio direto e preparo convencional constatou que as parcelas sob plantio direto apresentaram incremento nos valores de carbono da biomassa microbiana, enquanto o preparo convencional apresentou maiores valores de quociente metabólico (qCO_2). Os dados encontrados evidenciam que o plantio direto foi o sistema que apresentou menor interferência na atividade microbiológica do solo, o que significa dizer que esse sistema proporciona maior biomassa microbiana e menor perda de carbono via respiração, sendo assim, maior acúmulo de carbono no solo em longo prazo.

Santos et al. (2012) ao avaliar sistemas orgânicos de produção de hortaliças sob SPD, em diferentes classes de solo, no Estado do Espírito Santo, constataram que esse manejo elevou o teor de matéria orgânica. Souza et al. (2014) verificaram que a adoção de SPD no cultivo de repolho reduziu em 90% as taxas de perda de água, em comparação ao plantio convencional. Babujia et al. (2010) após 20 anos de estudo, constatou superioridade do SPD sobre o SPC quanto ao carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e atividade dos microrganismos em camadas superficiais. Segundo Roldán et al. (2003), essa situação se deve ao aumento dos níveis de carbono orgânico total do solo, proporcionado pela manutenção dos restos culturais em superfície ao adotar o sistema SPD. Nesse sentido, fica evidente a importância da adoção de práticas sustentáveis que objetivam a melhoria e a manutenção das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos sobre atividade biológica do solo, mostram que as atividades agrícolas promovem alterações nesse atributo e provocam, na maioria das vezes, impacto ambiental negativo. O grau de impacto está relacionado com o manejo do sistema produtivo e as práticas agrícolas. O sistema de plantio direto, quando em comparação com o sistema

plântio convencional, propicia maior biomassa microbiana e maior acúmulo de carbono no solo em longo prazo. Além de, promover a menor degradação e elevar o teor de matéria orgânica do solo.

REFERÊNCIAS

ALVES, T.S.; CAMPOS, L.L.; NETO, N.E.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M.F. **Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos**. Acta Scientiarum Agronomy, Maringá, v. 33, n. 2, p. 341-347, 2011.

AZIZ, I.; MAHMOOD, T.; ISLAM, K. R. **Effect of long term no-till and conventional tillage practices on soil quality**. Soil & Tillage Research, v. 131, p. 28-35, 2013.

BABUJIA, L. C.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BROOKES, P. C. **Microbial biomass and activity at various soil depths in a Brazilian oxisol after two decades of no-tillage and conventional tillage**. Soil Biology & Biochemistry, v. 42, n. 12, p. 2174-2181, 2010.

BALOTA, E. L. **Manejo e qualidade biológica do solo**. Mecenias. p. 288, 2017.

BARRETO, A. C.; LIMA, F. H. S.; FREIRE, M. B. G, DOS S.; ARAÚJO, Q. R.; FREIRE, F. J. **Características Químicas e Físicas de um Solo Sob Floresta, Sistema Agroflorestal e Pastagem no Sul da Bahia**. Revista Caatinga, Mossoró-RN, v.19, n.4, p.415-425, 2006.

BAVOSO, M. A.; GIAROLA, M.F.B; TORMENA, C.A.; PAULETTI, V. **Preparo do solo em áreas de produção de grãos, silagem e pastejo: efeito na resistência tênsil e friabilidade de agregados**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 227-234, 2010.

BLANCO-MOURE, N; ANGUREL, L.A.; MORET-FERNÁNDEZ, D.; LÓPEZ, M.V. **Tensile strength and organic carbon of soil aggregates under long-term no tillage in semiarid Aragon (NE Spain)**. Geoderma, v. 18, p. 423-430, 2012.

CALONEGO, J. C.; RAPHAEL, J. P. A.; RIGON, J. P. G.; OLIVEIRA NETO, L.; ROSOLEM, C. A. **Soil compaction management and soybean yields with cover crops under no-till and occasional chiseling**. European Journal of Agronomy, v. 85, p. 31-37, 2017.

COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; BOLOTA, E. L. **Atividade microbiana em solos cultivados em sistema de plântio direto**. Informe Agropecuário, v. 22, n. 208, p. 84-91, 2001.

CARBONETTO, B.; RASCOVAN, N.; ALVAREZ, R.; MENTABERRY, A.; VÁZQUES, M. P. **Structure, Composition and metagenomic profile of soil microbiomes associated to agricultural land use and tillage systems in argentine pampas**. Plos One, v. 9, p. 1-11, 2014.

CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA M.M.; FREITAS, D.A.F. **Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 35, n. 2, p. 613-622, 2011.

CHAVES, A. A. A.; LACERDA, M.P.C.; GOEDERT, W.J.; RAMOS, M.L.G.; KATO, E. **Indicadores de qualidade de Latossolo Vermelho sob diferentes usos**. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 446-454, 2012.

- COSTA, A. A.; MACHADO, E.B.N; LUDUVICO, G.A.; MACEDO, I.L.M. **Atributos físicos e estoque de carbono em áreas sob diferentes formas de uso do solo no Cerrado do Oeste da Bahia.** Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 5, p. 32294- 32306, 2020.
- COSTA, F. DE S.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; FONTOURA, S. M. **Aumento da matéria orgânica num Latossolo Bruno em plantio direto.** Revista Ciência Rural, v. 34, p. 587-589, 2004.
- DADALTO, J.P.; FERNANDES, H.C.; TEIXEIRA, M.M.; CECON, P.R. E MATOS, A.T. **Sistema de preparo do solo e sua influência na atividade microbiana.** Journal of the Brazilian Association of Agriculture Engineering, vol. 35, n. 3, p. 506-513, 2015.
- DAS, A.; LAL, R.; PATEL, D. P.; IDAPUGANTI, R. G.; LAYEK, J.; NGACHAN, S. V.; GHOSH, P. K.; BORDOLOI, J.; KUMAR, M. **Effects of tillage and biomass on soil quality and productivity of lowland rice cultivation by small scale farmers in North Eastern India.** Soil & Tillage Research, v. 143, p. 50-58, 2014.
- EPELDE, L.; BURGESS, A.; MIJANGOS, I.; GARBISU, C. **Microbial properties and attributes of ecological relevance for soil quality monitoring during a chemical stabilization field study.** Applied Soil Ecology, v. 75, p. 1-12, 2014.
- FERREIRA, E.P.B.; STONE L.F.; MARTIN-DIDONE, C.C.G. **População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção.** Revista Ciência Agronômica. v.48(1), p.22-31, 2017.
- FERREIRA, E. P. B.; SANTOS, H.P.; COSTA, J. R.; DE-POLLI, H.; RUMJANEK, N.G. **Microbial soil quality indicators under different crop rotations and tillage management.** Revista Ciência Agronômica, v. 41, n. 2, p. 177-183. 2010.
- FERREIRA, E. P. B.; WENDLAND, A.; DIDONET, A. D. **Microbial biomass and enzyme activity of a Cerrado Oxisol under agroecological production system.** Bragantia, v. 70, n. 4, p. 1-9, 2011.
- FERREIRA, G. B.; SILVA, M. S. L.; GAVA, C. A. T.; SALVIANO, A. M.; MOREIRA, M. M. **Carbono da biomassa microbiana e respiração basal em solos com barragens subterrâneas no semiárido paraibano.** In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, Belém, 2015.
- FIDELIS, R. R.; CARVALHO ROCHA, R. N.; LEITE, U. T.; TANCREDI, F. D. **Alguns aspectos do plantio direto para a cultura da soja.** Bioscience Journal, v. 19, n. 1, 2003.
- GIUBERGIA, J.P.; MARTELLOTTO E.; LAVADO, R.S. **Complementary irrigation and direct drilling have little effect on soil organic carbon content in semiarid Argentina.** Soil Till. v.134 p. 147-152, 2013
- HECKLER, J. C.; SALTON, J. C. **Palha: Fundamento do sistema plantio direto.** In: HECKLER, J. C.; SALTON, J. C. (Org). 7ª Coleção sistema plantio direto. Dourados: Embrapa-CPAO, 2002. p. 1- 25. (7 Coleção plantio direto).
- HOFMANN, R. B.; MOREIRA, E. E.A; HOFFMANN, G.S.S; ARAUJO, N.S.F. **Efeito do manejo do solo no carbono da biomassa microbiana.** Brazilian Journal of Animal and Environmental Research; Curitiba, v. 1, n. 1, p. 168 – 178, 2018.

JÚNIOR, J.M.T.S.; TAVARES, R.C.; FILHO, P.F.M.; GOMES, V.F.F. **Efeitos de níveis de salinidade sobre a atividade microbiana de um Argissolo Amarelo incubado com diferentes adubos orgânicos.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 4, n. 4, p. 378-382, 2009.

LIU, E.; YANG, C.; MEI, X.; HE, W.; BING, S, H.; DING, L.; LIU, Q.; LIU, S.; FAN, T. **Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China.** Geoderma, v. 158, p. 173-180, 2010.

LISBOA, B. B.; VARGAS, L. K.; SILVEIRA, A. O. D.; MARTINS, A. F.; SELBACH, P. A. **Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, G, v. 36, n. 1, p. 33-43, 2012.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L.H.C. **Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, p.565-579, 2011.

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W. J. **Carbono, carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 23, n. 2, p. 257-263, 1999.

MENDONÇA, V. Z.; MELLO, L. M. M.; ANDREOTTI, M.; PEREIRA, F. C. B. L.; LIMA, R. C.; VALÉRIO FILHO, W. V.; YANO, E. H.; **Avaliação dos atributos físicos do solo em consórcio de forrageiras, milho em sucessão com soja em região de cerrados.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.9, p.37-251, 2013.

MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F.; FRANCELINO, C. S. F.; CAVALHEIRO, J. C. T.; OTSUBO, A. A. **Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca.** Acta Scientiarum Agronomy, v. 30, n. 4, p. 479-485, 2008.

MIRANDA, Pedro Henrique Costa de. **Atributos biológicos como indicadores de qualidade do solo em diferentes coberturas do solo na agricultura familiar.** Orientador: Vânia Silva de Melo. 2019. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém, PA, 2019.

NIERO, L. A. C.; DECHEN S.C.F.; COELHO, R.M.; MARIA, I.C. **Avaliações visuais como índice de qualidade do solo e sua validação por análises físicas e químicas em um Latossolo Vermelho distroférrico com usos e manejos distintos.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.34, n.4, p.1271 -1282, 2010.

PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma mata atlântica.** Brasília: Embrapa. p.370, 2015.

PEZARICO, C. R.; VITORINO, A.C.T.; MERCANTE, F.M.; DANIEL, O. **Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais.** Revista de Ciências Agrárias. v. 56, n. 1, p. 40-47, 2013.

RAMOS, M. R.; DEDECEK, R. A.; SILVA, T. R. da; FREIRE, T. M. **Atributos físicos do solo no horizonte superficial em diferentes usos.** Revista Agri-Environmental Sciences, Palmas-TO, v.3, n.1, 2017.

- RAIESI, F.; KABIRI, V. **Identification of soil quality indicators for assessing the effect of different tillage practices through a soil quality index in a semi-arid environment.** Ecological Indicators. v.71 p.198-207, 2016
- RODRIGUES, M. S.; SOUZA, C. de; LIMA, D. D.; SILVA, S. D. P. da; ALVES, D. C.; MACHADO, N. S. **Impacto do cultivo do coqueiro irrigado na qualidade física do solo na região semiárida Brasileira.** Ciencia del Suelo, v.34, n.1. Buenos Aires, 2016.
- ROLDÁN, A.; CARAVACA, F.; HERNÁNDEZ, M. T.; GARCIA, C.; SÁNCHEZ-BRITO, C.; VELÁSQUEZ, M.; TISCAREÑO, M. **No-tillage, crop residue additions, and legume cover cropping effects on soil quality characteristics under maize in Patzcuaro watershed (Mexico).** Soil & Tillage Research, v. 72, n. 1, p. 65-73, 2003.
- SÁ, J. C. M.; CERRI, C.C.; LAL, R.; DICK, W.A; PICCOLO, M.C.; FEIGL, B.E. **Soil organic carbon and fertility interactions affected by a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol.** Soil & Tillage Research, v. 104, p. 56-64, 2009.
- SÁ, J. C. M. **Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto.** In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Eds.) Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Viçosa, MG: SBCS :UFLA/DCS. p. 267-319, 1999.
- SANTIAGO, A. D.; ROSSETTO, R. **Cultivo mínimo.** Brasília, DF, 2007. Disponível em:http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/canadeacucar/arvore/CONTAG01_84_22122006154841.html Acesso em: 14 dez de 2020.
- SANTOS, H.P. dos; FONTANELI, R.S.; FONTANELI, R.S.; TOMM, G.O. **Leguminosas forrageiras anuais de inverno.** In: FONTANELI, R.S; SANTOS, H.P. dos; FONTANELI, R.S. (Ed.). Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira. 2.ed. Brasília: Embrapa. p.305- 320, 2012.
- SEGATTO, M. P.; ANDREAZZA, R.; BORTOLON, L.; SANTOS, V. P.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F. A. O. **Decomposição de resíduos industriais no solo.** Ciência e Natura, v. 34, n. 1, p. 49-62, 2012.
- SILVA, A. C. F.; NOBREGA, C.C.; GUEDES, V.H.F.; ARAÚJO, L.H.B.; BORGES C.H.A. **Macrofauna edáfica em área de pastagem no município de Macaíba, RN.** Agropecuária Técnica, v. 39, n. 2, p. 151-157, 2018.
- SILVA, C. F. da; PEREIRA, M. G.; MIGUEL, D. L.; FERNANDES, J. C. F.; LOSS, A.; MENEZES, C. E. G.; SILVA, E. M. **Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no médio Vale do Paraíba do Sul (RJ).** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 36, n. 6, p. 1680-1689, 2012.
- SILVA, R. R.; SILVA, L.M.N.; CARDOSO, E.L.; MOREIRA, F.M.S.; CURI, N.; ALOVISI, A. M.T. **Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes-MG.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 34, n. 5, p. 1584-1592, 2010.
- SOUZA, R.F. de; MADEIRA, N.R.; FIGUEIREDO, C.C. de. **Perdas de solo, água e nutrientes em área cultivada com hortaliças sob sistema de plantio direto.** Revista Científica, v.1, p.38-50, 2014.

TERAVEST, D.; CARPENTER-BOGGS, L.; THIERFELDER, C.; REGANOLD, J. P.; **Crop production and soil water management in conservation agriculture, no-till, and conventional tillage systems in Malawi.** Agriculture, Ecosystems & Environment, v. 212, n. 20, p. 285-296, 2015.

TRANNIN, I. C. B.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. **Características biológicas do solo indicadoras de qualidade após dois anos de aplicação de biossólido industrial e cultivo de milho.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, n. 5, p. 1173-1184, 2007.

WASTOWSKI, A. D.; ROSA, G. M.; CHERUBIN, M. R.; RIGON, J. P. G. **Caracterização dos níveis de elementos químicos em solo, submetido a diferentes sistemas de uso e manejo, utilizando espectrometria de fluorescência de raios-x por energia dispersiva (edxf).** Química Nova, v. 33, n. 7, p. 1449-1452, 2010.

CAPÍTULO 3

ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO EM UMA UNIDADE DE PRODUÇÃO RURAL NO MUNICÍPIO DE PACAJÁ, PARÁ, BRASIL

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 08/12/2020

Elisvaldo Rocha Silva

Universidade Federal do Pará, Campus de
Altamira, Pará
<https://orcid.org/0000-0002-6729-626X>

Sandra Andréa Santos da Silva

Universidade Federal do Pará, Campus de
Altamira, Pará
<https://orcid.org/0000-0002-1742-1544>

Samia Cristina de Lima Lisboa

Universidade Federal do Pará, Campus de
Altamira, Pará
<https://orcid.org/0000-0001-6880-6172>

Vivian Dielly da Silva Farias

Universidade Federal do Pará, Campus de
Altamira, Pará
<https://orcid.org/0000-0003-0395-7839>

Sheryle Santos Hamid

Universidade Federal do Pará, Campus de
Castanhal, Pará
<https://orcid.org/0000-0002-9221-5652>

Marcos Antônio Souza dos Santos

Universidade Federal Rural da Amazônia,
Campus de Belém, Pará
<https://orcid.org/0000-0003-1028-1515>

de animais, tem sido apontadas como causa de degradação do solo dentro dos sistemas de produção. Como consequência tem-se a ocorrência de maior susceptibilidade à compactação e perda de fertilidade, reduzindo o crescimento e o desenvolvimento radicular. Diante disso, objetivou-se avaliar os parâmetros físico-químicos do solo sendo eles: densidade, granulometria, P, K, Ca, Mg, Al, CTC, pH, Matéria Orgânica (MO), Soma de Base (SB), Saturação por Base (V%) e Saturação por Alumínio (m%). O estudo foi conduzido em uma propriedade rural com 40 hectares de área na vicinal Portel, município de Pacajá, estado do Pará. O período de coleta das amostras de solo foram realizados nos meses de fevereiro e outubro de 2018, sendo estes períodos chuvoso e seco, respectivamente. As amostras coletadas indeformadas foram encaminhadas para análise físicas e amostras deformadas para análise química, nas camadas de solo (0-20 e 20-40 cm). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), sendo os tratamentos: Vegetação Secundária, Pastagem e Área mecanizada, aplicando-se o teste t de Wilcoxon ($P < 0,05$). Através da análise de densidade constatou-se que a área de pastagem apresentou maior compactação em ambos períodos de coleta e todos os tratamentos apresentaram baixas condições de fertilidade.

PALAVRAS - CHAVE: Compactação; Fertilidade do solo; Profundidades.

RESUMO: A degradação do solo em áreas manejadas para a produção é uma realidade. A utilização de maquinário e o superpastejo

PHYSICAL AND CHEMICAL ATTRIBUTES OF THE SOIL UNDER DIFFERENT MANAGEMENT SYSTEMS IN A RURAL PRODUCTION UNIT IN THE MUNICIPALITY OF PACAJÁ, PARÁ, BRAZIL

ABSTRACT: Soil degradation in areas managed for production is a reality. The use of machinery and the overgrazing of animals has been identified as a cause of soil degradation within production systems. As a consequence, there is a greater susceptibility to compaction and loss of fertility, reducing growth and root development. Therefore, the objective was to evaluate the physical-chemical parameters of the soil, namely: density, granulometry, P, K, Ca, Mg, Al, CTC, pH, organic matter (MO), Base Sum (SB), Base Saturation (V%) and Aluminum Saturation (m%). The study was carried out in a rural property with 40 hectares of area in the vicinal Portel, municipality of Pacajá- PA, the period of collection of soil samples was carried out in the months of February and October 2018, being these periods rainy and dry, respectively. Deformed samples were collected for physical analysis and deformed samples for chemical analysis, in the soil layers (0-20 and 20-40 cm). The experimental design was completely randomized (DIC), with the treatments: Secondary Vegetation, Pasture and Mechanized Area, applying the Wilcoxon t test ($P < 0.05$) significance. Through the density analysis it was found that the pasture area showed greater compaction in both periods of collection and all treatments showed low fertility conditions.

KEYWORDS: Compaction; Soil fertility; Depths.

1 | INTRODUÇÃO

O uso inadequado do solo, principalmente pelas atividades agropecuárias, tem acelerado o processo de degradação, alterando as propriedades físicas e químicas deste recurso, sendo a compactação apontada como a principal causa destas alterações. A compactação é o processo de redução da macroporosidade do solo causada, principalmente, pela pressão exercida pelo tráfego de máquinas e equipamentos agrícolas, e o pisoteio de animais (LIMA, 2004).

Como consequência da compactação, ocorre a aceleração dos processos erosivos, perda de nutrientes, aumento da resistência à penetração, densidade, porosidade total e macroporosidade (RICHART et al., 2005), representando um impedimento mecânico ao desenvolvimento radicular e a infiltração de água no solo e, conseqüentemente, ocorre a menor produção das culturas (COSTA et al., 2013).

Assim, o fator determinante para a perda da qualidade do solo, está associado ao manejo inadequado dos sistemas de produção. O superpastejo e o tráfego excessivo de máquinas, são responsáveis pela deterioração mais rápida das condições físicas do solo (CARVALHO et al., 2017). Portanto, na medida em que se intensifica a pressão exercida sobre o solo através das atividades de produção, os atributos do solo sofrem alterações, geralmente adversas ao crescimento vegetal, que ficam mais nítidas quando os sistemas de uso são comparados com o estado do solo ainda sob vegetação natural (SANTOS et al., 2011).

Assim, há o interesse em avaliar a qualidade física e química dos solos nesses sistemas, tendo em vista a manutenção da qualidade e sustento das culturas em longo prazo. Este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade do solo sob diferentes manejos em uma fazenda no município de Pacajá, estado do Pará. Foram analisados os atributos físicos e químicos de três áreas, sendo: (i) vegetação secundária, (ii) pastagem e (iii) agricultura mecanizada, nos períodos chuvoso e seco, observando os impactos sobre as propriedades físico-químicas do solo. Vale ressaltar que acompanhar os atributos do solo é imprescindível, pois sua observação contínua permite monitorar a eficiência do sistema de manejo adotado (TORRES et al., 2015).

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da Área Em Estudo

As áreas de estudo estão localizadas na Fazenda Sempre Verde, propriedade rural com área total de 40 hectares, na vicinal Portel, município de Pacajá, estado do Pará. As características climáticas do Município de Pacajá correspondem ao clima tropical úmido Af, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, apresentando temperatura mínima de 21°C e máxima de 32°C, umidade relativa do ar de 85 a 90% e índice pluviosidade anual de 2.300 mm (SEMMA, 2017).

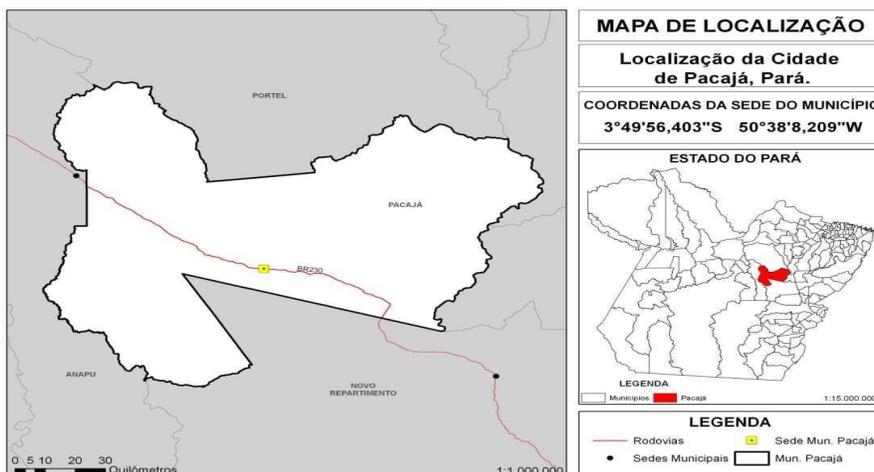


Figura 1. Mapa de localização da Fazenda Sempre Verde

Fonte: Rezende (2013).

2.2 Caracterização e Histórico da Área

O histórico de uso da área remete as atividades agrícolas e pecuárias de subsistência, sendo essa a fonte de renda há mais de duas décadas. A mesma foi adquirida no final dos anos 1980 onde, inicialmente, foi realizado o plantio de culturas anuais como milho (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*) e mandioca (*Manihot esculenta*). Em seguida, parte da área foi destinada para implantação de pastagem.

Atualmente a área de estudo encontra-se dividida em dois hectares de vegetação secundária, 15 hectares de pastagem e um hectare e meio com agricultura mecanizada. Assim, a área tem sido utilizada para pastagem e culturas anuais, ocorrendo rotações de culturas todos os anos, recebendo mecanização duas vezes ao ano nos meses de maio e outubro, do tipo gradagem com duas passadas na área com arado de 12 discos na profundidade de 0-20 cm, que prevalece até os dias atuais, a vegetação secundária se encontra em pousio desde o ano de 1990.

2.3 Tratamento e Delineamento Experimental

Para o estudo, foram considerados três tratamentos sendo eles, área de vegetação secundária (T1), área de pastagem (T2) e área com agricultura mecanizada (T3), conforme representado na Figura 2. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, e a coleta foi realizada nas três áreas com duas repetições e em duas profundidades (0-20 e 20-40 cm). A amostragem ocorreu em dois momentos diferentes, sendo uma no período chuvoso (fevereiro) e outra no período seco (outubro) no ano de 2018, totalizando, portanto, 12 amostras por período, 24 amostras na pesquisa. A amostragem seguiu a metodologia proposta por Santos et al. (2015).

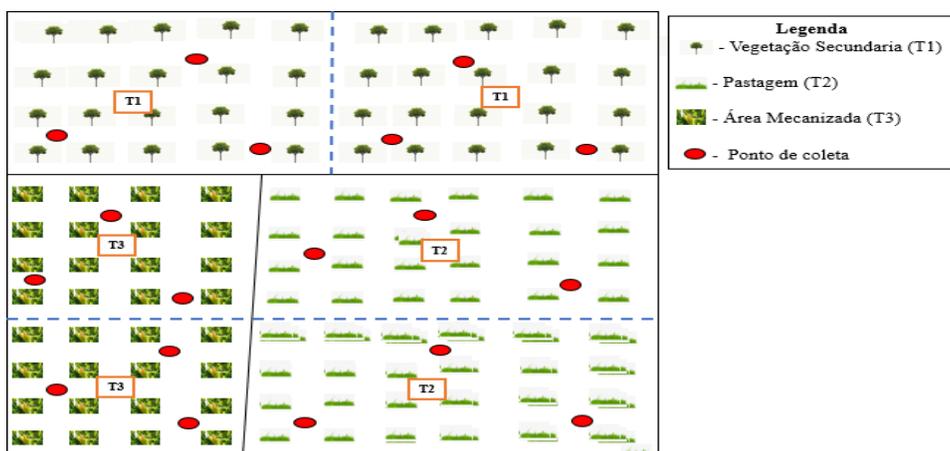


Figura 2. Croqui representativo dos pontos de coletas nos tratamentos.

Fonte: Os autores.

2.4 Análises Física e Química

Para a análise física, foram determinados os parâmetros densidade e granulometria conforme metodologia da Embrapa (2017). Para análise granulométrica, utilizou-se o método da pipeta para a sua classificação textural. Os anéis foram utilizados para a determinação da densidade do solo, coletados na camada superficial, sendo as análises realizadas no laboratório de Solos da Universidade Federal do Pará, Campus de Altamira – UFPA/CALT.

A análise química foi realizada no Laboratório de Análise Agronômica e Ambiental - FULLIN, localizada no município de Linhares, Espírito Santo, onde foram determinados os seguintes parâmetros: pH (H_2O), matéria orgânica (MO), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Alumínio (Al) e Acidez potencial (H+Al). Com esses resultados foi calculada a soma de bases trocáveis (SB), saturação por base (V%) e a capacidade de troca catiônica (CTC a pH 7). A análise química foi determinada pela metodologia proposta pela Embrapa (2017). A interpretação dos resultados da análise dos atributos químicos de solo baseado a partir dos de os teores de referência de Tomé Jr (1997).

2.5 Análise Estatística

Para a realização da análise estatística dos parâmetros físicos e químicos, foi utilizado o teste não-paramétrico de Wilcoxon ($p < 0,05$). Os tratamentos, profundidades e períodos de coleta foram comparados em três configurações:

- Comparação entre tratamentos diferentes, na mesma profundidade e no mesmo período;
- Comparação do mesmo tratamento, na mesma profundidade e em períodos diferentes;
- Comparação do mesmo tratamento, em diferentes profundidades e no mesmo período.

Caso os resultados obtidos para o teste t de Wilcoxon em relação aos teores mínimos e máximos obtidos dos parâmetros avaliados não estiverem dentro do intervalo de tabulação dos graus de liberdade, a hipótese de nulidade (H_0) será rejeitada e, conseqüentemente, a hipótese alternativa (H_1) é aceita, com a margem de 0,05% de probabilidade de erro, para mais ou para menos.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Atributos Físicos

A classificação textural e granulométrica do solo nas profundidades 0-20 e 20-40 cm, sob os tratamentos estudados, encontram-se representados na Tabelas 1, referente aos períodos chuvoso e seco, respectivamente. Houve diferença na classificação

granulométrica entre os tratamentos e profundidades, existindo predominância da fração franco siltooso na maioria deles. Quanto a classificação textural do solo, todos os tratamentos são de textura média. Segundo Silva e Castro (2013), solos de textura média e arenosa são menos predispostos a compactação quando comparados com solos argilosos, devido à alta plasticidade e coesão entre partículas, onde a resistência decresce com a umidade.

Período	Profundidade	Areia	Silte	Argila	Classe textural	Classificação Granulométrica
	cm	g kg ⁻¹				
Floresta Secundária						
Chuvoso	0-20	388,5	603,2	8,2	Média	Franco Siltooso
	20-40	292	698,5	9,5	Média	Franco Siltooso
Seco	0-20	384,7	604,4	11,0	Média	Franco Siltooso
	20-40	268,9	717,9	13,2	Média	Franco Siltooso
Pastagem						
Chuvoso	0-20	607,7	386,9	5,5	Média	Franco Siltooso
	20-40	487,1	481,2	31,7	Média	Franco Siltooso
Seco	0-20	683,8	298,7	17,5	Média	Franco Siltooso
	20-40	478,2	514,1	7,7	Média	Franco Siltooso
Área Mecanizada						
Chuvoso	0-20	605,4	388,1	6,5	Média	Franco Arenoso
	20-40	457,5	532,5	10	Média	Franco Siltooso
Seco	0-20	696,9	299,3	3,7	Média	Franco Arenoso
	20-40	560,9	433,6	5,5	Média	Franco Arenoso

Tabela 1: Composição e classificação textural nas camadas avaliadas das diferentes épocas e áreas de estudo. T1- vegetação secundária, T2- Pastagem, T3- Área mecanizada

A densidade do solo (Ds) em todos os tratamentos foi maior no período seco que no período chuvoso (Figura 3). Há uma relação inversa entre os níveis de umidade e os valores de densidade. No período chuvoso, onde o solo está mais úmido, T1 apresentou menor Ds, seguido por T3 e T2. No período seco, manteve-se está mesma ordem. Todos os valores estão acima dos valores médios considerados ideais para a densidade, os quais, segundo Camargo e Alleoni (1997), estão compreendidos na faixa de 1,0 e 1,2 g cm⁻³.

A densidade do solo é afetada naturalmente pela textura e teor de matéria orgânica do solo e antropicamente pelos sistemas de manejo e pelo grau de compactação atingido (CORREIA, 2014). O tráfego das máquinas agrícolas aumenta a densidade do solo e diminui o diâmetro médio ponderado dos agregados e a macroporosidade, o que causa a degradação cumulativa da qualidade física do solo, ao longo dos anos de cultivo (ROQUE

et al, 2010).

Assim, áreas de vegetação, onde há menor pressão externa e maior acúmulo de matéria orgânica, promovem ao solo uma menor densidade em relação aos demais tratamentos e indicam susceptibilidade menor à compactação. A regeneração de florestas secundárias em função do estágio de recuperação contribuiu para o aumento de carbono orgânico total e da macroporosidade, reduzindo os valores de densidade do solo, diâmetro médio ponderado e geométrico de agregados (COUTINHO et al., 2017).

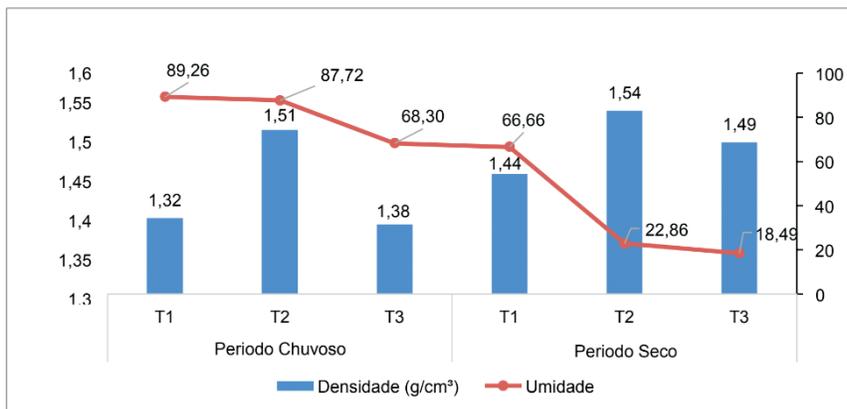


Figura 3. Densidade e umidade média dos tratamentos no período chuvoso e no período seco.

Maiores valores para a densidade podem significar maior degradação do solo nas áreas. Assim, com base nos resultados, espera-se que em todos os tratamentos ocorram problemas de compactação na presença de umidades mais baixas. Tais resultados podem estar associados ao histórico de uso da área, inclusive em T1, onde apesar de estar em pousio, os dados obtivos permitem afirmar que são derivados do histórico de uso do solo em anos anteriores que ainda estão sendo externalizados nos valores encontrados.

Resultados semelhantes foram obtidos por Correia (2014), ao determinar a compactação de solos em área de agricultura e plantio de eucalipto, onde valores de densidade na área de agricultura foram superiores ao do plantio de eucalipto. Roni et al. (2014), identificaram que em solo sob pastagem e estádios sucessionais, a densidade variou entre 1,41 a 1,67 g cm⁻³. Resultados superiores foram obtidos por Nascimento et al. (2017) em solo sob pastagem submetido a colheita mecanizada da forragem e pastejo animal, onde a área de pastagem apresentou médias de densidade de 1,64 g cm³, na camada de 0-20 cm. Esses resultados sugerem que as atividades produtivas exercem impactos sob as características físicas do solo, corroborando com os resultados encontrados nessa pesquisa.

3.2 Atributos Químicos

Na tabela 2 estão os valores médios dos parâmetros químicos analisados. Em todos os tratamentos, os solos foram considerados ácidos, distróficos ($V\% < 50\%$), com baixa CTC e álicos ($m\% > 50\%$), apresentando, portanto, limitações de fertilidade. A camada 0-20 cm, apresentou maiores teores para a maioria dos parâmetros analisados e os resultados no período chuvoso foram superiores ao período seco.

O menor valor de pH encontra-se na área de vegetação secundária (T1) na profundidade de 0-20 cm nos dois períodos de coleta. O mesmo comportamento foi verificado para o m%. Nesse solo, houve menores valores de SB e maior de CTC. Isto indica que a maior parte da CTC está ocupada por cátions potencialmente tóxicos como H^+ e Al^{3+} , condição comumente encontrada em solos amazônicos pouco ou não antropizados.

Área	Prof.	pH	M.O	Ca	Mg	Al	P	K	H+Al	SB	t	T	(m%)	(V%)
			dag kg ⁻¹	cmol _c dm ⁻³			mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³				
Período Chuvoso														
T1		4,1	2,5	0,6	0,4	2,2	2,3	23,5	8,1	1,7	3,8	9,8	56,3	16,9
T2	0-20	4,9	1,8	1,4	0,6	0,5	3,7	33,2	4,2	2,1	2,6	6,3	19	33,1
T3		4,7	1,4	1,3	0,7	0,4	2,6	29,3	4,6	2,1	2,5	6,6	16,1	31,4
T1		4,2	1,6	0,4	0,5	2,1	0,9	11,7	6,9	0,9	3	7,8	71,1	11,2
T2	20-40	4,7	0,9	1,3	0,6	0,5	1	17,7	4	1,8	2,4	5,8	24,3	31,8
T3		4,5	1,3	1,2	0,5	1	1,7	17,6	3,9	1,7	2,7	5,5	37,7	30,7
Período Seco														
T1		4,7	2,2	0,6	0,2	1	3	18	6,1	0,9	1,8	6,9	57	11,2
T2	0-20	5	3,2	1,5	0,4	0,5	3,5	41,5	5,4	2	2,5	7,4	22	26,1
T3		5,4	2,7	1,6	0,4	0,3	3,5	37,5	3,6	2	2,3	5,6	11,5	35,9
T1		4,6	2,1	0,4	0,1	3,4	2	14,5	5,9	0,5	1,7	6,7	71,5	7,6
T2	20-40	4,9	2	0,8	0,3	0,7	2,5	21,5	5	1,2	1,8	6,1	37	18,6
T3		4,8	1,7	0,6	0,2	0,9	2	16,5	5,1	0,9	1,8	5,7	53	13,7

Tabela 2: Teores médios dos atributos químicos de solo em diferentes tratamentos em propriedade rural no município de Pacajá – PA.

Nota: T1 – área de vegetação secundária; T2 – área de pastagem; T3 – área com agricultura mecanizada.

A CTC dos solos variou de 7,8 a 9,8 cmol_c dm⁻³ no T1 e de 5,7 a 7,4 cmol_c dm⁻³ no T2 e T3. A CTC está relacionada a matéria orgânica disponível no solo, pois é responsável por grande parte da capacidade de troca catiônica. Esses teores são superiores aos encontrados por Silva Júnior et al. (2012), que obtiveram teores de 4,92 e 5,56 cmol_c dm⁻³ área de pastagem e de 6,34 a 8,83 cmol_c dm⁻³ na floresta, na qual os autores justificam a

redução da capacidade de troca de cátions pela influência da acidez potencial.

A acidez potencial (H+Al) variou de 3,9 a 8,1 cmol^c dm⁻³, sendo considerada de média a alta para todas as épocas de coleta e profundidades. Isto é resultado do ao alto teor de alumínio encontrado. A concentração de Al diminui quando os teores de pH estão acima de 5,5, logo, a elevação do pH, ocasiona melhores condições de fertilidade do solo e o melhor desenvolvimento vegetal (BRADY; WEIL, 2013). A correção da acidez via calagem na camada 0-20 cm e gessagem nas camadas subsuperficiais, seguido por adubações é uma prática necessárias para aprimorar os sistemas de produção estudados nesta pesquisa.

O tratamento T1 obteve maior m%, estando este entre 56 a 72%. Oliveira et al. (2018), em seus estudos avaliando as propriedades químicas e físicas do solo em áreas de preservação permanente (APP), obteve resultados superiores de 32,25 a 40,07 em área de pastagem, e inferiores na vegetação secundária de 33,83 a 37,81%. Como consequência da alta saturação por alumínio, os teores de Ca, Mg, K e soma de bases estão muito baixos, devido a maioria das cargas elétricas do coloide do solo estarem ocupadas por alumínio (SILVA, 2014).

Resultados semelhantes ao deste trabalho foram encontrados por Aquino et al. (2014), em áreas vegetação secundária e com pastagem. Solos sob vegetação secundária geralmente apresentam menor pH, uma vez que a mineralização da matéria orgânica e os exsudatos ácidos liberados pelas raízes das plantas, contribuem para aumentar a acidez do solo. A matéria orgânica nesses solos também dificultam a compactação do solo, como foi verificado nos resultados presente na Tabela 3 e Figura 3.

Para Salton e Tomazi (2014), o crescimento vigoroso de sistemas radiculares de espécies, principalmente braquiárias, auxilia na formação de estruturas em forma de agregados no solo e no aumento da matéria orgânica, o que pode explicar os resultados em T2. Além disso, boas condições de fertilidade em áreas de pastagem é devida também ao aporte desses elementos pelos resíduos orgânicos (LIMA; MONTANARI, 2011). Na área de pastagem avaliada, os animais são criados sob sistema extensivo, os animais permanecem a maior parte do tempo no local estudado, o que implica em um aporte considerável de excrementos para o solo.

Coutinho et al. (2017), identificaram que em área de agricultura mecanizada, onde há maior revolvimento do solo, apresentaram níveis de fertilidade menores que em áreas de fragmento florestal apesar da menor acidez. Segundo eles, a falta de adubação e calagem ou aplicação inadequada destas, somado a menor adição de resíduos vegetais quando comparados aos fragmentos de floresta secundária, contribuem para esse resultado. O revolvimento e consequente exposição do solo representa perda de carbono elevada, implicando no balanço negativo de armazenamento e impactando diretamente nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (Silva et al., 2020).

3.3 Análise Estatística

A análise estatística consistiu no teste t de Wilcoxon, considerando três cenários de interações: o primeiro, entre tratamentos diferentes na mesma profundidade e período (Tabela 3); o segundo, o mesmo tratamento na mesma profundidade e em períodos diferentes (Tabela 4); e, o terceiro, mesmo tratamento em diferentes profundidades e no mesmo período (Tabela 5).

Profundidade	Tratamento	Rank	p-valor	Resultado
Período Chuvoso				
0-20	T1XT2	5	0,7483	Aceita H_0
	T1XT3	3,5	0,8394	Aceita H_0
	T2XT3	13,5	0,3135	Aceita H_0
20-40	T1XT2	9	0,5045	Aceita H_0
	T1XT3	1,5	0,9248	Aceita H_0
	T2XT3	-13	0,3845	Aceita H_0
Período Seco				
0-20	T1XT2	-39	0,0037	Rejeita H_0
	T1XT3	-34,5	0,0134	Rejeita H_0
	T2XT3	-8	0,4492	Aceita H_0
20-40	T1XT2	-35,5	0,0105	Rejeita H_0
	T1XT3	-25	0,0522	Rejeita H_0
	T2XT3	44	0,0007	Rejeita H_0

Tabela 3. Comparação dos atributos químicos das amostras de solo no período chuvoso por meio da aplicação do teste t de Wilcoxon ($P < 0,05$), analisando diferentes tratamentos na mesma profundidade no mesmo período.

Para a primeira observação, não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos e profundidades analisadas no período chuvoso. No período seco, o resultado foi inverso, apresentando diferença significativa entre todos os tratamentos e profundidades, rejeitando a hipótese H_0 e aceitando H_1 , exceto no T2XT3 na camada 0-20 cm. Para a segunda observação, ao adotar o período amostrado como fator de variação (Tabela 4), observa-se que não houve diferenças. Assim, somente variando, as condições climáticas, não houveram diferenças nos tratamentos.

Profundidade	Tratamento	Rank	p-valor	Resultado
Período Seco x Período Chuvoso				
0-20	T1XT1	-9,5	0,375	Aceita H0
	T2XT2	-2,5	0,8647	Aceita H0
	T3XT3	22	0,1313	Aceita H0
20-40	T1XT1	0,5	0,9858	Aceita H0
	T2XT2	-4,5	0,7869	Aceita H0
	T3XT3	-20	0,1736	Aceita H0

Tabela 4. Comparação dos atributos químicos das amostras de solo no período chuvoso e seco por meio da aplicação do teste t de Wilcoxon ($P < 0,05$), analisando o mesmo tratamento, na mesma profundidade, em diferentes períodos.

Para a terceira observação, quando comparado diferentes profundidades com o mesmo tratamento e período, ocorreu diferença significativa nos atributos químicos camadas superficiais do solo (0-20 cm) na comparação com a camada de (20-40 cm), rejeitando-se H0, (Tabela 5). Entede-se, portanto, que os atributos químicos diferem com o aumento da profundidade.

Profundidade	Tratamento	Rank	p-valor	Resultado
Período Chuvoso				
0-20 x 20-40	T1XT1	29	0,0415	Rejeita H0
	T2XT2	27	0,0137	Rejeita H0
	T3XT3	37	0,0066	Rejeita H0
Período Seco				
0-20 x 20-40	T1XT1	37,5	0,0061	Rejeita H0
	T2XT2	36	0,0085	Rejeita H0
	T3XT3	41,5	0,0017	Rejeita H0

Tabela 5: Comparação dos atributos químicos das amostras de solo no período chuvoso e seco por meio da aplicação do teste t de Wilcoxon ($P < 0,05$), o mesmo tratamento em diferentes profundidades, no mesmo período.

Dessa forma, ao comparar os dados das Tabela 3, 4 e 5, os solos dessas áreas apresentam diferenças somente quando considerada a amostragem no período seco. Além disso, as características químicas diferem ao longo das camadas do solo. Esses resultados demonstram que os diferentes manejos adotados alteram os atributos do solo. Como foi o caso da diferenciação de T1, que nesses estudo foi utilizado como referências aos demais tratamentos. A rejeição da hipótese nula entre os tratamentos e profundidade, indicam

alterações em diferentes níveis nos solos analisados.

4 | CONCLUSÕES

As características físicas e químicas dos solos sob vegetação secundária, pastagem e agricultura mecanizada, diferem entre si. Maiores densidades foram encontradas em solos de T2 e T3, e a redução da umidade resultou no aumento da densidade. T1 apresentou menor susceptibilidade à compactação em razão da menor densidade. Todos as áreas apresentaram densidades maiores que os níveis de referência.

As melhores condições químicas foram encontradas em T2 e T3, com maior disponibilidade de nutrientes, no entanto, ainda são considerados baixos para o desenvolvimento das culturas cultivadas *in loco*. Em T1, os atributos químicos seguiram o comportamento dos solos pouco ou não antropizados da região amazônica. Assim, em todas as áreas os solos são considerados ácidos, distróficos, álicos e com baixa CTC.

As características do solo são alteradas de acordo com os sistemas de manejo inseridos. Os resultados mostram que em todas as áreas há influência do uso do solo em anos anteriores. Sendo esses impactos maiores nas áreas de pastagem e de agricultura mecanizada, promovendo maiores limitações para a manutenção das culturas em longo prazo em decorrência da maior degradação do solo.

REFERÊNCIAS

AQUINO, R. E.; JÚNIOR, J. M.; COSTA, M. C.; OLIVEIRA, I. A.; SIQUEIRA, D. S. Distribuição espacial de atributos químicos do solo em área de pastagem e vegetação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 1, p. 32-41, jan./mar. 2014.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3 ed. Porto Alegre: Buokman, 2013.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: USP/ESALQ, 1997, p.132.

CARVALHO, W. T. V.; MINIGHIN, D. C.; GONÇALVES, L. C.; VILLANOVA, D. F. Q.; MAURICIO, R.M.; PEREIRA, R.V.G. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: revisão. **Pubvet**, v.11, n.10, p. 1036-1045, out., 2017

CORREIA, F. R. **Avaliação do estado de compactação do solo em área de agricultura e de vegetação de eucalipto**. 2014. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

COSTA, E. M. da; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. de A.; Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 1842-1860, 2013.

- COUTINHO, F.S.; PEREIRA, M. G.; MENEZES, C. E. G.; GUARESCHI, R. F.; ASSUNÇÃO, S. A. Atributos edáficos em área de agricultura, pastagem, e três estágios sucessionais de floresta. **Floresta e Ambiente**, v. 24, n.1,2017.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 5 ed. Brasília: Embrapa, 2017.
- LIMA, C.L.R. Compressibilidade de solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada. 2004. **Tese** (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004
- LIMA, E. DE S.; MONTANARI, R. Correlação linear e espacial da produtividade de forragem com atributos físicos e químicos de um Argissolo em Aquidauana-MS. In: Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2, 2011, Dourados. **Anais...** Dourados: EPEX, 2011
- MAURICIO, R. M.; PEREIRA, R. V. G.; Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: revisão. **Pubvet**, v. 11, n. 10; p. 1036-1045, 2017.
- NASCIMENTO, V. N., ALMEIDA, G. L. P., BATISTA, P. H. D., & COUTINHO, A. S. Atributos físicos do neossolo regolítico distrófico sob pastagem submetido a colheita mecanizada da forragem e pastejo animal. **Boletim de Indústria Animal**, v. 74, n. 3, p. 169-175, 2017.
- OLIVEIRA, W. S. de; SILVA, S. A. S. da; SILVA, R. M. da; SOUZA, W. R. de; MORAIS, P. de L. Determinação das propriedades químicas e físicas do solo em Áreas de Preservação Permanente (APP) com ocorrência de voçoroca, no município de Brasil Novo – Pará. **Revista Tree Dimensional**, ProFloresta, Goiânia, v. 3, n. 5, p. 52, 2018.
- RICHART, A., TAVARES FILHO, J., BRITO, O. R., LLANILLO, R. F., & FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-343, 2005.
- RONI, F. G.; PEREIRA, M. G.; MENEZES, C. E. G.; ANJOS, L. H. C.; CORREIA, M. E. F. Atributos químicos e físicos do solo sob pastagem e estágio sucessionais de vegetação estacional. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v.113, p. 47-57, 2014.
- ROQUE, A. A. de O.; SOUZA, Z. M. de.; BARBOSA, R. S.; SOUZA, G. S. de. Controle de tráfego e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 7, p. 744-750, jul. 2010.
- SALTON, J. C.; TOMAZI, M. **Sistemas radicular de plantas e qualidade do solo**. Dourado: EMBRAPA, p. 2-5, dez 2014.
- SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; SILVA, E. M. da.; SILVEIRA, P. M. da.; BECQUER, T. Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n.10, p. 1339-1348, 2011.
- SANTOS, R.D.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. & SHI-MIZU, S.H. **Manual de descrição e coleta de solono campo**. 7 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

SEMMA - SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE. **Plano Municipal de Meio Ambiente: Pacajá.** (2017). Disponível em: <http://pacaja.pa.gov.br/portal-da-transparencia/estrutura-organizacional/secretaria-municipal-de-meio-ambiente/> acessado em: 28 de março de 2017.

SILVA JUNIOR, C. A.; BOECHAT, C. L.; CARVALHO, L. A. Atributos químicos do solo sob conversão de vegetação amazônica para diferentes sistemas na região norte do Pará - Brasil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, n.4, p.566-572, 2012.

SILVA, A.A.; CASTRO, S. S. Potencial e risco à compactação dos solos da microrregião de Quirinópolis, sudoeste do estado de Goiás. **Revista Territorial-Goiás**, v. 2, p. 106-127, 2013

SILVA, W. L. D. Avaliação da fertilidade do solo e salinidade das comunidades cajueiro e boqueirão, município de Catolé do Rocha-PB, 2014. **Monografia** (Graduação em Ciências Agrárias) – Departamento de agrária e exatas, Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha, 2014.

SOUZA, A. G. V.; FARIA, L. O.; JESUS, T. F de.; MATOS, E. dos R. Degradação dos solos de agricultura intensiva, diagnóstico e métodos de recuperação. **Revista Agrotecnologia**, Ipameri, v. 11, n. 1. P. 23-29, 2020.

TOMÉ JÚNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997.

TORRES, J. L. R.; COSTA, D. D. A.; SILVA NETO, O. F.; ARAÚJO, A. S.; SILVA, V. R.; VIEIRA, D. M. S. Avaliação da resistência à penetração e densidade do solo num latossolo sob semeadura direta há doze anos. **Global Science and Technology**, v. 8, n. 1, p. 131– 140, 30 abr. 2015.

CAPÍTULO 4

AVALIAÇÃO DE SUBSTRATOS ORGÂNICOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE PITANGUEIRA

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 06/11/2020

Sarah Caroline de Souza

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) – Campus Inconfidentes Inconfidentes/Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/9124105091315629>

Sindynara Ferreira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) – Campus Inconfidentes Inconfidentes/Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/4597715453676267>

Evando Luiz Coelho

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) – Campus Inconfidentes Inconfidentes/Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/3466040624364426>

Eduardo de Oliveira Rodrigues

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) – Campus Inconfidentes Inconfidentes/Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/5818967823631155>

RESUMO: A pitangueira possui interesse para a indústria alimentícia e de cosméticos. O destino consciente e sustentável de resíduos agrícolas, urbanos e industriais têm sido um tema amplamente estudado, a fim de reduzir

o impacto ambiental. Assim este trabalho teve como objetivo analisar o melhor substrato na produção de mudas de pitangueira. Foram utilizados como tratamento esterco bovino, esterco de coelho, húmus de minhoca, resíduo de Shimeji e terra de barranco como testemunha. As avaliações aconteceram 90 dias após a semeadura, quanto as características de comprimento da parte aérea, comprimento da raiz, diâmetro do coleto, quantidade de clorofila, área foliar, massa fresca de raiz e parte aérea, massa seca de raiz e parte aérea. Os resultados se mostraram muito satisfatório para quase todos os parâmetros avaliados. É viável a utilização de esterco de coelho, húmus de minhoca e esterco bovino, nas proporções utilizadas neste trabalho, para a produção de mudas de pitangueira, com destaque para o uso do esterco de coelho.

PALAVRAS - CHAVE: *Eugenia uniflora*; Desenvolvimento; Fitotecnia.

EVALUATION OF ORGANIC SUBSTRATES IN THE PRODUCTION OF PITANGUEIRA SEEDLINGS

ABSTRACT: The pitangueira is a high valorized product for the food and cosmetics industries. The right and sustainable disposal of agriculture, urban and factories residues has been a theme highly studied, in order to reduce the environmental impacts. For this reason, the objective of this article was to evaluate the best substrate in the production of pitangueira seedlings. Cattle manure, rabbit manure, earthworm humus, shimeji residue and ravine soil were used as treatments. The evaluations took place 90 days after sowing, the parameters evaluated were:

shoot length, root length, stem diameter, amount of chlorophyll, leaf area, fresh and dry root and leaves weight. The results were very satisfying for almost every parameter studied, substrates were classified as the most appropriate for the production of pitangueira seedlings, in the proportion used in this study: rabbit manure, earthworm humus and bovine manure, standing out for the rabbit manure.

KEYWORDS: *Eugenia uniflora*; Development; Phytotechnics.

1 | INTRODUÇÃO

A pitangueira (*Eugenia uniflora* L.), uma planta da família Myrtaceae originária do Brasil é comum de regiões tropicais e subtropicais. Porém devido suas habilidades de adaptação as condições de solo e clima, essa frutífera foi disseminada pelas mais variadas regiões do globo. Sua arvore é comumente cultivada em jardins pois é muito ornamental e de fácil manejo (SILVA, 2006).

Para Franzone et al. (2008) a pitanga possui alto potencial econômico principalmente em áreas que se interessam por novidades. Avila et al. (2009) sugeriu a utilização da pitangueira para recuperação de matas e ainda para utilização de frutos *in natura*, uma vez que estes possuem alto valor de vitamina A e sais minerais.

Os pomares de pitangueiras são majoritariamente formados por mudas propagadas por sementes, segundo Picoletto et al. (2013) o que exige muita atenção do produtor, pois para Ferreira (2017) esta é uma etapa que carece de muita atenção e cuidados para que se tenha uma muda vigorosa, sadia e resistente. Rodrigues e Nascimento Neto (2014) citaram em seus trabalhos que dentre os fatores que exercem influência na produção de mudas, encontra-se os substratos, pois é o meio em que as raízes se desenvolvem, dando suporte e fornecendo água, oxigênio e nutrientes para as plantas.

O substrato na produção de mudas garante a qualidade da planta em um curto período de tempo e ainda reduz seus custos. De acordo com Furlan et al. (2007) o emprego do composto orgânico é eficiente para a produção de mudas já que ele oferece altos teores de nutrientes que ele disponibiliza para a planta e ainda possibilita o reaproveitamento que permite a utilização dos dejetos produzidos na propriedade.

O reaproveitamento beneficia não apenas o meio ambiente, mas também o produtor que pode utilizar os dejetos gerados em sua propriedade para a produção de mudas. Além do interesse na utilização de substratos apropriados para o desenvolvimento das plantas, cada vez mais existe a preocupação de aproveitar resíduos agroindustriais, visando a redução dos custos de produção e da poluição ambiental de acordo com Steffen et al. (2010).

Cavalcante et al. (2016) mostraram em seus trabalhos que os insumos inorgânicos podem ser utilizados para a produção de mudas, uma vez que possuem alta quantidade de nutrientes que são de extrema importância para as plantas.

Nas palavras de Pelizer, Pontieri e Moraes (2007) a crescente preocupação com

o meio ambiente vem mobilizando vários segmentos do mercado. Inúmeros órgãos governamentais e indústrias estão se preparando para aplicar uma política ambiental que diminua os impactos negativos à natureza.

Para Pereira et al. (2020) a utilização de resíduos e subprodutos de decomposição orgânica localmente disponíveis são uma ótima alternativa no suprimento da necessidade por substratos.

Diante disto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de cinco substratos orgânicos e apontar qual o melhor na produção de mudas de pitangueira

2 | METODOLOGIA

O estudo foi conduzido no viveiro de mudas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) Campus Inconfidentes, localizado no município de Inconfidentes/MG.

O município situa-se nas coordenadas de 22° 19' 01" S e 46°19' 40" W e a 869m de altitude, apresentando o relevo acidentado contando com um conjunto de várias Serras (INCONFIDENTES, 2017).

Seu clima segundo a classificação de Köppen é tropical de altitude (cwb). A vegetação do município é classificada como floresta estacional semidecidual montana, com domínio da Mata Atlântica (INCONFIDENTES, 2017).

A colheita dos frutos foi realizada do período de dezembro de 2017, na microrregião da cidade de Inconfidentes/MG. Foram escolhidos frutos maduros sem sintomas de ataques de pragas e doenças os quais foram colhidos manualmente diretamente da planta. Para a extração das sementes os frutos passaram por um processo de remoção da polpa sob água corrente em uma peneira e secaram a sombra por 48 horas, sobre papel absorvente conforme metodologia de Martinazzo et al. (2007). As sementes que se apresentaram defeituosas, achatadas ou pequenas foram descartadas.

Após a separação manual dos frutos foram semeadas uma semente em sacos de polietileno com dimensão de 10 centímetros de diâmetro e 20 de altura, furados lateralmente de modo que permita a drenagem de água.

O estudo foi composto por cinco tratamentos (substratos) sendo: T1) terra de barranco (75%) + areia (25%); T2) terra de barranco (50%) + areia (25%) esterco de coelho (25%); T3) terra de barranco (50%) + areia (25%) + húmus de minhoca (25%); 4) terra de barranco (50%) + areia (25%) + esterco bovino (25%); 5) terra de barranco (50%) + areia (25%) + substrato residual - Shimeji (25%). A terra de barranco foi adquirida no próprio Instituto bem como o esterco de coelho e húmus de minhoca. Recolheu-se o esterco de coelho juntamente com a urina dos mesmos. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco repetições para cada tratamento e vinte plantas por parcela. Realizou-se para cada tratamento (substrato) análise química para verificar a

quantidade de nutrientes.

Noventa dias após a semeadura foram analisadas as seguintes características: comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento da raiz (CR), ambos mensurados com a utilização de uma régua graduada, diâmetro do coleto (DC) utilizando-se de um paquímetro digital, quantidade de clorofila (CLOR) aferida em folhas maiores que 2 cm horizontalmente e 2,5 cm verticalmente observando sempre o segundo par de folhas, área foliar (AR), número de folhas (NF), largura da planta (LP) mensurada também com o auxílio de uma régua, massa fresca de raiz e parte aérea (MFR e MFA), massa seca de raiz e parte aérea (MSR e MSA) utilizando-se de uma balança analítica, as mudas sofreram um processo de corte para a separação da parte aérea da parte radicular e passaram imediatamente a sua pesagem de massa fresca, por processo de secagem em estufa a 65°C ventilada, até que suas massas atinjam peso constante.

Os tratos culturais utilizados foram irrigação manual realizadas diariamente com um auxílio de regador e quando necessário capina manual.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (teste F) e posterior teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para as análises de solo os resultados obtidos nos tratamentos esterco de coelho, húmus de minhoca e esterco bovino mostraram-se satisfatórios, conforme a tabela 1.

Identificação	pH	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V%	M.O.	m%	Zn	Fe	Mn	Cu	B	P-rem	Mg/L
Testemunha	5,43	9,2	55,2	0,00	2,2	0,6	2,27	2,92	5,19	56,2	2,16	0,00	0,5	59,9	13,0	0,3	0,1	32,05	
Esterco coelho	6,63	304,0	430,1	0,00	6,1	1,02	1,96	8,2	10,16	80,7	3,45	0,00	47,2	90,5	114,8	3,5	0,4	48,03	
Húmus minhoca	6,65	485	758,4	0,00	6,2	1,12	1,88	9,3	11,18	83,18	3,53	0,00	51,3	110,1	91,3	11,9	0,4	46,9	
Esterco bovino	4,9	31,1	200,1	0,10	3,5	0,86	6,94	4,88	11,81	41,28	2,76	2,01	2,4	33,9	28,3	0,5	0,3	34,6	

Tabela 1. Resultado da análise de solo para os materiais usados como tratamentos*: terra de barranco (testemunha), esterco de bovino, esterco de coelho, húmus de minhoca. IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2018.

*Não foi possível a análise de resíduo de Shimeji devido a problemas com umidade.

Os substratos orgânicos utilizados mostraram-se com bom desempenho geral na produção das mudas de pitangueira. Foram alcançados resultados significativos para comprimento da parte aérea, área foliar total, clorofila, largura da planta, massa fresca da parte aérea e da raiz assim como massa seca da parte aérea e raiz. No entanto para as características de comprimento de parte aérea, comprimento de raiz e diâmetro da planta, não foram obtidos resultados significativos (Tabela 2).

Tratamentos*	CPA	CR	DC	CLOR	AF	NF	MFA	MFR	MSR	MSA
T1	7,12 a	12,5 a	1,89 a	20,72 bc	256,39 bc	7,47 bc	0,51 ab	0,15 b	0,07 bc	0,15 c
T2	9,28 ab	10,7 a	2,20 a	30,35 a	376,03 ab	9,92 a	0,67 a	0,22 a	0,10 a	0,31 a
T3	10,2 a	10,4 a	1,87 a	24,57 abc	389,81 a	9,28 a	0,57 a	0,16 ab	0,07 abc	0,25 b
T4	8,92 ab	10,2 a	2,28 a	28,03 ab	368,02 ab	8,90 ab	0,61 a	0,16 ab	0,08 ab	0,26 ab
T5	6,9 a	11,1 a	1,57 a	16,26 c	160,42 c	6,83 c	0,38 b	0,11 b	0,05 c	0,11 c

Tabela 2. Resultado dos diferentes tratamentos para comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), diâmetro do coleto (DC), quantidade de clorofila (CLOR), área foliar (AF), número de folha (NF), massa fresca de raiz e parte aérea (MFR e MFA), massa seca de raiz e parte aérea (MSR e MSA). IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2018.

*Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Silva et al. (2009) relataram que o índice de clorofila é extremamente importante para o desenvolvimento de uma espécie, pois é um dos fatores que garante a eficiência fotossintética da planta, para esta característica neste trabalho, o tratamento que se mostrou promissor foi o de esterco de coelho seguido do esterco bovino e húmus de minhoca. De acordo com Bassaco et al. (2015) o esterco de coelho é rico em amônia, fato este que explica em parte, o bom resultado obtido por este tratamento na avaliação de clorofila, uma vez que possuía quantidades consideráveis destes nutrientes.

A alta quantidade de nitrogênio (N) disponível no esterco de coelho influencia ainda em características da planta, como o estímulo ao desenvolvimento radicular e na absorção de nutrientes (YANAI et al., 1996). Porto (2017) em seu trabalho com gramíneas do gênero *Brachiaria* apontou o N como promotor de diversas alterações fisiológicas neste gênero, como no número, tamanho, peso e taxa de aparecimento de perfilhos e folhas, e o alongamento do colmo, fatores importantes na produção de massa seca. Portanto, pode-se mais uma vez relacionar as boas quantidades de nitrogênio presente no substrato esterco de coelho com os resultados obtidos para os parâmetros massa fresca e seca da parte aérea quanto da raiz, uma vez que este elemento participa ativamente na produção de biomassa.

Para a característica de comprimento de raiz, a não significância dos tratamentos pode ser explicada devido a precocidade da avaliação. O mesmo motivo pode justificar a não significância dos testes realizados para o parâmetro diâmetro do coleto. Essa hipótese pode ser confirmada quando comparamos com o trabalho de Dalagnol et al. (2016), que observaram o efeito de fungos micorrízicos arbusculares, da adubação e da composição do substrato no crescimento de mudas de pitangueira, avaliando o diâmetro de coleto após 180 dias e obtendo resultados significativos para este parâmetro.

Quando considerada apenas a avaliação do número de folhas os tratamentos esterco de coelho e húmus de minhoca apresentaram-se como os melhores resultados, seguido de esterco bovino. Variando entre número de duas folhas por planta até o valor de 21 folhas

obtido no tratamento esterco de coelho, valor máximo atingido neste experimento. Uma possível explicação para este fato são suas relevantes quantidades de nutrientes como o cálcio e boro, ambos responsáveis pela estrutura da parede celular, consequentemente com quantidades equilibradas é possível a produção de mais parede celular, implicando no crescimento da planta.

Considerando os parâmetros de comprimento da parte aérea e área foliar o tratamento com o húmus de minhoca obteve resultados mais significativo, seguido do esterco de coelho e esterco bovino. Isso se explica ao fato do vermicomposto, ser um material orgânico, influenciando na disponibilidade de nutrientes para a planta e em seu crescimento e desenvolvimento (VIEIRA; WEBER; SCARAMUZZA, 2014). De acordo com a análise química dos tratamentos, observa-se uma alta quantidade de potássio nos três tratamentos, com destaque para o húmus de minhoca que possui dentre os substratos analisados a maior quantidade de potássio. No entanto, deve-se observar o parâmetro comprimento da parte aérea de forma cuidadosa, pois uma planta alta com um diâmetro de coleto pequeno pode ocasionar o tombamento e a quebra da muda logo após o plantio (GASPARIN et al., 2014).

O tratamento composto por resíduo de Shimeji obteve no presente trabalho os piores resultados em todas as características avaliadas, o que podemos atrelar ao fato do mesmo não ter alcançado uma umidade ideal do resíduo na produção dos substratos. Para Fernandes e Pasin (2018), o substrato adequado deve proporcionar uma boa relação de umidade e aeração, evitando que se forme uma película aquosa sob a semente, o que pode ocasionar em falta de oxigênio para a semente e ainda aumenta a predisposição a desenvolvimento de patógenos.

Evidencia-se no presente trabalho os notáveis resultados apresentados pelos tratamentos de esterco de coelho, esterco bovino e húmus de minhoca, devido a suas boas características químicas representadas por meio da análise de solo.

4 | CONCLUSÕES

É viável a utilização de esterco de coelho, húmus de minhoca e esterco bovino, nas proporções utilizadas neste trabalho, para a produção de mudas de pitangueira, com destaque para o uso do esterco de coelho.

AGRADECIMENTO

Agradecemos ao IFSULDEMINAS e em especial à FAPEMIG pelo aporte financeiro por meio do Programa de Bolsas Institucionais de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

- AVILA, A. L. de; ARGENTA, M. da S.; MUNIZ, M. F. B.; POLETO, I.; BLUME, E. Maturação fisiológica e coleta de sementes de *Eugenia uniflora* L. (pitanga), Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 1, p.61-68, mar. 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/420/293>. Acesso em: 06 nov. 2020.
- BASSACO, A. C.; ANTONIOLLI, Z. I.; BRUM JÚNIOR, B. de S.; ECKHARDT, D. P.; MONTAGNER, D. F.; BASSACO, G. P. Caracterização química de resíduos de origem animal e comportamento de *Eisenia andrei*. **Ciência e Natura**, Santa Maria, RS, v. 37, n. 1, p.45-51, jan. 2015. Disponível em: <http://oaji.net/articles/2015/1602-1425489906.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2020.
- CAVALCANTE, A. C. P.; SILVA, A. G. da; SILVA, M. J. R. da; ARAÚJO, R. da C. Produção de mudas de Gliricídia com diferentes substratos orgânicos. **Revista Agrarian**, v. 9, n. 33, p.233-240, Dourados, 2016. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/3929/3659>. Acesso em: 3 nov. 2020.
- DALANHOL, S. J.; NOGUEIRA, A. C.; GAIAD, S.; KRATZ, D. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares e da adubação no crescimento de mudas de *Eugenia uniflora* L., produzidas em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 38, n. 1, p.117-128, fev. 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1046845>. Acesso em: 06 nov. 2020.
- FERNANDES, A. C. T.; PANSIN, L. A. A. P. Influencia de diferentes substratos no desenvolvimento inicial de mudas de pitangueira. **Revista de Ciências ambientais**, Canoas, v. 12, n. 3, 2018. Disponível em: <https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/Rbca/article/view/4757/pdf>. Acesso em: 4 nov. 2020.
- FERREIRA, A. R. de S. **Produção de mudas de pepino sob doses de esterco bovino e água disponível no substrato**. 2017. 16 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Ciências Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, Catolé da Rocha-pb, 2017. Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/13965/1/PDF - Ana Raquel de Sousa de Ferreira.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2020.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: sistema de análise de variância, Versão 5.3, Lavras/ DEX, 2011.
- FRANZON, R. C.; GONÇALVES, R. da S.; ANTUNES, L. E. C.; RASEIRA, M. do C. B.; TREVISAN, R. Propagação da pitangueira através da enxertia de garfagem. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p.488-491, jun. 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Maria_Raseira/publication/262551979_Surinam_cherry_propagation_through_grafting/links/0deec53b57741e8977000000.pdf. Acesso em: 01 nov. 2020.
- FURLAN, F., COSTA M. S. S. de M.; MENDONÇA, L. A. de; MARINI, D.; CASTOLDI, G. SOUZA, J. H. PIVETTA, L. A.; PIVETTA, L. G. Substratos alternativos para produção de mudas de couve folha em sistema orgânico. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Pelotas, v. 2, n. 2, p.1686-1689, ago. 2007. Disponível em: <http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/rbagroecologia/article/view/7095/5219>. Acesso em: 06 nov. 2020.
- GASPARIN, E. AVILA, A. L. de; ARAUJO, M. M.; FILHO, A. C.; DORNELES, D. U.; FOLTZ, D. R. B. Influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. Em viveiro e no campo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 553-563, jul.-set., 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/4033/pdf>. Acesso em: 3 nov. 2020.

INCONFIDENTES, Prefeitura Municipal de. **Geografia**. 2017. Disponível em: <http://www.inconfidentes.mg.gov.br/index.php/geografia>. Acesso em: 08 maio 2018.

PICOLOTTO, L.; VIGNOLO, G. K.; SANTOS, I. P. dos; GONÇALVES, M. A.; ARAÚJO, V. F.; MARCHI, P. M.; ANTUNES, L. E. C. Influência do substrato e do armazenamento de sementes na emergência e desenvolvimento inicial de mudas de pitangueira. In: **Congrega Urcamp**, 11., Sant'Ana do Livramento: 2013. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/969924/1/26.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2019.

PELIZER, L. H.; PONTIERI, M. H.; MORAES, I. de O. Utilização de Resíduos Agro-Industriais em Processos Biotecnológicos como Perspectiva de Redução do Impacto Ambiental. **Journal Of Technology Management & Innovation**, Santiago, v. 2, n. 1, p.118-127, mar. 2007. Disponível em: <http://www.jotmi.org/index.php/GT/article/view/384>. Acesso em: 06 nov. 2020

PEREIRA, C. M. da S.; ANTUNES, L. F. de S.; AQUINO, A. M. de; LEAL, M. A. de A. Substrato à base de esterco de coelho na produção de mudas de alface.

Nativa, Sinop, v. 8, n. 1, p. 58-65, jan./fev. 2020. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1119968/1/Substratoabasedeestercodecoelhonaproducaodemudasdealface.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2020.

PORTO, E. M. V. Produção de biomassa de três cultivares do gênero *Brachiaria* spp. submetidos à adubação nitrogenada. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Pastos-pb, v. 13, n. 1, p.9-14, mar. 2017. Trimestral. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/729/pdf>. Acesso em: 06 nov. 2020.

MARTINAZZO, E. G.; ANESE, S.; WANDSCHEER, A. C. D.; PASTORINI, L. H. Efeito do Sombreamento sobre o Crescimento Inicial e Teor de Clorofila Foliar de *Eugenia uniflora* Linn (Pitanga) – Família *Myrtaceae*. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 52, p.162-164, jul. 2007. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/175/164>. Acesso em: 06 nov. 2020.

RODRIGUES, R. D.; NASCIMENTO NETO, J. H. do. Uso de rejeitos de mineração e materiais orgânicos na composição de substrato para produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). **Engenharia Ambiental: pesquisa e tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v. 11, n. 1, p.16-27, jun. 2014. Semestral. Disponível em: <http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=914>. Acesso em: 06 nov. 2020.

SILVA, E. A. da; MARUYAMA, W. I.; OLIVEIRA, A. C. de; BARDIVIESSO, D. M. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de mangabeira (*Hancornia speciosa*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 31, n. 3, p.925-929, set. 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-29452009000300043&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 06 nov. 2020.

SILVA, S. de M. Pitanga. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p.1-159, jan. 2006. Trimestral. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbf/v28n1/29675.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2020.

STEFFEN, G. P. K.; ZAIDA, I. A.; STEFFEN, R. B.; BELLÉ, R. Húmus de esterco bovino e casca de arroz carbonizada como substratos para a produção de mudas de boca-de-leão. **Acta Zoológica Mexicana**, [S.l.], v. 26, n. 2, p.345-357, jan. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v26nspe2/v26nspe2a26.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2020.

VIEIRA, C. R.; WEBER, O. L. dos S.; SCARAMUZZA, J. F. Influência do vermicomposto no crescimento e na nutrição de mudas de angico cascudo. **Revista Biociências**, Taubaté, SP, v. 20, n. 2, p.52-61, 2014. Disponível em: <http://periodicos.unitau.br/ojs/index.php/biociencias/article/view/1884/1427>. Acesso em: 06 nov. 2020.

YANAI, J.; LINEHAN, D. J.; ROBINSON, D.; YOUNG, I. M.; HACKETT, C. A.; KYUMA, K.; KOSAKI, T. Effects of inorganic nitrogen application on the dynamics of the soil solution composition in the root zone of maize. *Plant and Soil*, v. 180, n. 1, p. 1-9, 1996. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00015405>. Acesso em: 06 nov. 2020.

CAPÍTULO 5

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DE POPULAÇÕES DE FISÁLIS (*PHYSALIS PERUVIANA* L.)

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 06/11/2020

Rita Carolina de Melo

Universidade do Estado de Santa Catarina
(UDESC)
Lages – SC
<http://lattes.cnpq.br/7149355698847503>

Nicole Trevisani

Universidade Alto Vale do Rio do Peixe
(UNIARP)
Caçador - SC
<http://lattes.cnpq.br/8389315468795185>

Paulo Henrique Cerutti

Universidade do Estado de Santa Catarina
(UDESC)
Lages – SC
<http://lattes.cnpq.br/9148489225952158>

Mauro Porto Colli

Universidade do Oeste de Santa Catarina
(UNOESC)
Xanxerê – SC
<http://lattes.cnpq.br/3523858934800930>

RESUMO: O objetivo do trabalho foi caracterizar populações de fisális de diferentes origens (Fraiburgo, Caçador, Lages, Camboriú, Colômbia e Peru) quanto à variação genética, segundo caracteres morfológicos. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com três repetições. Os caracteres morfológicos avaliados foram: rendimento total (RT),

rendimento de frutos acumulados (RFA), número de frutos acumulados (NFA), massa média de fruto (MMF), diâmetro polar (DP) e equatorial (DE) e percentual de fruto rachados (PFR). Para testar as hipóteses foi realizada análise de variância multivariada, e posteriormente contrastes multivariados (entre populações). Para verificar a contribuição das variáveis utilizou-se os coeficientes canônicos padronizados. A análise multivariada revelou existência de variabilidade genética entre as populações avaliadas. A segunda função discriminante canônica captou 83% de variância acumulada nos autovalores e foi significativa ($p < 0,05$). Todas as populações quando comparadas revelaram diferenças significativas, exceto a população de Lages vs. Colômbia e Camboriú vs. Peru. Este fato pressupõe que as populações mencionadas possuem caracteres morfológicos semelhantes em virtude da constituição genética delas. As variáveis que predominantemente contribuíram para distinção das populações foram: NFA, MMF e DP. Enquanto RFA e DE não contribuíram para a distinção das populações neste estudo.

PALAVRAS-CHAVE: variabilidade genética, seleção, qualidade de fruto, análise multivariada.

MORFOLOGICAL CHARACTERIZATION OF *PHYSALIS* POPULATIONS (*PHYSALIS PERUVIANA* L.)

ABSTRACT: The aim of the work was to characterize populations of physalis from different origins (Fraiburgo, Caçador, Lages, Camboriú, Colombia and Peru) regarding genetic variation, through morphological characters. The experimental design used was a randomized

block with three replicates. The morphological characters evaluated were: total yield (RT), accumulated fruit yield (RFA), number of accumulated fruits (NFA), average fruit mass (MMF), polar (DP) and equatorial (DE) diameter and percentage of fruit cracked (PFR). To test the hypotheses, multivariate analysis of variance was performed, and subsequently multivariate contrasts (between populations). To verify the contribution of the variables, standard canonical coefficients were used. Multivariate analysis revealed the existence of genetic variability among the populations evaluated. The second canonical discriminating function captured 83% of variance accumulated in the eigenvalues and was significant ($p < 0.05$). All populations when compared showed significant differences, except the population of Lages vs. Colombia and Camboriú vs. Peru. This fact assumes that the populations mentioned have similar morphological characteristics due to their genetic constitution. The variables that predominantly contributed to the distinction of populations were: NFA, MMF and DP. While, RFA and DE did not contribute to the distinction of populations in this study.

KEYWORDS: genetic variability, selection, fruit quality, multivariate analysis.

1 | INTRODUÇÃO

A fisális (*Physalis peruviana* L.) tem como centro de origem e diversificação os Andes Sul Americanos. É encontrada principalmente na Colômbia, Peru e Equador (MEDINA, 1991). A Colômbia é o principal produtor mundial e as exportações desta fruta exótica garantem destaque do cultivo neste país. O gênero *Physalis* inclui aproximadamente 100 espécies (FISCHER et al., 2005). A espécie *Peruviana* compõe diversos ecótipos, dos quais se destacam: 'Kenia', 'Sudáfrica' e 'Colômbia', que apresentam características superiores quanto a coloração e conteúdo de açúcares em seus frutos (ALMANZA; FISCHER, 1993). No Brasil, os cultivos de fisális são provenientes de populações do Ecótipo Colômbia. Em 2008, iniciaram os primeiros cultivos comerciais em alguns municípios dos estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Minas Gerais. Em Santa Catarina os cultivos estão concentrados nas cidades de Urupema, Fraiburgo e Lages (LIMA et al., 2009). Recentemente novos cultivos foram introduzidos na Região Oeste do Estado, nos municípios de Chapecó e Xanxerê.

O aumento na produção e qualidade de frutos está relacionada a fatores ambientais e genéticos. Portanto, práticas de manejo como adubação, tutoramento de plantas, controle fitossanitário, assim como seleção de genótipos superiores, são essenciais para que o Brasil se torne autossuficiente na produção de frutos de fisális. No melhoramento de plantas, o sucesso da seleção de genótipos superiores depende da variabilidade genética existente entre e dentro das populações (TREVISANI et al., 2017). De acordo com Fischer (2000), existe uma ampla variabilidade na espécie, de modo que dezenas de acessos já foram caracterizados e são mantidos em bancos de germoplasma, sendo um valioso recurso genético para o melhoramento da espécie.

A cultura da fisális se caracteriza por possuir fruto coberto por cálice, diâmetro entre 1,25 a 2,50 cm, forma globosa ou ovoide, contendo entre 150 e 300 sementes, massa do

fruto entre 4 a 10 g e necessita de 60 a 80 dias para maturação (FISCHER et al., 2011). A cultura é reconhecida pela sua qualidade nutracêutica, em função da alta concentração de antioxidantes e vitaminas (A, B, C, E e K), ácidos graxos poli-insaturados e fito esteróis e minerais essenciais (PUENTE et al., 2011). Estudos conduzidos por Pulgarin (1989) demonstraram maior variabilidade para forma e tamanho de cálice, e forma e peso de fruto. Trabalhos desenvolvidos por Betancourt (2008) sobre avaliação morfológica de acessos, quanto a caracteres de fruto relacionado ao peso, tamanho, número de sementes e sólidos solúveis, apontou grupos distintos com potencialidade para processamento, mercado e utilização em programas de melhoramento.

Uma característica de suma importância que deprecia a qualidade do fruto fisális é a rachadura, sendo que a seleção deve ser voltada a genótipos que não manifestem este distúrbio. A rachadura de frutos é um problema limitante do cultivo, podendo chegar a 30% do total de frutos comerciais e afeta negativamente o potencial de armazenamento (GORDILLO et al., 2004). De acordo com Torres et al. (2004) e Cooman et al. (2005) a rachadura de frutos está atribuída a variações hídricas e desordens nutricionais de Ca, B e Cu. É condicionado a ampla sensibilidade que a espécie apresenta, demonstrando variabilidade entre ecotipos e variedades quanto à resistência a rachadura de frutos (FISCHER et al., 2011).

O efeito genético relacionado a rachadura de frutos ainda não está claro e necessita ser investigado. Moing et al. (2004) ao estudar a susceptibilidade de fisális a esta desordem fisiológica, descreve a necessidade do desenvolvimento de cultivares de alta qualidade e resistência a rachadura de fruto, destacando a importância dos programas de melhoramento nos critérios de seleção desta característica de resistência. A seleção de genótipos resistentes à rachadura pode inferir na minimização de perdas por frutos rachados, quando associado a boas práticas culturais para minimizar a ocorrência da rachadura.

O conhecimento da variabilidade das populações permite a seleção de genótipos promissores para a introdução em programas de melhoramento genético e ou em cultivos que não contemplem cultivares melhoradas geneticamente. No Brasil, são incipientes os trabalhos realizados no melhoramento da cultura, como também não há registro de cultivares. Outro fator limitante no processo de melhoramento é o desconhecimento da origem de grande parte dos genótipos, muitos são cultivados sem conhecimento de suas características e se demonstram pouco adaptados as condições limitantes de cultivo (FISCHER et al., 2005). Portanto, o objetivo do trabalho foi realizar a caracterização morfológica de populações de fisális de distintas origens.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em condições de campo, durante o ano agrícola de 2013/14 no município de Xanxerê -SC, sob latitude 26°48'22" S; longitude 52°23'57" W; numa altitude

de 774 m; tipo climático Cfb de acordo com a classificação climática de Köppen; solo do tipo latossolo; temperatura média anual de 16 a 17 °C; precipitação média anual de 2100 a 2300 mm e umidade relativa do ar (média) de 78 a 80 % (PANDOLFO et al., 2002). Foram avaliadas seis populações de fisális, obtidas por doação de produtores rurais como também de forma comercial em mercados da região, sendo: Fraiburgo, Caçador, Lages, Camboriú, Colômbia e Peru. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições e a unidade experimental composta por cinco plantas.

As mudas utilizadas na implantação do experimento foram produzidas através de semeadura em bandejas, preenchidas com substrato a base de: 20% de vermiculita expandida; 50% de turfa; 30% de composto orgânico com teores de MS (%): 65, N (%): 0,93, P₂O₅ (%): 1,48 e K₂O (%): 1,14). As mudas foram acondicionadas em casa de vegetação até o transplante. O transplante ocorreu com 35 dias após a semeadura, onde se encontravam com altura média de 10 cm, diâmetro médio do caule de 2,5 mm e 5 a 6 folhas definitivas. O preparo do solo foi realizado com enxada rotativa e a adubação corretiva de acordo com os dados da análise química do solo: % argila (m/v): 46; pH-Água (1:1): 5,8; P (mg/dm³): 8,1; K (mg/dm³): 152; % MO (m/v): 4,1; Ca (cmolc/dm³): 12,6; Mg (cmolc/dm³): 2,3; CTC pH 7.0 (cmolc/dm³): 19,05; Valor m (%): 0,0; Saturação de bases (%): 80,26, aplicando-se uma dose de 60 kg.ha⁻¹ de P₂O₅. A adubação de manutenção foi realizada aplicando-se doses de 20 kg.ha⁻¹ de N, 30 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg.ha⁻¹ de K₂O antes do plantio. O manejo do nitrogênio foi realizado com a aplicação de 40 kg.ha⁻¹, em dois parcelamentos: 20 kg.ha⁻¹ aos 45 dias e 20 kg.ha⁻¹ aos 90 dias após o transplante.

O sistema de condução utilizado foi do tipo espaldeira simples, com a instalação de postes a cinco metros entre si com 1,5 metros de altura e dois fios ovalados a 0,5 e 1,2 m do nível do solo. O tutoramento das plantas foi realizado com uso de fitilho, com uma frequência semanal. Durante o ciclo da cultura foram efetuadas podas de formação deixando-se uma haste principal e seis hastes secundárias equidistantes entre si. O controle de plantas daninhas foi efetuado de forma mecânica (capina), na projeção da fila e 'roçada' entre as filas para a manutenção da vegetação espontânea.

A colheita foi iniciada aos 115 dias após o transplante das mudas (DAT) e finalizada aos 295 DAT. A colheita obedecia a uma frequência média de duas vezes por semana. Os frutos eram colhidos quando se apresentavam nos estágios de coloração de cálice 5 - 6, de acordo com a NTC 5166 (INCOTEC, 2004). Para obtenção dos componentes do rendimento, os frutos após a colheita eram classificados em frutos rachados e comerciais. As avaliações foram repetidas seis vezes no tempo, repetitivamente ao longo das épocas (30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias) de colheita.

Foram avaliados os seguintes caracteres: rendimento total (RT) (t.ha⁻¹); rendimento de frutos acumulados (RFA) (kg.planta⁻¹) para aqueles que apresentavam aspectos comerciais e se enquadravam a NTC 5166; número de frutos acumulados (NFA) por contagem; massa média de frutos (MMF) (g.planta⁻¹) por dedução; diâmetro polar (DP)

(mm) e diâmetro equatorial (DE) (mm) com paquímetro digital com precisão de 0,01 mm; e porcentagem de frutos rachados (PFR) (%) do total produzido. Para composição dos dados referente à rachadura de frutos foram inclusos frutos com rachadura superficial ‘*cracking*’ e profunda ‘*aplitting*’ em todos os seus possíveis formatos (FISCHER et al., 2005).

Os dados foram submetidos a análise de variância multivariada. A dispersão dos vetores de médias foi representada por meio de gráfico, segundo a variância acumulada. Posteriormente, foram obtidos contrastes multivariados (entre populações). As comparações foram realizadas entre todas as seis populações: C₁: Fraiburgo vs. Caçador. C₂: Fraiburgo vs. Lages. C₃: Fraiburgo vs. Camboriú. C₄: Fraiburgo vs. Colômbia. C₅: Fraiburgo vs. Peru. C₆: Caçador vs. Lages. C₇: Caçador vs. Camboriú. C₈: Caçador vs. Colômbia. C₉: Caçador vs. Peru. C₁₀: Lages vs. Camboriú. C₁₁: Lages vs. Colômbia. C₁₂: Lages vs. Peru. C₁₃: Camboriú vs. Colômbia. C₁₄: Camboriú vs. Peru. C₁₅: Colômbia vs. Peru.

Em cada contraste multivariado, foram obtidos os coeficientes canônicos padronizados, visando identificar as variáveis que mais contribuíram para discriminar os tratamentos. Os coeficientes canônicos foram interpretados da seguinte forma: valores positivos indicam efeito de separação entre os tratamentos enquanto valores negativos indicam similaridade entre os tratamentos (HAIR et al., 2007).

As análises estatísticas foram executadas no software SAS *University edition*.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise multivariada revelou existência de diferenças entre as épocas de avaliação e entre as populações avaliadas (Tabela 1). Portanto, há indicativos da existência de variabilidade genética entre as populações de fisalis. Deste modo, a seleção de populações para uso direto como também na indicação de genitores em hibridações pode ser uma estratégia promissora no melhoramento, visando aumento de produção e a qualidade frutos.

Causa de variação	Valor Wilk's	Valor de F	NGN ¹	NGD ²	Pr > F
Bloco	0,44	4,56	14	128	0,0001
População (P)	0,16	4,22	35	272	0,0001
Época (E)	0,01	73,88	35	272	0,0001
P * E	0,13	0,87	175	444	0,8521

Tabela 1 – Resumo da análise de variância multivariada pelo teste Lambda de Wilk's e sua transformação em valores e probabilidades de F. Análise considerando os caracteres: rendimento total (RT), rendimento de frutos acumulados (RFA), número de frutos acumulados (NFA), massa média de fruto (MMF), diâmetro polar (DP) e equatorial (DE) e percentual de fruto rachados (PFR).

(¹) Fonte de variação. (²) Graus de liberdade do numerador. (³) Graus de liberdade do denominador.

A variação significativa para época se deve a um menor rendimento, tanto total como de frutos acumulados, durante os primeiros meses de colheita e está associado a temperaturas elevadas, fora da faixa ótima de conforto para a cultura. Isso favoreceu o abortamento de estruturas reprodutivas e a consequente redução do rendimento. A influência do ambiente no comportamento produtivo das plantas frutíferas é importante, pois existem períodos de oscilações que afetam a produção (YOKOMIZO et al., 2019). O conhecimento da variação temporal da produção auxilia no planejamento das atividades de colheita e comercialização dos frutos (do AMARAL et al., 2020). No presente trabalho, os maiores acúmulos ocorrem nas últimas épocas, com maiores incrementos de produção e isso ocorre em virtude da maior emissão de estruturas reprodutivas e consequente aumento do número de frutos nos períodos finais de colheita.

Como o efeito da interação população * época foi não significativo, as populações podem ser avaliadas na média das épocas (Tabela 1). Assim, a variabilidade indicada na análise de variância multivariada entre as populações de fisális pode ser observada segundo a dispersão dos vetores de médias para cada população (Figura 1). Como a segunda função discriminante canônica captou 83% de variância acumulada nos autovalores e foi significativa ($p < 0,05$), pode-se representar o comportamento das populações em duas dimensões. Foram formados diferentes grupos, sendo as populações Colômbia e Lages (Grupo 1), as populações Fraiburgo, Camboriú e Peru (Grupo 2) e a população Caçador (Grupo 3). Para o melhorista de plantas, estes resultados são importantes para inclusão destas populações em futuros programas de hibridação, seja na obtenção de híbridos F_1 e de populações segregantes.

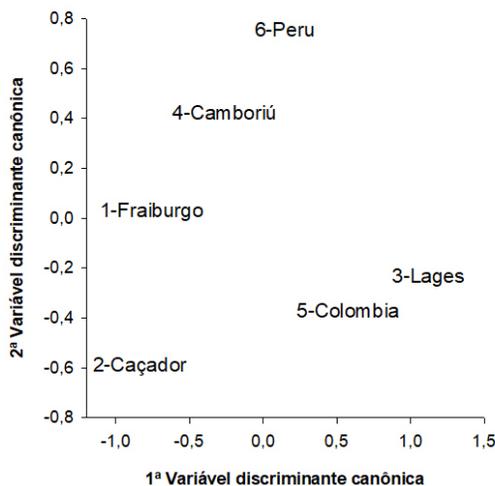


Figura 1 – Gráfico de dispersão de seis populações de fisális com base nas 1ª e 2ª funções discriminantes canônicas.

Entretanto, apenas uma análise gráfica não é suficiente para identificar as diferenças observadas. Sendo assim, quando realizadas as comparações entre as populações, verificou-se que todas revelaram diferenças significativas, exceto as comparações entre Lages vs. Colômbia e Camboriú vs. Peru (Tabela 2). Os resultados corroboram com a dispersão gráfica, em que as populações Lages e Colômbia, assim como as populações Camboriú e Peru estão proximamente localizadas (Figura 1). Este fato pressupõe elas possuem caracteres morfológicos semelhantes em virtude de suas constituições genéticas, podendo ser decorrente de processos evolutivos e da domesticação da espécie. Os caracteres que predominantemente contribuíram para distinção das populações foram: NFA, MMF e DP. Enquanto, RFA e DE não contribuíram para a distinção das populações neste estudo.

Contraste ⁽¹⁾	U	RT	RFA	NFA	MMF	DP	DE	PFR
C ₁	0,688*	0,326	-5,740	9,474	0,832	-0,911	0,639	-1,003
C ₂	0,545*	0,422	-5,568	6,678	0,638	4,627	-3,288	1,144
C ₃	0,756*	-0,126	-0,333	1,142	1,110	4,466	-2,316	-0,365
C ₄	0,742*	0,831	-5,418	7,127	-0,005	3569	-3,122	1,248
C ₅	0,628*	-0,287	1,780	-0,840	0,844	4,783	-2,636	-0,122
C ₆	0,4878	0,161	-1,272	-0,266	0,022	4,713	-3,343	1,675
C ₇	0,630*	0,380	-4,790	7,468	-0,091	-4,111	2,278	-0,609
C ₈	0,636*	-0,356	-0,885	2,874	0,745	-3,591	3,000	-1,864
C ₉	0,529*	0,467	5,546	7,442	-0,094	-4,551	2,606	-0,615
C ₁₀	0,697*	0,694	-7,551	8,267	-0,071	2,561	-2,559	1,900
C ₁₁	0,809 ^{ns}	-0,213	-4,066	3,911	1,207	4,370	-2,395	0,638
C ₁₂	0,710*	0,949	-10,22	10,548	-0,104	0,855	-1,525	1,782
C ₁₃	0,702*	0,862	-4,609	5,450	-0,973	-0,667	-0,803	1,447
C ₁₄	0,941 ^{ns}	-0,596	6,230	-5,176	0,076	4,560	-2,844	0,451
C ₁₅	0,649*	-0,966	6,206	-6,593	0,888	2,144	-0,256	-1,129

Tabela 2 – Contrastes multivariados e coeficientes canônicos padronizados para os caracteres rendimento total (RT), rendimento de frutos acumulados (RFA), número de frutos acumulados (NFA), massa média de fruto (MMF), diâmetro polar (DP) e equatorial (DE) e percentual de fruto rachados (PFR). Estatística de Lambda de Wilk's (U).

⁽¹⁾ C₁: Fraiburgo vs. Caçador. C₂: Fraiburgo vs. Lages. C₃: Fraiburgo vs. Camboriú. C₄: Fraiburgo vs. Colômbia. C₅: Fraiburgo vs. Peru. C₆: Caçador vs. Lages. C₇: Caçador vs. Camboriú. C₈: Caçador vs. Colômbia. C₉: Caçador vs. Peru. C₁₀: Lages vs. Camboriú. C₁₁: Lages vs. Colômbia. C₁₂: Lages vs. Peru. C₁₃: Camboriú vs. Colômbia. C₁₄: Camboriú vs. Peru. C₁₅: Colômbia vs. Peru.

* H₀ rejeitada ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste Lambda de Wilk's.

De acordo com Fischer (2000), o ecotipo 'Colômbia' apresenta maior número de frutos quando comparado com outros ecotipos como 'Kenia' e 'Sudrâfrica' e Fischer et al., (2011) demonstraram que um determinante da massa de fruto é a relação entre o número de frutos e a massa média, ou seja, um maior número de frutos resulta em frutos de menor massa, pois há limitação da disponibilidade de foto assimilados produzidos pela planta. Resultados similares ao presente trabalho foram obtidos por Palomino (2010), ao caracterizar morfológicamente 29 acessos de fisális, onde obteve que a massa de frutos e o número de frutos como os caracteres que diferenciaram os acessos.

Escobar et al., (2001) ao caracterizar genótipos de fisális segundo características de qualidade, observaram oscilação de diâmetros entre 17,29 mm para genótipos de menores diâmetros e 25,64mm para genótipos de maiores diâmetros. E, somente 18,94% dos genótipos apresentaram diâmetros inferiores a 18 mm, 78,25% possuem diâmetros entre 18 e 22 mm e 2,8% diâmetros superiores a 22mm. De encontro com os resultados obtidos por Escobar et al., (2001), é possível afirmar que as populações em estudo estão agrupadas quanto ao diâmetro equatorial de frutos em inferiores, que correspondem a diâmetros (< 18 mm). Ainda podem ser classificadas na escala de calibre 'B' que varia de 15,1 a 18,0 mm conforme a NTC 4580. A avaliação dos diâmetros de frutos é de suma importância visto que, a aparência associada com frutos com maiores, podem definir a preferência de escolha pelos consumidores.

Nos contrastes entre as populações Fraiburgo vs. Caçador, Caçador vs. Camboriú, Caçador vs. Colômbia e Colômbia vs. Peru, nota-se que o percentual de frutos rachados aproxima estas populações e, portanto, se revela como uma característica comum, e que deve ser evitada no momento da seleção. De acordo com Cooman et al., (2005) o efeito do tamanho do fruto sobre a rachadura de frutos tem um efeito insignificante. Portanto, as causas relacionadas à rachadura de frutos podem ser devido a variações hídricas que ocasionalmente ocorreram durante as épocas de colheita, sendo principal o excesso de umidade seguido de estresse hídrico. De acordo com Fischer et al., (2011) a rachadura de frutos promove perdas importantes na produção e comercialização, e representa uma das principais causas de descarte na exportação, chegando a 20% do total rachado, além de deixar o fruto sujeito a ação de doenças pós colheita. A NTC 4580 (INCOTEC, 1999) admite para a categoria II, um valor máximo de 20% em número e peso de frutos rachados, com uma área superior a 5%.

A existência de variabilidade para o caráter em questão é um importante parâmetro para seleção de populações que apresentam menor rendimento de frutos rachados. A comparação entre Lages vs. Camboriú (C_{10}) evidenciou efeito significativo, sendo o caráter percentual de frutos rachados, uma das características que mais influenciaram na discriminação destas populações, podendo elas serem incluídas em blocos de cruzamento para o melhoramento deste caráter.

4 | CONCLUSÕES

As populações de fisális apresentam variabilidade genética. As maiores dissimilaridades foram observadas nas populações de Caçador, Colômbia e Peru. Os caracteres que discriminam as populações foram essencialmente o número de frutos acumulados, a massa média de frutos e o diâmetro polar de frutos.

REFERÊNCIAS

ALMANZA, P. J.; FISCHER, G. La uchuva (*Physalis peruviana* L.): Una alternativa promisoría para las zonas frías de Colombia. **Agricultura Tropical**, Palmira, v. 30, n.1, p. 79-87, 1993.

BETANCOURT, M. L. B.; PIEDRAHÍTA, K. E.; TERRANOVA, A. M. P.; AMARÍLES, H. D. V.; FLÓREZ, J. E. M. Caracterización morfológica de 24 accesiones de uchuva del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. **Acta Agronómica**, Palmira, v. 57, n. 2, p. 101-108, 2008.

COOMAN, A.; TORRES, C.; FISCHER, G. Determinación de las causas del rajado del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.) bajo cubierta. II. Efecto de la oferta de calcio, boro y cobre. **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v. 23, n. 1, p. 74-82. 2005.

DO AMARAL, L. O.; DE ROSSI, A.; DE SOUZA RIBEIRO, A. M. A.; SERAFIM, H.; DE ROSS MARCHIORETTO, L. Produção e qualidade de frutos de genótipos de amoreira-preta. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 126-131, 2020.

ESCOBAR, H. C.; BURBANO, T. C. L.; VELASQUEZ, C. P. C.; BENAVIDES, M. G. Caracterización de materiales de uvilla (*Physalis peruviana* L.) por sus características de calidad. **Revista Ciencias Agrícolas**, Nariño, v. 18, n. 2, 2001.

FISCHER, G. **Crecimiento y desarrollo**. In: FLÓREZ, V. J., FISCHER, G., SORA, A. D. Producción, poscosecha y exportación de la uchuva *Physalis peruviana* L. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2000, p. 9-26.

FISCHER, G.; MIRANDA, D.; PIEDRAHÍTA, W.; ROMERO, J. **Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva *Physalis peruviana* L.** Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2005. 221 p.

FISCHER, G.; HERRERA, A.; ALMANZA, P. J. **Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.)**. In: YAHIA, E. M. (Ed.). Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Acai to citrus. Cambridge: Woodhead Publishing, v. 2, p. 374-396, 2011.

GORDILLO, O.; FISCHER, G.; GUERRERO, R. Efecto del riego y de la fertilización sobre la incidencia del rajado en frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la zona de Silvania (Cundinamarca). **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v. 22, n. 1, p. 53-61, 2004.

HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007. 593 p.

INCOTEC – Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. **Frutas frescas. Uchuva. Especificaciones del empaque**. Bogotá, 1999. (Norma Técnica Colombiana, 4580).

INCOTEC – Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. **Frutas frescas. Uchuva. Especificaciones del empaque.** Bogotá, 2004. (Norma Técnica Colombiana, 5166).

LIMA, C. S. M.; SEVERO, J.; BERTO, R. M.; SILVA, J. A.; RUFATO, L.; RUFATO, A. R. Características físico-químicas de physalis em diferentes colorações do cálice e sistemas de condução. **Revista brasileira de fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 1060-1068, 2009.

MEDINA, M. El cultivo de la uchuva tipo exportación. **Revista Agricultura tropical**, Palmira, v. 28, n. 2, p. 55-58, 1991.

MOING, A.; RENAUD, C.; CHRISTMANN, H.; FOUILHAUX, L.; TAUZIEN, Y.; ZANETTO, A.; GAUDILLÈRE, M.; LAIGRET, F.; CLAVERIE, J. Is there a relation between changes in osmolarity of cherry fruit flesh or skin and fruit cracking susceptibility? **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 129, n. 5, p. 635-641, 2004.

PALOMINO, C. E. M. **Caracterización morfológica de accesiones de Physalis peruviana L. del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.** 2010. 70 p. Tese (Mestrado) - Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 2010.

PANDOLFO, C.; MASSIGNAM, A. M.; BRAGA, H. J.; SILVA JUNIOR, V. P. da; VIEIRA, V. F.; THOME, V. M. R. **Atlas climatológico digital do Estado de Santa Catarina.** Florianópolis: Epagri, 2002.

PUENTE; L. A.; PINTO-MUÑOZ, C. A.; CASTRO, E. S.; CORTÉS, M. *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of highly functional fruit: A review. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1733-1740, 2011.

PULGARÍN, O. de J. **Caracterización fenotípica preliminar de 13 colecciones de uchuva (*Physalis peruviana* L.).** 1989. 136 f. Monografía (Trabajo de pregrado de Biología, Departamento de Biología) - Universidad de Antioquia, Medellín, 1989.

TORRES, C.; COOMAN A.; FISCHER, G. Determinación de las causas del rajado del fruto de uchuva (*Physalis peruviana*) bajo cubierta. I. Efecto de la variación del balance hídrico. **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v. 22, n. 22, p. 140-146, 2004.

TREVISANI, N.; MELO, R. C. D.; COLLI, M. P.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F. Associations between traits in fisalis: a tool for indirect selection of superior plants. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, n. 4, 2017.

YOKOMIZO, G. K. I.; HONGYU, K.; VIDAL NETO, F. D. C.; BARROS, L. D. M. **Estabilidade e adaptabilidade de clones de cajueiro para características vegetativas e produtivas.** Embrapa Agroindústria Tropical-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2019.

CAPÍTULO 6

CISTICERCOSE EM BUBALINOS ABATIDOS EM ESTABELECEMENTOS INSPECIONADOS PELO SIF, NO BRASIL: LOCAIS DE MAIOR OCORRÊNCIA DURANTE A INSPEÇÃO *POST MORTEM*

Data de aceite: 01/02/2021

Jaíne Dessoy Mendonça

UNIJUI

Augusto Pestana-RS

<http://lattes.cnpq.br/6819883652815459>

Felipe Libardoni

UNIJUÍ.

Ijuí-RS

<http://lattes.cnpq.br/3028788331011571>

Samara Schmeling

UNIJUI

Ajuricaba- RS

<http://lattes.cnpq.br/7311090362916080>

Andriely Castanho da Silva

UNIJUI

Entre Ijuís- RS

<http://lattes.cnpq.br/1199578256730007>

Luis Fernando Vilani de Pellegrin

Universidade Federal de Santa Maria,

Santa Maria-RS

<http://lattes.cnpq.br/8076491394217553>

RESUMO: O objetivo desse capítulo foi contabilizar por Estados brasileiros quantas carcaças de bubalinos abatidos em estabelecimentos sob inspeção federal (SIF) apresentam lesões de *Cysticercus bovis*, caracterizando em quais locais anatômicos no organismo de búfalos os cistos foram observados, além de avaliar o destino das carcaças. Tudo isso se justifica, pois ainda não se tem o conhecimento

da prevalência de cisticercose em bubalinos, mas sabe-se que eles desenvolvem a patologia ao ingerir ovos da *Taenia saginata* eliminados nas fezes de humanos, acarretando em prejuízos econômicos na indústria da carne. Para tanto, foram analisados dados fornecidos pelo Sistema de Inspeção Federal na plataforma SIGSIF, onde foi realizada uma análise dos dados para definir a frequência das lesões nos Estados brasileiros; definir o local de maior ocorrência, e os locais de predileção anatômica nos búfalos que apresentaram cistos vivos e calcificados. Após interpretação dos dados, foi constatado que o Estado de São Paulo é o que mais registrou lesões (64,9%) por *Cysticercus bovis* nas carcaças de bubalinos, sendo os locais de predileção pelo cisticercose a cabeça (22,8%), carcaça (21,2%) e coração (9,5%). Ainda, foi identificada uma alta frequência de cistos encontrados nos rins (18,5%), o que nos leva a crer que pode ter havido falhas na hora de identificar e diferenciar cisto de cisticercose de cisto renal. A maioria das carcaças que apresentaram lesões foram destinadas a graxaria (56,9%) e as demais foram liberadas (31,1%) ou passaram por tratamento pelo frio (11,5%) ou esterilização (0,5%). Entretanto, 7% das carcaças que apresentavam cistos vivos foram liberadas para consumo sem aproveitamento condicional, caracterizando um erro grave de destino das carcaças, colocando em risco a saúde dos consumidores.

PALAVRAS - CHAVE: *Cysticercus bovis*. *Taenia saginata*. Búfalos. Abate. Lesões. Cisto.

CYSTICERCOSIS IN SLAUGHTERED BUFFALOES IN ESTABLISHMENTS INSPECTED BY THE SIF IN BRAZIL: PLACES OF GREATEST OCCURRENCE DURING POST-MORTEM INSPECTION

ABSTRACT: This chapter's goal was to register in each Brazilian state how many buffaloes carcasses slaughtered in establishments under federal inspection (SIF) presented injuries of *Cysticercus bovis*, demonstrating in which anatomical places in the buffalo body the cysts were observed, in addition to assessing the destination of carcasses. Therefore, the research is justified, as there is insufficient knowledge of the prevalence of cysticercosis in buffaloes, but it is known that they develop the pathology when ingesting *taenia saginata* eggs, which are eliminated in humans' stools, causing economic losses in the meat industry. Data provided by the Federal Inspection System on the SIGSIF platform were examined, analyzing information to define the frequency of injuries in Brazilian states, define the place of greatest occurrence, and the anatomical predilection sites in buffaloes that presented alive and calcified cysts. After data interpretation, it was observed that the state of São Paulo was the one which registered the most injuries (64.9%) by *cysticercus bovis* on buffaloes carcasses, with the *cysticercus* predilection being the head (22.8%), carcass (21.2%), and heart (9.5%). A high frequency of cysts found in the kidneys was also identified (18.5%), which leads us to believe that there may have been failures in identifying and differentiating cysticercosis cysts from renal cysts. Most of the carcasses that showed injuries were destined for grease (56.9%), and the others either were released (31.1%) or underwent cold treatment (11.5%) and sterilization (0.5%). However, 7% of the carcasses that had alive cysts were released for consumption without conditional use, characterizing a serious error in the destination of the carcasses, putting consumers' health at risk.

KEYWORDS: *Cysticercus bovis*. *Taenia saginata*. Buffalos. Slaughter. Cyst.

1 | INTRODUÇÃO

A primeira inserção de búfalos no Brasil ocorreu em 1890 pelo Dr. Vicente Chermont de Miranda, que adquiriu búfalos da raça Carabao, vindos da Guiana Francesa. Nos anos seguintes outros criadores importaram mais búfalos da Índia e Itália e com isso se definiram quatro raças no Brasil: Mediterrânea, Murrah, Jafarabadi e Carabao. Destas, as três primeiras são chamadas de búfalos pretos e a última, chamada de búfalo rosilho.

Como são animais de fácil criação, rústicos e mais resistentes a doenças, muitos criadores estão aderindo à criação bubalina e o rebanho aumenta a cada ano. De acordo com a Associação Brasileira de Criadores de Búfalos (ABCB), embora sejam 3 milhões de cabeças em todo território nacional, isso representa 1,4% do rebanho bovino, que possui 212 milhões de cabeças.

Em relação às doenças e a resistência dos búfalos às mesmas, ainda não se tem conhecimento da prevalência de cisticercose nos mesmos em relação aos bovinos. Os animais desenvolvem a cisticercose quando ingerem os ovos da *Taenia Saginata* que foram eliminados nas fezes do homem. A incidência de cisticercose está diretamente ligada a condições econômicas, sociais e culturais de cada local (FALAVIGNA et al., 2006),

principalmente onde a população não tem hábitos de higiene nem acesso a saneamento básico e ainda há pouco esclarecimento sobre doenças parasitárias.

Segundo Urquhart et. al. (2008), a cisticercose compreende uma fase do complexo teníase-cisticercose, causada pela *Taenia saginata*, e pode ser encontrada no seu estágio intermediário (larva *Cysticercus bovis*) na musculatura de ruminantes, o que frequentemente apresenta problemas econômicos para a indústria de carne além de constituir um risco à saúde humana.

O ciclo evolutivo da Tênia tem início a partir de um ser humano infectado que pode eliminar milhões de ovos livres nas fezes ou segmentos intactos com cerca de 250.000 ovos que podem sobreviver na pastagem por vários meses. Depois da ingestão por um bovino ou bubalino a oncosfera dos ovos segue através do sangue para a musculatura estriada, formando o cisticerco (TAYLOR et al., 2017). O homem pode se infectar a partir do consumo de carne crua ou mal cozida com cisticerco, e desenvolve a forma adulta do parasita *Taenia saginata*.

Há discordâncias na literatura quanto à localização mais frequente dos cisticercos, porém grande parte dos estudos apontam para regiões mais vascularizadas como o coração e músculos da cabeça (COSTA et al., 2012). Segundo Thornton (1969), os sítios de predileção de *C. bovis* compreendem os músculos mastigadores, músculo cardíaco, língua, músculos esqueléticos dos membros torácico e diafragma. Podem também ser observados no esôfago e, ocasionalmente, na gordura, no fígado, nos pulmões e nos linfonodos.

Devido a importância desta enfermidade, do não conhecimento da sua frequência em búfalos e do seu potencial zoonótico, o objetivo deste trabalho é contabilizar por Estados brasileiros quantas carcaças de bubalinos apresentam lesões de *C. bovis* (vivos ou calcificados) e em quais locais anatômicos no organismo de búfalos os cistos são mais comumente observados. Ainda, serão descritos os destinos dessas carcaças e a frequência das lesões nos diferentes Estados do país.

2 | METODOLOGIA

A partir de dados fornecidos pelo Serviço de Inspeção Federal (SIF) obtidos na plataforma digital SIGSIF que contém o registro de todas lesões causadas por quaisquer doenças em búfalos abatidos, obtemos os dados referente ao abate de bubalinos do período de 01/01/2000 a 31/12/2018. Na sequência foi realizada uma análise completa dos dados e foram criadas tabelas para estabelecer a frequência das lesões nos diferentes Estados do país; definir o local de maior incidência, e quais os locais de predileção anatômica no organismo dos búfalos que apresentaram cistos vivos e calcificados. Com base nessas tabulações dos dados, foram elaborados gráficos de percentuais conforme as frequências descritas anteriormente. Os dados foram todos tabelados para representação gráfica.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Taylor et. al.(2017), descreve a lesão por cisticercose (cisto) como uma vesícula circundada por uma fina cápsula fibrosa, sendo possível observar o escólex da Taenia no interior. A longevidade dos cistos variam de semanas a anos. A partir do momento em que morrem são substituídos por massa friável caseosa que pode se tornar calcificada. Na mesma carcaça podem ser encontrados cistos vivos e mortos.

Conforme a literatura de Urquhart et. al. (2008) e de acordo com a legislação, cada país tem um regulamento diferente em relação a inspeção de carcaças. No Brasil, de acordo com o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), são inspecionados nas linhas de inspeção os músculos da mastigação (masseter e pterigóide), língua, coração, diafragma e seus pilares, esôfago e fígado, e no Departamento de Inspeção Final (DIF) o quarto dianteiro (músculos do pescoço, do peito e da paleta) ou no quarto traseiro (músculos do coxão, da alcatra e do lombo), mediante incisões múltiplas e profundas (BRASIL, 2017).

Ainda, segundo o RIISPOA, as carcaças com infecção intensa por *Cysticercus bovis* devem ser condenadas. Entende-se por infecção intensa quando são encontrados, pelo menos, oito cistos, viáveis ou calcificados, assim distribuídos: dois ou mais cistos localizados, simultaneamente, em pelo menos dois locais de eleição examinados na linha de inspeção, totalizando pelo menos quatro cistos; e quatro ou mais cistos localizados no quarto dianteiro ou no quarto traseiro, após pesquisa no DIF, mediante incisões múltiplas e profundas. (BRASIL, 2017).

Quando forem encontrados mais de um cisto, viável ou calcificado, e menos do que o fixado para infecção intensa, considerando a pesquisa em todos os locais de eleição examinados na linha de inspeção e na carcaça correspondente, esta deve ser destinada ao aproveitamento condicional pelo uso do calor, após remoção e condenação das áreas atingidas. (BRASIL, 2017).

Nos casos que for encontrado um cisto viável, considerando a pesquisa em todos os locais de eleição examinados na linha de inspeção e na carcaça correspondente, esta deve ser destinada ao tratamento condicional pelo frio ou pela salga, após a remoção e a condenação da área atingida. Quando for encontrado um único cisto já calcificado, considerando todos os locais de eleição examinados, rotineiramente, na linha de inspeção e na carcaça correspondente, esta pode ser destinada ao consumo humano direto sem restrições, após a remoção e a condenação da área atingida(BRASIL, 2017).

Após analisar minuciosamente os dados fornecidos pelo SIF, contabilizou-se que neste período foram abatidos 249.792 bubalinos somando as categorias de bubalinos jovens, bubalinos e bubalinas. Destes, 2.814 (1,12%) carcaças apresentaram lesões por cisticercose, sendo 58% dessas lesões não específicas, 24% são lesões de cisticercose calcificada e 18% das lesões foram caracterizadas como cisticercose viva.

As lesões não específicas apareceram em oito estados, sendo eles: Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Pará, Paraná, Rondônia, Santa Catarina e São Paulo. Conforme a tabela 1.

	MG	MS	MT	PA	PR	RO	SC	SP
CABEÇA	8	2	_	_	2	2	2	455
CARCAÇA	9	_	_	1	2	_	2	216
CAUDA	8	_	_	_	_	_	_	4
CORAÇÃO	8	_	1	_	1	_	_	78
ESTÔMAGO	_	_	_	_	_	_	_	259
FÍGADO	_	_	_	_	_	_	_	4
LÍNGUA	8	2	_	_	_	_	2	77
RINS	_	2	13	313	_	_	_	150
TOTAL DE LESÕES POR UF	41	6	14	314	5	2	6	1243

Tabela 1. Regiões anatômicas com lesões de cisticercose nos Estados brasileiros.

No total foram contabilizadas 1.631 carcaças com lesões não específicas, sendo que 29% eram localizadas nos rins, 29% localizadas na cabeça, 16% das lesões foram encontradas no estômago, 14% delas estavam localizadas na carcaça, 6% se apresentaram na língua, 5% na cauda e 1% no coração (Figura 1) indo contra a descrição em bovinos relatada por Queiroz et al. (2008), de que o coração é o principal órgão acometido nas duas formas de apresentação do cisticerco.

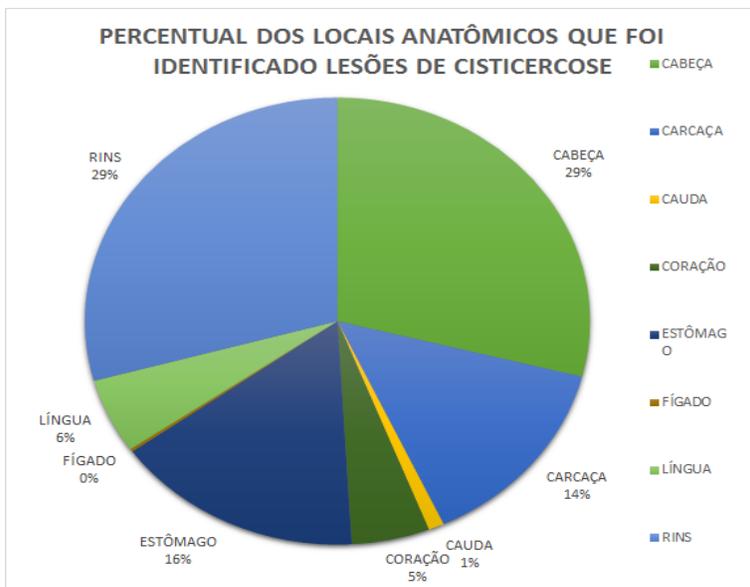


Figura 1. Percentual das regiões anatômicas com lesões não caracterizada como viva ou calcificada de cisticercose.

O número de carcaças que apresentaram lesões nos rins, chama atenção visto que este não é um local de predileção do cisticercose conforme descreve Falavigna-Guilherme et. al. (2006), que o *Cysticercus bovis* se instala preferencialmente em locais mais vascularizados como os músculos mastigadores e cardíacos, o que faz pensar na hipótese de que os cistos de cisticercose podem ter sido confundidos com cistos renais, uma vez que são semelhantes, ainda que possam ocorrer ocasionalmente cistos nos pulmões rins e gordura. (SANTOS et al., 2001)

O Estado que mais contabilizou lesões com as características supracitadas foi o estado de São Paulo, com um total de 1.243 achados sendo a maioria localizada na cabeça. Rondônia foi o Estado que menos registrou carcaças com lesões, sendo apenas duas na cabeça.

Essas carcaças tiveram destinos distintos, sendo que 68% foram para graxaria, 24,7% foram liberadas para consumo, 6,9 % passaram por tratamento pelo frio e 0,4% por esterilização. De acordo com o que está descrito no RIISPOA, esses destinos das carcaças levam a crer que, boa parte destas lesões que não possuíam as características descritas no SIGSIF se classificavam como infestações intensas, intermediárias ou vivas.

Os 18% de carcaças com cisticercose viva somam um total de 501. Essas lesões aparecem em seis Estados do Brasil, sendo: Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo (tabela 2). A tabela 2, mostra quais locais anatômicos foram identificadas lesões por cisticercose viva (16% na carcaça,

15% na cabeça, 15% coração, 14% na língua, 10% na cauda, 6% nos rins, 5% no fígado, 4% nos mocotós (pés), 3% no pulmão, 2% no intestino, 2% estômago, 2% diafragma, 1% cérebro, 1% baço, 1% quarto dianteiro, 1% quarto traseiro, 1% esofago e 1% pâncreas) e os Estados que registraram as lesões.

	MG	MS	MT	RS	SC	SP
BAÇO	5	–	2	–	–	–
CABEÇA	24	6	2	1	–	42
CARCAÇA	18	7	3	8	–	43
CAUDA	17	7	3	–	–	24
CÉREBRO	5	–	–	–	–	–
CORAÇÃO	23	6	3	1	2	42
DIAFRAGMA	10	–	–	–	–	1
ESÔFAGO	5	–	–	–	–	1
ESTÔMAGO	5	–	3	–	–	–
FÍGADO	12	1	3	–	–	11
INTESTINO	5	–	3	–	–	–
LÍNGUA	12	6	2	8	–	42
PÂNCREAS	5	–	–	–	–	–
PÉS (MOCOTÓ)	20	–	–	–	–	–
PULMÃO	8	–	4	–	–	2
QUARTO DIANTEIRO	4	–	–	–	–	–
QUARTO TRASEIRO	4	–	–	–	–	–
RINS	20	–	8	–	–	2
TOTAL DE LESÕES POR UF	202	33	36	18	2	210

Tabela 2. Lesões de cisticercose viva encontradas nas diferentes regiões anatômicas nos Estados brasileiros.

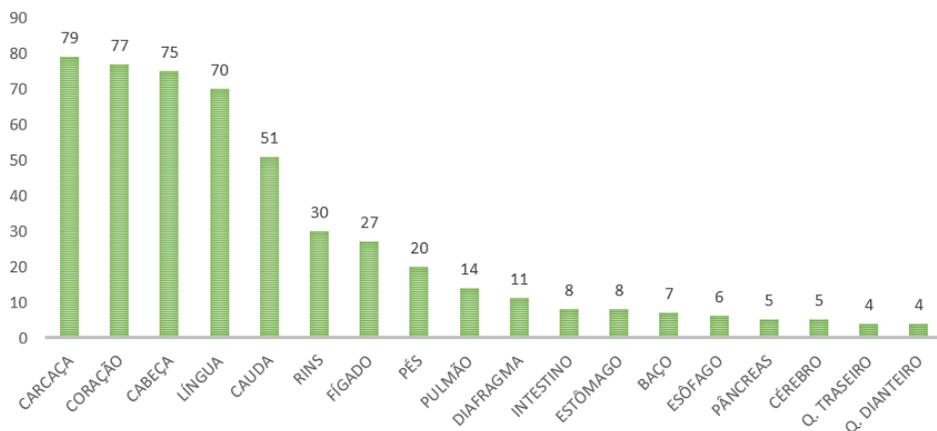


Figura 2. Quantitativo de carcaças que apresentaram lesões vivas de cisticercose e locais acometidos.

Santa Catarina foi o Estado que menos registrou carcaças com lesão viva de cisticercose, sendo apenas duas no coração e São Paulo foi o estado que mais contabilizou achados, chegando ao total de 210 carcaças apresentando lesão.

Dentre as lesões caracterizadas como vivas, 50% das carcaças tiveram como destino a graxaria, 39% passou por tratamento pelo frio, 7% delas foram liberadas, 3% passaram por esterilização e 1% incineradas. Destaca-se aqui o julgamento incorreto de 7% (35) das carcaças, uma vez que na ocorrência de lesões vivas, as carcaças não podem ser liberadas, pois de acordo com o RIISPOA, no mínimo as mesmas deveriam ser encaminhadas ao tratamento pelo frio ou pela salga.

Ainda, foram registradas 682 carcaças com cisticercose calcificada, que tiveram como origem os seguintes Estados brasileiros: Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso,Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo. A tabela 3 a seguir mostra os locais mais acometidos e os Estados de origem.

	GO	MG	MS	MT	PR	RS	SC	SP
CABEÇA	–	15	7	7	3	1	–	63
BAÇO	–	–	–	1	–	–	–	–
CARÇAÇA	1	36	8	3	56	41	3	141
CAUDA	–	5	–	1	–	–	–	24
CÉREBRO	–	–	–	–	–	–	–	–

CORAÇÃO	1	15	7	12	3	1	1	63
DIAFRAGMA	-	2	-	-	-	-	-	-
ESOFAGO	-	-	-	-	-	-	-	-
ESTÔMAGO	-	-	-	6	-	-	-	-
FÍGADO	-	10	-	6	-	-	-	24
INTESTINO	-	-	-	6	-	-	-	-
LÍNGUA	1	15	7	7	1	1	-	59
PÂNCREAS	-	-	-	-	-	-	-	-
PÉS (MOCOTÓ)	-	-	-	-	-	-	-	-
PULMÃO	-	-	-	6	-	-	-	-
QUARTO DIANTEIRO	-	-	-	-	-	-	-	-
QUARTO TRASEIRO	-	-	-	-	-	-	-	-
RINS	-	-	-	12	-	-	-	-
TOTAL DE LESÕES POR UF	3	98	29	67	63	44	4	374

Tabela 3. Estados brasileiros e regiões anatômicas com cisticercose calcificada.

Grande parte das lesões apareceram na carcaça (42%), seguido do coração com 15,1% e os demais locais do corpo do animal que apresentaram cistos: cabeça 14,1%, baço 0,2 %, cauda 4,4 %, diafragma 0,3%, estômago 0,9%, fígado 6%, intestino 0,9%, língua 13,4%, pulmão 0,9% e rins 1,8%. No gráfico 3 há uma análise quantitativa dos dados.

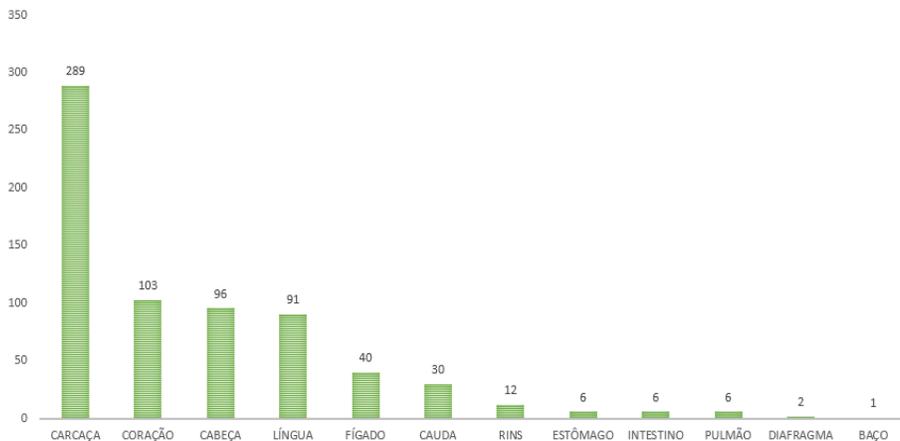


Figura 3. Número de carcaças que apresentaram lesões de cisticercose calcificada e os locais acometidos.

São Paulo novamente registrou mais carcaças acometidas, sendo 374 e Goiás teve o menor registro sendo apenas 3. 63,7% dessas carcaças foram liberadas para consumo, 35,3 % destinadas a graxaria, 0,5% passaram pelo tratamento pelo frio, 0,3% foram condenados e 0,2% passaram por esterilização.

Observando os dados de cisticercose viva e calcificada, podemos observar que os locais em que mais foi encontrado cistos em bubalinos foram na carcaça, cabeça e coração diferente do que ocorre em bovinos conforme os achados de Souza et al. (2007) que encontraram mais cisticercos vivos e calcificados na cabeça, seguidamente do coração.

São Paulo foi o estado que mais contabilizou cisticercose, tanto nos dados de lesão não específica como nos de cisticercose viva e calcificada. Por meio do conhecimento do ciclo da cisticercose, podemos associar a alta incidência nesse Estado com a falta de saneamento básico, visto que a principal forma de transmissão é a presença de ovos na pastagem que é excretado nas fezes de humanos infestados (TAYLOR et. al., 2017).

Na pesquisa em discussão, a maioria das carcaças foram destinadas a graxaria e as que passaram por algum tipo de tratamento, passaram pelo tratamento pelo frio, indo de acordo com o que Paulo (2008) descreveu como sendo o tratamento pelo frio a alternativa mais frequente nos abatedouros pela facilidade de aplicação e pela frequência de casos mais discretos ser maior.

Conforme descreve Dutra, L.H. et al a prevalência de cisticercose em bovinos é de 1,05%, dado que obteve em seu estudo que analisou os dados de 75.983.590 bovinos foram abatidos de no período de janeiro de 2007 a abril de 2010 e a prevalência em bubalinos, de acordo com nossos resultados é de 1,13% nos 249.792 bubalinos abatidos no período de dezoito anos já citados anteriormente.

Para Marques, J.R.F. et al. não se deve confundir resistência com rusticidade. Os

búfalos possuem, praticamente, a mesma resistência às enfermidades que os bovinos. Entretanto, como são animais muito rústicos e, assim, facilmente adaptados ao meio em que vivem, sofrem menos os efeitos dos fatores que os predis põem às enfermidades.

É relevante também destacar a importância do trabalho do Médico Veterinário na inspeção post mortem de carcaças. Com base nos dados deste trabalho, vimos que 7% das carcaças com lesões vivas foram liberadas para consumo, o que vai contra os regulamentos do RIISPOA (mesmo quando considerada a versão não atualizada), pois carcaças com infecções intensas devem ser condenadas a graxaria, e com cistos vivos, no mínimo destinadas a salga ou tratamento pelo frio, visto que o homem pode se infectar e dar continuidade ao ciclo do parasita ao ingerir carne crua ou mal cozida. (TAYLOR et al., 2017)

HASIAK (2017) estudou os óbitos registrados em humanos relacionados a cisticercose entre 1985 e 2004 no Estado de São Paulo em que a doença foi mencionada na declaração de óbito dos pacientes. No período de 20 anos ocorreram 1.570 óbitos sendo a cisticercose a causa básica, e em outros 439 casos havia diagnóstico de cisticercose, embora não tenha sido a causa de morte.

Por tudo isso, cabe ao médico veterinário assegurar, através dos diferentes e possíveis meios adequados de inspeção e controle, a qualidade higiênica, sanitária e tecnológica dos alimentos industrialmente processados oferecidos à população humana.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da presente pesquisa podemos constatar que o Estado de São Paulo é o estado que mais registrou lesões por *cysticercus bovis* nas carcaças de bubalinos abatidos, sendo que os locais de predileção pelo cisticercose nesse estudo foi a carcaça, cabeça e coração, também teve um caso específico de uma alta incidência de cistos encontrados nos rins o que nos leva a acreditar que pode ter havido falhas na hora de identificar e diferenciar cisto de cisticercose de cisto renal. Grande parte das carcaças que apresentaram lesões foram destinadas a graxaria e as demais foram liberadas ou passaram por tratamento pelo frio ou esterilização. Porém, 7% das carcaças que apresentavam cistos vivos foram liberadas para consumo sem aproveitamento condicional, caracterizando um erro grave de destino das carcaças, colocando em risco a saúde dos consumidores.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE BÚFALOS (ABCB). Raças. Disponível em: < www.bufalo.com.br>. Acesso em: 27 de abril de 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). Brasília, 2017. 146p. (aprovado pelo decreto nº 9.013 de 29.03.17).

Búfalos: o produtor pergunta, a Embrapa responde / editor-técnico José Ribamar Felipe Marques ; Embrapa Amazônia Oriental (Belém, PA). – Brasília : Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 176p.

COSTA, R.F.R. et al. **Caracterização das lesões por *Cysticercus bovis*, na inspeção post mortem de bovinos, pelos exames macroscópico, histopatológico e pela reação em cadeia da polimerase (PCR)**. Pesquisa Veterinária Brasileira, v. 32, n. 6, p. 477-484.

Dutra, Leonardo Hermes, et al. **“A prevalência e epidemiologia espacial da cisticercose em bovinos abatidos no Brasil.”** *Semina: Ciências Agrárias* 33.5 (2012): 1887-1896.

FALAVIGNA-GUILHERME, A. L. et al. **Cisticercose em animais abatidos em Sabáudia, Estado do Paraná**. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 58, n.5, p. 950-951, 2006.

HASIAK, S. A. **Tendência da mortalidade relacionada a cisticercose no Estado de São Paulo, Brasil, 1985 a 2004: Estudo usando causas múltiplas de morte**. Caderno de Saúde Pública, vol.23, n.12, p.2917-2927,2007.

PINTO, Paulo Sergio de Arruda. **Inspeção e higiene de carnes**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2008. pg 269-274.

QUEIROZ, M. G. de; FERREIRA, J. M.; BANDEIRA, C. M. **Utilização do músculo diafragma e seus pilares como parâmetro na linha de inspeção da cisticercose bovina**. Revista Brasileira de Ciência Veterinária, v. 15, n.3, p. 152-158, 2008.

SANTOS, I. F. et al. **Estudo da localização do *Cysticercus bovis* em corações de bovinos abatidos sob inspeção**. Revista Higiene Alimentar, v. 15, n. 89, p. 41- 43, out. 2001

SOUZA, V. K. et al. **Prevalência da cisticercose bovina no estado do Paraná, sul do Brasil: avaliação de 26.465 bovinos inspecionados no SIF 1710**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 28, n.4, p. 675-684.

TAYLOR, M.A.; COOP, R.L.; WALL, R.L. **Parasitologia veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017. pg98.

THORNTON, H. **Inspeção de carnes: incluindo inspeção em carnes de coelhos e aves**. 5. ed. São Paulo: Editora Fremag, 1969.

URQUHART, G.M. et al. **Parasitologia veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. pg 106/107.

CAPÍTULO 7

COLOROFILA E PRODUÇÃO DE *UROCHLOA DECUMBENS* TRATADA COM BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS E TIAMINA NO CERRADO BRASILEIRO

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 03/12/2020

Eduardo Pradi Vendruscolo

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Cassilândia – Mato Grosso do Sul
<http://lattes.cnpq.br/7230920247314563>

Aliny Heloísa Alcântara Rodrigues

Universidade Federal de Goiás
Goiânia – Goiás
<http://lattes.cnpq.br/0733381314955561>

Sávio Rosa Correia

Universidade Federal de Goiás
Goiânia – Goiás
<http://lattes.cnpq.br/7856942610420895>

Paulo Ricardo de Oliveira

Universidade Federal de Goiás
Goiânia – Goiás
<http://lattes.cnpq.br/9526889640895001>

Luiz Fernandes Cardoso Campos

Universidade Federal de Goiás
Goiânia – Goiás
<http://lattes.cnpq.br/6662414884487660>

Alexsander Seleguini

Universidade Federal do Triângulo Mineiro
Iturama – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/4677527012573000>

Sebastião Ferreira de Lima

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Chapadão do Sul – Mato Grosso do Sul
<http://lattes.cnpq.br/2586706974189565>

Lucas Marquezan Nascimento

UniEvangélica - Centro Universitário de Goiás
Anápolis - Goiás
<http://lattes.cnpq.br/3888894987748090>

Gabriel Luiz Piati

UniEvangélica - Centro Universitário de Goiás
Anápolis - Goiás
<http://lattes.cnpq.br/8149765396206347>

Uma versão modificada do trabalho foi publicada como artigo científico, em língua inglesa, no periódico Tropical Grasslands - Forrajes Tropicales (Vol. 9, No. 1, 2021).

RESUMO: O Brasil possui o maior rebanho bovino comercial do mundo, do qual grande parte se concentra na criação extensiva, o que gera demanda por pastagens de alta qualidade. A aplicação de produtos de caráter biológico e fisiológico vem ao encontro da demanda do setor, com a possibilidade de incrementar a produção e a qualidade das pastagens cultivadas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a *Urochloa decumbens* tratada com *Azospirillum brasiliense* e tiamina. Os tratamentos foram compostos pela aplicação isolada ou combinada dos produtos *Azospirillum brasiliense*, na concentração de 10 mL L⁻¹ e tiamina, na concentração de 50 e 100 mg L⁻¹, mais o controle. Observou-se que os tratamentos afetaram as características avaliadas. Ambas, a inoculação com *A. brasiliense* e a sua aplicação combinada com tiamina são efetivas em aumentar o teor relativo de clorofila e o acúmulo de massa em *Urochloa decumbens*, com potencial para

uso nesta cultura forrageira.

PALAVRAS-CHAVE: Gramíneas tropicais, vitamina B1, fixação biológica, forragem.

CHLOROPHYLL AND PRODUCTION OF *UROCHLOA DECUMBENS* TREATED WITH DIAZOTROPHIC BACTERIA AND THIAMINE IN THE BRAZILIAN CERRADO

ABSTRACT: Brazil has the largest commercial bovine herd in the world, a large part of which is concentrated on pasture breeding, which generates demand for high quality pastures. The application of products of biological and physiological character meets the demand of the sector, with the ability to increase the production and the quality of cultivated pastures. The objective of this work was to evaluate the performance of *Urochloa decumbens* treated, isolated or combined, with *Azospirillum brasilense* and thiamine. The treatments were composed by the combination of *Azospirillum brasilense* (10 mL L⁻¹) and thiamine concentrations (50 and 100 mg L⁻¹), their isolated applications and a control treatment without application. It was observed that the treatments affected the characteristics evaluated. Both, the inoculation with *Azospirillum brasilense* and the combined application with thiamine are effective in increasing the relative chlorophyll content and mass accumulation in *Urochloa decumbens*, with potential for use in this forage crop.

KEYWORDS: Tropical grasses, vitamin B1, biological fixation, forage.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil possui o maior rebanho bovino comercial do mundo, com cerca de 214 milhões de animais. Esse rebanho representa aproximadamente 15% do total mundial (FAO, 2020), sendo que grande parte desses animais é criada em sistemas a pasto, gerando um produto de grande visibilidade e demanda a nível mundial, chamado de “boi verde” (JACINTO et al., 2005). O país possui ainda ótimas características edafoclimáticas, que favorecem o desenvolvimento das espécies forrageiras e sua colheita pelos próprios animais, diminuindo a demanda por mão de obra e combustíveis fósseis, como nos casos de países com produção em confinamento (DIAS-FILHO, 2010).

A produção de gado a pasto é dependente, além dos fatores genéticos ligados as diferentes raças exploradas nas diversas condições climáticas brasileiras, da qualidade da forragem. As características das forrageiras tropicais, principalmente as gramíneas do gênero *Urochloa*, é significativamente afetada pelos tratamentos culturais utilizados, tais como a irrigação (OLIVEIRA et al., 2015), a correção da acidez e reversão da compactação do solo (GUELFÍ et al., 2013) e os níveis de sombreamento a que são expostas (GOBBI et al., 2009; MARTUSCELLO et al., 2009).

Como ocorre para outras espécies de gramíneas, a suplementação nutricional com nitrogênio também exerce efeito significativo na produção de plantas do gênero *Urochloa*. Observa-se que a aplicação de nitrogênio em doses de até 120 mg dm⁻³ de solo eleva o acúmulo de matéria seca em plantas de capim-xaraés e capim-massai (MARTUSCELLO

et al., 2008), enquanto que a aplicação de 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio incrementa o acúmulo de matéria seca em capim-braquiária (MARANHÃO et al., 2010) . Do ponto de vista econômico, a adubação nitrogenada tem uma participação expressiva sobre o montante final demandado na produção de gramíneas, como observado para a cultura do milho em consócio com capim Marandu (RODRIGUES et al., 2015) e na produção de silagem de milho e *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés ou *Panicum maximum* cv. Tanzânia (COSTA et al., 2015), para as quais houve uma participação, respectivamente, de 7,13 e 13,70% da aquisição de ureia sobre o custo operacional total da produção.

O nitrogênio exerce papel de grande importância no desenvolvimento dos vegetais, tendo participação na síntese de diversos compostos, tais como ácidos nucleicos e proteínas, e na atividade fotossintética (TAIZ et al., 2017). Apesar de a aplicação do nitrogênio ser realizada comumente via adubos químicos, a fixação biológica através de bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum* tem sido estudada como uma técnica para a suplementação das gramíneas pela fixação do nitrogênio atmosférico (HUNGRIA, 2011), tendo como efeito o desenvolvimento das plantas, como o milho (LONGHINI et al., 2016).

Em complemento a adubação nitrogenada, observa-se que aplicação de outros compostos, benéficos ao desenvolvimento dos vegetais, pode ser utilizada como técnica para melhoria das características fisiológicas e biométricas de espécies de interesse comercial. Nesse sentido, compostos com efeito bioestimulante e protetivo, tais como as vitaminas vêm sendo estudadas a fim de inserção nos processos produtivos. Entre as vitaminas estudadas, a tiamina possui a capacidade de auxiliar como estimulante da produção de metabólitos secundários, os quais exercem atividade antioxidante e evitam a degradação dos órgãos fotossintetizantes (GOYER et al., 2010, KAYA et al., 2014). À esta vitamina é ainda relacionada a capacidade em estimular o acúmulo de reservas energéticas nos tecidos vegetais (BARAKAT, 2003).

Desta maneira, o presente estudo teve como objetivo avaliar a *Urochloa decumbens* tratada com *Azospirillum brasilense* e tiamina.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em Goiânia, Goiás, situado na região central do Brasil, situado nas coordenadas 16° 40' S, 49° 15' W e altitude de 750 m. O local do experimento apresenta clima Aw, segundo classificação de KÖPPEN-GEIGER, caracterizado por clima tropical com estação chuvosa de outubro a abril e um período seco entre os meses de maio a setembro. As temperaturas médias mensais variam de 20,8°C, nos meses de junho e julho, a 25,3°C no mês de outubro (CARDOSO et al., 2014).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho (SANTOS et al., 2013) e apresentou as seguintes características químicas, determinadas a partir da recomendação encontradas no manual de análises de solo (DONAGEMMA et al., 2011):

M.O. = 12,0 g kg⁻¹; pH (CaCl₂) = 5,3; P (Mehlich) = 2,0 mg dm⁻³; K = 80,0 mg dm⁻³; Ca = 3,8 cmolc dm⁻³; Mg = 0,8 cmolc dm⁻³; H+Al = 2,6 cmolc dm⁻³; Al = 0,0 cmolc dm⁻³; CTC = 7,4 cmolc dm⁻³; m% = 0,0; V% = 65,0.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso, com seis tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram formados pelo uso isolado ou combinado dos produtos *Azospirillum brasilense* e Tiamina, mais o controle, ficando constituídos da seguinte forma: 1 - Controle; 2 - *Azospirillum brasilense* (NITRO 1000 Gramíneas, NITRO 1000, Cascavél, PR, Brasil) em concentração de 10 mL L⁻¹; 3 - Tiamina (Neon, Suzano, SP, Brasil) em concentração de 50 mL L⁻¹; 4 - Tiamina em concentração de 100 mL L⁻¹; 5 - Tiamina em concentração de 50 mL L⁻¹ + *A. brasilense* em concentração de 10 mL L⁻¹; 6 - Tiamina em concentração de 50 mL L⁻¹ + *A. brasilense* em concentração de 10 mL L⁻¹. As concentrações de *A. brasilense* e tiamina foram obtidas diluindo-se os produtos em água. As parcelas foram delimitadas em área com as plantas já estabelecidas, sendo que cada unidade foi composta por uma área de 1 m x 1 m. Para a aplicação dos produtos, utilizou-se pulverizador manual, aplicando-se um volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹.

Anteriormente à aplicação dos tratamentos a área foi roçada, deixando-se as plantas com aproximadamente 10 cm de altura. A aplicação dos produtos que compuseram cada tratamento foi realizada 5 dias após a roçada, quando se verificou a retomada de crescimento das plantas. Para os tratamentos compostos por *A. brasilense* e tiamina, foi realizada sua mistura numa mesma calda.

As avaliações foram realizadas em dois momentos. O primeiro aos 50 dias após a roçada inicial e o segundo aos 95 dias após a roçada inicial, caracterizando o primeiro e segundo corte, respectivamente. O momento do corte foi definido pelo início da emissão das panículas, em ambos os cortes.

Em cada um dos dias de avaliação, primeiramente foram avaliados os teores relativos de clorofila a, b e total, utilizando-se um clorofilômetro digital (CFL1030; Falker, Porto Alegre, RS, Brasil). Em seguida, as plantas foram roçadas cerca de 10 cm acima do nível do solo e pesadas para a obtenção da massa de matéria verde. Para a obtenção da massa de matéria seca, foram pesados 200 g de matéria verde, os quais foram acondicionados em sacos de papel pardo e acondicionados em estufa de ventilação forçada à temperatura de 65°C até a observação de massa constante e, posteriormente, pesada em balança digital (ML 600, Marte, São Paulo, SP, Brasil). Os valores das massas de matéria verde e seca foram então estimados para uma área de 1 ha. Nesse momento, também foi calculada a razão entre matéria verde e matéria seca, gerando o teor de matéria seca.

Os dados obtidos para cada variável foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que os tratamentos utilizados no presente estudo afetaram de forma significativa os teores de clorofilas e o acúmulo de massas no primeiro corte, não afetando os teores de matéria seca na composição das plantas. Em complemento, para o segundo corte não foi verificada a efetividade dos tratamentos sobre os teores relativos de clorofilas, enquanto que o acúmulo de massas e os teores de matéria seca foram afetados (Tabela 1).

FV	GL	Quadrados médios					
		CLA	CLB	CLT	MV	MS	TMS
1° Corte (50 dias)							
Blocos	4	59,06	11,18	85,59	108,45	6,90	0,0005
Tratamentos	5	54,00*	23,00*	146,43**	187,83**	8,34**	0,0003ns
Erro	20	17,81	7,54	42,21	43,58	1,83	0,0004
CV %		10,8	20,25	12,35	15,25	15,22	9,65
DMS		4,50	2,93	6,93	13,13	2,69	0,04
2° Corte (95 dias)							
Blocos	4	26,26	9,57	67,35	7,90	0,27	0,0004
Tratamentos	5	3,89ns	1,17ns	8,83ns	270,95**	15,06**	0,0018**
Erro	20	5,51	1,75	13,14	36,17	1,59	0,0001
CV %		7,88	17,14	9,66	14,65	14,94	5,31
DMS		3,11	1,76	4,81	11,96	2,51	0,02

Tabela 1. Análise de variância para os teores de clorofila A (CLA), B (CLB), total (CLT), acúmulo de massa verde (MV), massa seca (MS) e teores de matéria seca (TMS) em plantas de braquiária tratadas com *A. brasilense* e tiamina.

No primeiro corte observou-se, de maneira geral, que os tratamentos compostos por *A. brasilense*, independentemente de sua utilização isolada ou em conjunto com a tiamina, incrementaram os teores relativos de clorofila e a produção de matéria verde e seca. No entanto, esses tratamentos não diferiram significativamente dos tratamentos compostos pela aplicação isolada de tiamina a 50 e 100 mL L⁻¹, para os teores relativos de clorofila e para a aplicação de tiamina a 50 mL L⁻¹, para a produção de matéria verde (Tabela 2).

Para o segundo corte foi constatada a superioridade da aplicação isolada de *A. brasilense* para o acúmulo de matéria verde, não diferindo significativamente das aplicações conjuntas de *A. brasilense* e tiamina e da tiamina aplicada a 50 mL L⁻¹. Também o acúmulo de matéria seca foi incrementado significativamente com a aplicação isolada de *A. brasilense* e de tiamina a 100 mL L⁻¹, não sendo observada diferença para os tratamentos com aplicação conjunta. E para os teores de matéria seca, verificou-se superioridade do tratamento com aplicação isolada de tiamina a 100 mL L⁻¹ (Tabela 2).

Tratamentos	CLA	CLB	CLT	MV	MS	TMS
	-----SPAD-----			----Mg ha ⁻¹ ----		%
1° Corte (50 dias)						
Controle	35,52b	11,35b	46,86b	36,85b	7,89b	0,21a
Azos 10 mL L ⁻¹	39,91ab	14,48a	54,39a	49,78ab	10,22ab	0,21a
Tiamina 50 mL L ⁻¹	38,49ab	13,04ab	51,53ab	39,90ab	7,84b	0,20a
Tiamina 100 mL L ⁻¹	39,44ab	13,56ab	53,00ab	38,32b	8,09b	0,21a
Azos + Tiamina 50 mL L ⁻¹	40,73a	14,64a	55,37a	43,44ab	8,44ab	0,20a
Azos + Tiamina 100 mL L ⁻¹	40,27a	14,27ab	54,54a	51,54a	10,80a	0,21a
2° Corte (95 dias)						
Controle	30,05a	7,80a	37,85a	31,88c	6,26c	0,20bc
Azos 10 mL L ⁻¹	30,81a	8,14a	38,95a	52,61a	10,76a	0,20bc
Tiamina 50 mL L ⁻¹	29,03a	7,39a	36,42a	35,45ba	6,55bc	0,18c
Tiamina 100 mL L ⁻¹	29,41a	7,36a	36,77a	39,35bc	9,48a	0,24a
Azos + Tiamina 50 mL L ⁻¹	29,94a	8,09a	38,03a	41,64abc	8,68ab	0,21b
Azos + Tiamina 100 mL L ⁻¹	29,48a	7,56a	37,04a	45,35ab	8,93ab	0,20bc

Tabela 2. Valores médios dos teores relativos de clorofilas a (CLA), b (CLB) e total (CLT), produção de massa verde (MV) e seca (MS) e teor de matéria seca (TMS) em plantas de braquiária tratadas com *A. brasilense* e tiamina.

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não são diferentes entre si pelo teste de Tukey a 1% ou 5% de probabilidade

A resposta positiva observada para a aplicação da bactéria está ligada à sua capacidade de fixação biológica do nitrogênio atmosférico através da enzima nitrogenase (HUNGRIA, 2011), aumentando os teores desse nutriente no interior dos órgãos vegetais e culminando em maior síntese de ácidos nucleicos, proteínas e hormônios, essenciais ao desenvolvimento das plantas, assim como a atividade fotossintética (TAIZ et al., 2017). Esse fato pode ser constatado pelo aumento dos teores relativos de clorofila nas plantas, em primeiro corte, uma vez que esses teores estão diretamente relacionados ao conteúdo interno de nitrogênio foliar (ROCHA et al., 2010). A atividade do nitrogênio também explica os resultados superiores para o acúmulo de matéria verde e seca nas plantas, obtidos em ambos os cortes.

Os resultados corroboram outros estudos em que ocorreram efeitos positivos da inoculação com bactérias do gênero *Azospirillum* sobre diferentes espécies forrageiras, para as quais a inoculação culminou em maiores valores de massa seca, número de panículas, teores de nitrogênio e altura de plantas, sendo esta técnica eficiente na substituição parcial da adubação nitrogenada mineral (VOGEL et al., 2014). Especificamente para *Urochloa decumbens*, houve efeito significativo da inoculação com diferentes estirpes de *Azospirillum* sobre as características biométricas das plantas, demonstrando a viabilidade da sua aplicação para o cultivo dessa espécie (GUIMARÃES et al., 2011).

A fixação de nitrogênio atmosférico em plantas superiores promoveu a utilização de bactérias do gênero *Azospirillum* em diferentes culturas comerciais, especialmente gramíneas. Porém, as interações estabelecidas entre planta e bactéria são mais amplas,

e abrangem uma série de alterações nos órgãos vegetais (FUKAMI et al., 2018). Entre as alterações, estão aquelas de caráter hormonal, ativações enzimáticas, promoção de mecanismos estruturais, moleculares, entre outras atividades, que culminam na proteção dos vegetais frente aos fatores causadores de estresse (GUERRERO-MOLINA et al., 2014; CÁSSAN & DIAZ-ZORITA, 2016; SAHU et al., 2017; SILVA et al., 2019).

Em complemento, os resultados superiores obtidos no primeiro corte para a aplicação conjunta de *A. brasilense* e tiamina, também está relacionado a capacidade da vitamina em melhorar as condições do fotossistema através da sua proteção, evitando a degradação por oxidação dos órgãos responsáveis por esta atividade (GOYER et al., 2010, KAYA et al., 2014). Consequentemente, com a melhoria das condições fisiológicas há um aumento no acúmulo de reservas energéticas nos tecidos (BARAKAT, 2003), as quais poderão ser utilizadas tanto no desenvolvimento das plantas, quanto na manutenção dos tecidos durante períodos de ocorrência de estresses (TAIZ et al., 2017).

Para plantas de milho submetidas ao estresse salino, a aplicação da tiamina via sementes elevou a taxa de germinação, suprimindo os efeitos deletérios da salinidade, e incrementou o desenvolvimento vegetativo inicial das plântulas mantidas sob estresse (KAYA et al., 2014). Também foi verificado que a aplicação da tiamina proporcionou ganhos produtivos para a cultura do feijão (VENDRUSCOLO et al., 2018a) e culminou em melhora das características fisiológicas e biométricas em calêndula (SOLTANI et al., 2014).

Com os resultados obtidos nesse trabalho, é possível destacar que a inoculação com *A. brasilense* e a aplicação da tiamina, tanto em utilização isolada quanto conjunta, são técnicas promissoras para a manutenção e melhoria das características fisiológicas e produtivas de *Urochloa decumbens*, com destaque para as bactérias diazotróficas. Em complemento, a implementação dessas técnicas nos sistemas produtivos de pastagem pode resultar em ganhos monetários ao produtor rural, tendo em vista o baixo investimento demandado (HUNGRIA et al., 2011; VENDRUSCOLO et al., 2018b).

Desta forma conclui-se que, para as condições experimentais deste estudo, a aplicação de *Azospirillum brasilense* via foliar afeta positivamente os teores relativos de clorofila e a produção da braquiária e o efeito da aplicação é mantido até segundo corte, no caso da produção. Concomitantemente, a tiamina associada ao *Azospirillum brasilense* eleva os teores relativos de clorofilas e a produção da braquiária em primeiro corte.

REFERÊNCIAS

BARAKAT, H. O. D. A. Interactive effects of salinity and certain vitamins on gene expression and cell division. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 5, n. 3, p. 219-225, 2003.

CASSÁN, F.; DIAZ-ZORITA, M. *Azospirillum* sp. in current agriculture: From the laboratory to the field. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 103, p. 117-130, 2016.

COSTA, N. R. et al. Custo da produção de silagens em sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Ceres**, v. 62, n. 1, p. 9-19, 2015.

DIAS FILHO, M. B. **Produção de bovinos a pasto na fronteira agrícola**. Embrapa Amazônia Oriental- Documentos (INFOTECA-E), 2010. 32p.

FAO. 2020. FAOSTAT: Agricultural Statistics Database 2018. Live animals. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QA>>. Acesso em: 18 de novembro de 2020.

FUKAMI, J. et al. Co-inoculation of maize with *Azospirillum brasilense* and *Rhizobium tropici* as a strategy to mitigate salinity stress. **Functional Plant Biology**, v. 45, n. 3, p. 328-339, 2018.

GOBBI, Kátia Fernanda et al. Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 9, p. 1645-1654, 2009.

GOYER, A. Thiamine in plants: aspects of its metabolism and functions. **Phytochemistry**, Amsterdam, v. 71, n. 14, p. 1615-1624, 2010.

GUELFY, D. R. et al. Características estruturais e produtivas do capim-marandu sob efeitos de corretivos da acidez, gesso e compactação do solo. **Interciência**, v. 38, n. 9, p. 681-686, 2013.

GUERRERO-MOLINA, M. F. et al. Physiological, structural and molecular traits activated in strawberry plants after inoculation with the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense* REC 3. **Plant Biology**, v. 17, n. 3, p. 766-773, 2015.

GUIMARÃES, S. L. et al. Crescimento e desenvolvimento inicial de *Brachiaria decumbens* inoculada com *Azospirillum* spp. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, p. 286-295, 2011.

HUNGRIA, M. 2011. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Embrapa Soja, Londrina. 36p.

JACINTO, E. J. et al. Adequação de modelos para estimativa de parâmetros genéticos relativos ao peso aos 205 dias de idade em bovinos da raça Tabapuã, criados na região Nordeste. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 2, p. 221-226, 2005.

KAYA, C. et al. Exogenous application of thiamin promotes growth and antioxidative defense system at initial phases of development in salt-stressed plants of two maize cultivars differing in salinity tolerance. **Acta physiologiae plantarum**, v. 37, n. 1, p. 1741, 2015.

LONGHINI, V. Z. et al. Inoculation of diazotrophic bacteria and nitrogen fertilization in topdressing in irrigated corn. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 2, p. 338-347, 2016.

MARANHÃO, C. M. A. et al. Características produtivas do capim-braquiária submetido a intervalos de cortes e adubação nitrogenada durante três estações. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 32, n. 4, p. 375-384, 2010.

MARTUSCELLO, J. A. et al. Nitrogen fertilization and dry matter partition in xaraes grass and massai grass. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 3, p. 663-667, 2008.

- MARTUSCELLO, J. A. et al. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 7, p. 1183-1190, 2009.
- OLIVEIRA, V. S. et al. Produção e composição químico-bromatológica de gramíneas tropicais submetidas a dois níveis de irrigação. **Archives of veterinary science**, v. 20, n. 2, 2015.
- ROCHA, R. N. C. et al. Relação do índice SPAD, determinado pelo clorofilômetro, com teor de nitrogênio na folha e rendimento de grãos em três genótipos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 02, 2005.
- RODRIGUES, M. et al. Análise econômica de consórcios de *Brachiaria brizantha* com culturas graníferas anuais voltados para a recuperação de pastagens na Amazônia. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 1, p. 82-90, 2015.
- SAHU, P. K. et al. Mechanisms of *Azospirillum* in plant growth promotion. **Agriculture and Veterinary Sciences**, v. 4, p. 338-343, 2017.
- SILVA, E. R. et al. Can co-inoculation of *Bradyrhizobium* and *Azospirillum* alleviate adverse effects of drought stress on soybean (*Glycine max* L. Merrill.)?. **Archives of microbiology**, v. 201, n. 3, p. 325-335, 2019.
- SOLTANI, Y.; SAFFARI, V. R.; MOUD, A. A. M. Response of growth, flowering and some biochemical constituents of *Calendula officinalis* L. to foliar application of salicylic acid, ascorbic acid and thiamine. **Ethno-Pharmaceutical Products**, Kerman, v. 1, n. 1, p. 37-44, 2014.
- TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.
- VENDRUSCOLO, E. P. et al. Tratamento de sementes com niacina ou tiamina promove o desenvolvimento e a produtividade do feijoeiro. **Journal of Agroveterinary Sciences**, v. 17, n. 1, p. 83-90, 2018a.
- VENDRUSCOLO, E. P. et al. Viabilidade econômica do cultivo de milho doce submetido à inoculação com *Azospirillum brasilense* e soluções de tiamina. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 61, p. 1-7, 2018b.
- VOGEL, G.; MARTINKOSKI, L.; RUZICKI, M. Efeitos da utilização de *Azospirillum brasilense* em poáceas forrageiras: Importâncias e resultados. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 10, n. 1, p. 01-06, 2014.

CAPÍTULO 8

CÓLICA EM EQUINOS

Data de aceite: 01/02/2021

Luana Ferreira Silva

Universidade Federal de Minas Gerais
Montes Claros – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/0247437334432181>

Hanna Gabriela Oliveira Maia

Universidade Federal de Minas Gerais
Montes Claros – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/7197182975036490>

Fabiana Ferreira

Universidade Federal de Minas Gerais
Montes Claros – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/8093062114461760>

Neide Judith Faria de Oliveira

Universidade Federal de Minas Gerais
Montes Claros – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/0345263821497163>

RESUMO: Cólica em equinos é afecção grave e causadora de muitos óbitos. Objetivou-se revisar a literatura sobre a síndrome em equinos. Para garantir a saúde e evitar cólicas é essencial manter a qualidade e a quantidade de água e alimento para os equinos. Outras medidas imprescindíveis para a prevenção de cólicas são manter periodicidade na avaliação da dentição e nos cronogramas de controle de parasitas e outras doenças. Programas de treinamentos precisam ser estabelecidos de forma que o animal se exercite dentro de condições apropriadas ao condicionamento físico desse, sem causar

estresses desnecessários. São necessários estudos epidemiológicos e econômicos sobre a síndrome em equinos no Brasil. O manejo correto é a melhor forma de reduzir os fatores predisponentes para cólica em equinos. Porém mesmo com todos os cuidados, se o animal for acometido por este distúrbio, deve-se procurar a ajuda médica veterinária o mais rápido possível para aumentar as chances de sobrevivência do animal. Outro fator importante é evitar tratamentos “caseiros” para cólica.

PALAVRAS - CHAVE: Abdômen agudo, Equideocultura, *Equus caballus*.

EQUINE COLIC

ABSTRACT: Colic in horses is a serious condition and causes many deaths. The objective was to review the literature on the syndrome in horses. To ensure health and prevent colic it is essential to maintain the quality and quantity of water and food for horses. Other essential measures for the prevention of colic are to maintain periodicity in the evaluation of the dentition and in the schedules of control of parasites and other diseases. Training programs need to be established in such a way that the animal exercises under conditions appropriate to its physical conditioning, without causing unnecessary stress. Epidemiological and economic studies on the syndrome in horses in Brazil are needed. Correct management is the best way to reduce predisposing factors for colic in horses. However, even with all precautions, if the animal is affected by this disorder, veterinary medical help should be required as soon as possible to increase the animal's chances of survival. Another important factor is to avoid

“home” treatments for colic syndrome.

KEYWORDS: Acute abdomen, Equine husbandry, *Equus caballus*.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui o terceiro maior rebanho equino comercial do mundo, considerando-se cavalos de lida, raça, lazer e competições. Os rebanhos concentram-se no Nordeste brasileiro, conforme Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020). O agronegócio do cavalo é responsável por três milhões de postos de trabalho, segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2016).

As doenças do sistema digestório, como cólicas, diarreias e enterotoxemias, representaram 50% dos problemas resultantes na morte de equinos adultos (DI FILIPPO *et al.*, 2012). A cólica pode variar de distúrbio passageiro a episódio complexo e de difícil resolução, constitui-se a doença mais comum e severa para estes animais, sendo a causa de morte mais importante em equinos no mundo (BURKE; BLIKSLAGER, 2018; DI FILIPPO *et al.*, 2012; TANNAHILL; CARDWELL; WITTE, 2019), responsável por pelo menos 28% dos óbitos, seguida por doenças dos sistemas locomotor, nervoso, cardiovascular e respiratório (WUTKE *et al.*, 2016).

A cólica é responsável por perdas econômicas em razão de óbitos (TANNAHILL; CARDWELL; WITTE, 2019), gastos com tratamento, tempo de afastamento das provas, infecções, abortos e laminites, dentre outros problemas associados à afecção, estando entre as principais enfermidades equinas que necessitam de atendimento veterinário (COUTINHO, 2016). Nos Estados Unidos os animais perdidos com cólicas representaram US\$70.000.000,00 e o custo para a indústria equestre passou de US\$144.000.000,00 (PESSOA *et al.*, 2012). No Brasil, embora a equideocultura possua participação de aproximadamente 16 bilhões de reais por ano no agronegócio (MAPA, 2016), os prejuízos econômicos relacionados com a cólica não estão disponíveis,

A cólica em equinos possui impacto econômico negativo, pois cavalos de esporte ou reprodutores estão se tornando cada vez mais valiosos e as despesas com seguro, consequentemente aumentaram. Nos Estados Unidos foram pagos mais de US\$ 115 milhões em indenizações associadas à morte de cavalos em 2001 (PESSOA *et al.*, 2012). Com a tendência de fazer seguro de cavalos de alto valor zootécnico no Brasil, está se tornando cada vez mais importante o exame clínico pós morte, pois as seguradoras necessitam de relatórios de necropsia detalhados sobre a causa da morte para indenizar o proprietário do cavalo (WUTKE *et al.*, 2016). Importante salientar que asininos e muares também são sensíveis aos quadros de cólica, mas poucos são os relatos existentes (WORKU *et al.*, 2017) Nesse contexto, objetivou-se estudar a síndrome cólica em equinos, por meio de revisão de literatura.

INCIDÊNCIA, PREVALÊNCIA E MORTALIDADE

A incidência de cólica varia entre 10 a 11,1% em equinos, os quais apresentarão sinais clínicos em algum momento da vida (FIELDING, 2018; TANNAHILL; CARDWELL; WITTE, 2019; WORKU *et al.*, 2017). Considerando cinco milhões de animais no rebanho comercial brasileiro (MAPA, 2016), podem ser extrapolados quase 500.000 a 550.000 equinos possivelmente sofrendo de cólica durante a vida no país.

A incidência de cólica pode variar quando existem outras doenças associadas, sendo de 23% em equinos com sintoma de fezes com fluido livre, situação na qual o animal defeca as sibalas com umidade, porém excreta o líquido livre junto com o conteúdo fecal (LINDROTH *et al.*, 2020). A chance de histórico de cólica nos 12 meses anteriores foi 6,8 vezes maior em equinos com doenças dentárias severas; duas vezes superior nos animais com comportamento estereotipado; 2,1 vezes acima naqueles tratados com antihelmíntico seis meses anteriores e elevada 1,65 vezes em animais alimentados com milho moído durante a estação seca do ano (SALEM *et al.*, 2017).

Informações sobre prevalência de cólica são escassas em animais de trabalho, sendo de 54,6% em 12 meses em estudo no Egito (SALEM *et al.*, 2017). Cólica recorrente foi diagnosticada em 35% de 163 equinos de uso militar (TANNAHILL; CARDWELL; WITTE, 2019). Muitos dos equinos de tração, competições e esportes apresentaram alterações fisiopatológicas favoráveis aos altos índices de cólica, como excesso de trabalho, falta de manejo higiênico-sanitário e alimentar adequado (CASTRO *et al.*, 2016).

A mortalidade foi de 15, 38%, sendo 10 de 65 animais estudados na Etiópia (WORKU *et al.*, 2017). Em cavalos de uso militar foram identificadas 0,5 mortes por cada 100 animais por ano, em estudo de cinco anos, com 163 animais; 22,7% apresentaram cólica, 13 animais morreram e ocorreu 1,8% de mortalidade (TANNAHILL; CARDWELL; WITTE, 2019).

ANATOMIA E FISIOLOGIA DO TRATO GASTROINTESTINAL (TGI) EQUINO

Os equinos são herbívoros não ruminantes e ceco cólon fermentadores, ou seja, fermentadores pós-gástricos. Quando são fornecidas dietas com composição suficiente para atender às exigências nutricionais, esses animais selecionam os alimentos no momento da apreensão e corte, por meio de visão, olfato, gustação, sensibilidade e mobilidade labial (FIELDING, 2018; QUEIROZ, 2019; SOUZA, 2019).

A anatomia equina permite capacidade elevada de seleção da dieta em pastagens, sendo esta capaz de suprir a maioria ou totalidade da demanda nutricional de manutenção, mesmo quando alimentados somente com gramíneas de boa qualidade. Porém é necessário tempo para pastejo e diversidade de tipo de vegetal, pois a velocidade de ingestão é lenta e, preferencialmente, são escolhidas folhas, brotos e caules tenros (PEREIRA, 2018; QUEIROZ, 2019; SOUZA, 2019).

Em liberdade os animais pastejam por aproximadamente 60% do tempo e os estabulados se alimentam em 15% deste. Assim, a fisiologia do equino estabulado é desafiada e outros possíveis fatores estressantes, como a privação de liberdade e *overtraining* podem produzir mais desconforto ao animal e gerar consequências graves (SALEM *et al.*, 2017; SCHIAVO, 2011).

Cavidade oral e dentes saudáveis são extremamente importantes para o equino triturar corretamente os alimentos ingeridos (SALEM *et al.*, 2017; PEREIRA, 2018). A água é essencial para a fisiologia do TGI equinos. A ingestão de líquidos é realizada por sucção. Os lábios formam pequena abertura e com auxílio da língua e de movimentos da faringe atuam para sugar o líquido, sendo a integridade oral e dentária relacionada à ingestão adequada de água (QUEIROZ, 2019).

O TGI equino pode ser dividido em três segmentos: anterior, com esôfago e estômago, médio, com intestino delgado e posterior, com ceco, cólon e reto. Esôfago, estômago e intestino delgado recebem quantidades contínuas de alimento, as quais chegam ao intestino grosso e demandam maior tempo de permanência, pois este é, essencialmente, a câmara de fermentação do animal (FIELDING, 2018).

O esôfago dos equinos possui aproximadamente 1,5 m e estende-se da faringe ao estômago passando por tórax e diafragma. Por meio da ação de músculos circulares, movimentos peristálticos formam anéis de constrição na parede esofágica, reduzem o lúmen e empurram o bolo alimentar aboralmente. Ao chegar à porção distal do esôfago, o esfíncter distal se abre e a ingesta entra no estômago (DANIELS *et al.*, 2019).

O estômago do equino possui três regiões, saco cego e partes fúndica e pilórica. Além disso, existe porção glandular e não glandular. Esse é ligado ao duodeno pelo esfíncter piloro e a válvula cárdia realiza fechamento hermético da abertura associada ao esôfago, impedindo a regurgitação. O tamanho do estômago é relativamente pequeno e formato é de feijão, com capacidade média 11 a 17 litros. Esta pode aumentar pouco com adaptação ao regime alimentar, podendo ser preenchido em até dois terços desse volume por alimento e secreções, em condições fisiológicas (QUEIROZ, 2019).

O intestino delgado dos equinos possui comprimento médio de 20 metros, sendo dividido em: duodeno, jejuno e íleo (DANIELS *et al.*, 2019). A mucosa possui vilosidades de 0,5 a 1 mm, revestidas por células epiteliais com microvilosidades destinadas a aumentar a superfície absorptiva, células calciformes secretoras de muco e glândulas secretoras de suco entérico (RIBEIRO *et al.*, 2019).

A camada muscular lisa dos intestinos é localizada abaixo da mucosa, sendo responsável por peristaltismo, o qual mistura o conteúdo e o propuliona em sentido crânio caudal por meio de contrações rítmicas (FIELDING, 2018). O pâncreas produz secreção de forma contínua com baixa concentração de enzimas equivalente de 5 a 10% do peso corporal do animal (RIBEIRO *et al.*, 2019).

Os equinos não possuem a vesícula biliar, por isso a liberação de bile é constante.

Essa característica evolutiva está relacionada ao hábito de se alimentar várias vezes ao dia (QUEIROZ, 2019). A bile emulsiona as gorduras presentes na dieta por ação digestiva da lipase (DANIELS *et al.*, 2019). A digestão química no intestino delgado acontece por meio da ação de enzimas que dissociam quimicamente o alimento em partículas menores (FIELDING, 2018). Os enterócitos produzem enzimas destinadas à dissociação específica nas menores unidades possíveis para serem absorvidos (QUEIROZ, 2019).

Quanto maior for a quantidade de conteúdo intracelular na dieta maior será a absorção de micro e macroelementos, diferentemente da parede celular, com frações não digestíveis na maioria das situações (FIELDING, 2018). O conteúdo celular dos vegetais apresenta quantidades adequadas para absorção e aproveitamento das vitaminas A, D, E, K, Tiamina (B1), Riboflavina, Niacina, Biotina e Ácido Fólico da dieta, apesar da microbiota do intestino grosso produzir vitaminas (DANIELS *et al.*, 2019).

O intestino delgado é composto por duodeno, jejuno e o íleo. O duodeno está posicionado dorsalmente no lado direito nos equinos. O jejuno representa a porção média do intestino delgado, com aproximadamente 17 metros de comprimento em equino adulto. No final do intestino delgado encontra-se o íleo, com média de 45 cm (BERTO, 2016).

O intestino grosso do equino possui aproximadamente sete metros de comprimento, sendo dividido em ceco, cólon e reto. Estas são estruturas essenciais do trato digestivo do equino, por conter micro-organismos capazes de fermentar as fibras e os nutrientes não absorvidos no intestino delgado (RIBEIRO *et al.*, 2019). O bolo alimentar passa ao ceco pela junção ileocecal. O ceco é estrutura com função fermentativa e situa-se primariamente no lado direito, possuindo de 1,2 a 1,5 metros de comprimento e com capacidade média de 27 a 30 litros de alimento e fluidos (BERTO, 2016).

A microbiota do intestino grosso do equino se assemelha em número e espécies à população ruminal, pois, assim como no rúmen, os micro-organismos necessitam de ambiente ideal para realizar as funções metabólicas, com pH em torno de 6,5. Acidificações locais reduzem a atividade da microbiota e podem estar associadas à cólica (QUEIROZ, 2019). Todos os fatores relacionados ao manejo, como nutrição, forma de oferecer a dieta, suplementos e exercícios interferem no microbioma equino. Uso de quaisquer medicamentos, sobretudo antimicrobianos, anestésicos e anti-helmínticos pode comprometer os micro-organismos gastroentéricos. Além da cólica, doenças como colite, diarreia, laminite e úlceras gástricas desequilibram a microbiota, assim como estresses de transporte e desmama, entre outros fatores (GARBER; HASTIE; MURRAY, 2020).

Redução na diversidade e quantidade desestabiliza o ambiente intestinal e provocam diminuição nos micro-organismos das famílias *Lachnospiraceae* and *Ruminococcaceae*, relacionados com a homeostase do TGI equino. Consequentemente, ocorre aumento em *Lactobacillus* e *Streptococcus*, redução de bactérias metabolizadoras de ácido láctico e de produtoras de butirato, consideradas fontes anti-inflamatórias locais. Alterações em *Firmicutes* e *Bacteroidetes* foram observadas, apesar dos dados ainda inconsistentes

(GARBER; HASTIE; MURRAY, 2020).

A musculatura cecal é responsável por misturar o bolo alimentar com os micro-organismos capazes de digerir a celulose. Do ceco, o material fermentado vai para o cólon. As últimas frações absorptivas do trato gastrointestinal são representadas por ceco e o cólon. O reto, com 35 a 40 cm possui características de armazenamento das fezes formadas e o esfíncter anal promove o fechamento do término do TGI equino (STELMANN; AMORIM, 2010).

FATORES PREDISPONENTES

A “predisposição natural” do equino ao quadro de cólica encontra-se relacionada às peculiaridades anatômicas presentes no decorrer do TGI como tamanho e capacidade digestivas, presença de flexuras esternal, diafragmática e pélvica e válvulas e esfíncter esofágico ou cárdia fortes. Além disso, o peristaltismo é elevado e as interferências do ser humanos na fisiologia do animal contribuem para esta predisposição (FIELDING, 2018; OLIVEIRA, 2017; QUEIROZ, 2019; SOUZA, 2019).

As peculiaridades anatômicas tornam os equinos extremamente sensíveis aos distúrbios do TGI. A capacidade volumétrica do estômago é pequena se comparada com outras espécies. Na junção esofagogástrica a válvula cárdia, de musculatura muito desenvolvida, permite apenas a passagem de gases e fluidos do esôfago para o estômago, levando à ausência de capacidade de regurgitar, o longo mesentério associa para rupturas. Dessa forma, fisiologicamente esses animais são mais sensíveis a serem acometidos por síndrome da cólica (BERTO, 2016; FIELDING, 2018; MARIANO *et al.*, 2011; QUEIROZ, 2019; SOUZA, 2019). A presença de estruturas fisiológicas como o espaço nefro-esplênico (ARÉVALO-RODRÍGUEZ *et al.*, 2019) e os dobramentos naturais, as flexuras esternal, diafragmática e pélvica e esternal possibilitam situações favoráveis ao acúmulo de conteúdo e gases e, conseqüentemente, torções (OLIVEIRA, 2017).

O cavalo é dos animais mais sensíveis a alteração na rotina ambiental ou alimentar. Situações nas quais existe privação de água, estresse associado ao transporte, alterações de dieta, alimentação de má qualidade, como silagem deteriorada e capim elefante picado além do ponto de corte ideal, ingestão de corpos estranhos, aerofagia, sablose, excesso de esforço, enterólitos, vermes e infecções, dentre outros, podem levar a ocorrência de cólica (GARBER; HASTIE; MURRAY, 2020; RAINERI; STIVARI; STIVARI, 2013). Fatores de risco foram categorizados em: relacionados ao animal, ao manejo e ao ambiente. A maioria foi conectada às alterações de manejo alimentar e de instalações. Outros aspectos associados foram mudanças de plano de exercícios, de pastos e de hidratação (FREEMAN, 2019).

Com o passar do tempo, as práticas de manejo substituíram o hábito natural de pastejo do animal por dieta rica em grãos e óleos, os quais podem não ser digeridos adequadamente. A cólica é considerada a causa mais comum de morte em cavalos, sendo

responsável por pelo menos 28% dos óbitos e a nutrição coloca o sistema alimentar como o mais frequente envolvido na causa de morte de cavalos, seguido por sistema locomotor, nervoso, cardiovascular e respiratório (WUTKE *et al.*, 2016). A maioria das pesquisas listam as doenças não infecciosas do trato alimentar em cavalos, mas poucos averiguaram especificamente as condições, enfocando os aspectos patológicos e epidemiológicos. No entanto, casos de cólica inespecífica, quando não se conhecem as causas, são referidos clinicamente como cólicas espasmódicas, leves ou flatulentas, especialmente por não ser realizada com maior frequência a cirurgia ou necropsia (WUTKE *et al.*, 2016).

A dieta fornecida em refeições volumosas, contendo pequena quantidade de feno e alta proporção de concentrado pode acarretar risco de cólica aos equinos. Isso pode alterar o ecossistema microbiano do intestino e a estratégia recomendada é modificar a sequência de distribuição de concentrado e feno, ofertando primeiramente o feno ou outro volumoso de boa qualidade (SADET *et al.*, 2017).

Entre os predisponentes para alterações gastrointestinais encontram-se: alimentação de má qualidade, representada por fenos ressecados, capim senescente e fibroso, alimentos com tamanhos de partículas inadequados, sem fornecer a fibra efetiva para o animal, alteração na frequência das refeições, na pouca disponibilidade e má qualidade de água de bebida, sendo relacionados ou não às mudanças de manejo. Estes fatores podem alterar a microbiota do TGI equino e ocasionar as cólicas (CERQUEIRA *et al.*, 2012; GARBER; HASTIE; MURRAY, 2020; VENABLE *et al.*, 2017). Mais recentemente, para além da microbiota, como importante componente, o microbioma alterado foi reportado em equinos com cólica (GARBER; HASTIE; MURRAY, 2020; STEWART *et al.*, 2019).

A cólica equina causada por presença de enterólitos, os quais são mais frequentemente encontrados no cólon menor ou maior, sendo típica de certas regiões geográficas, onde o clima é seco e quente. Os primeiros sintomas deste tipo de cólica incluem perda de peso e episódios recorrentes de dor abdominal. Excesso de grãos e leguminosas na dieta podem favorecer a formação de enterólitos (FANTIN, 2014).

Os equinos, mesmo sendo animais seletivos para alimentos, quando mantidos sob manejo inadequado podem não preservar essa característica. Quando acontece pode levar à ingestão de areia da cama ou de forma incidental, como a presente na água ou na forragem oferecida no solo, resultando em acúmulo desse material no intestino do animal, processo conhecido como sablose (FANTIN, 2014; PEDROSA, 2008). Manter os animais em pasto com pouca cobertura vegetal e arenoso, fornecer alimento granulado diretamente no solo ou em quantidade insuficiente são condições favoráveis para esta ocorrência. O diagnóstico pode ser feito por teste de sedimentação das fezes, radiografia e ultrassonografia, dentre outros (BORTOLATO *et al.*, 2014).

Quando em quantidade limitada, ingestão e acúmulo de areia no TGI não resultam em manifestações clínicas. Mas quando ingerida em volumes excessivos pode ocasionar diarreia, perda de peso, cólica e até a morte do equino (PEDROSA, 2008). Os locais

mais comuns de acúmulo ou obstrução por areia grossa são o cólon dorsal direito, cólon transverso, cólon dorsal esquerdo e flexura pélvica. A areia fina tende a acumular nos cólons ventrais. A ingestão de areia suficiente para causar obstrução intestinal não é conhecida e características individuais determinam a gravidade dos quadros clínicos (NASCIMENTO, 2011).

O diagnóstico de sablose a campo pode ser feito por teste de sedimentação das fezes. Este procedimento consiste em misturar quantidade conhecida das fezes do animal em volume de água exato para estabelecer a proporção final dos materiais e determinar a porcentagem de areia nos excrementos. Importante salientar que a amostra não deve ser contaminada por terra ou areia da instalação (BORTOLATO *et al.*, 2014).

O tratamento cirúrgico não remove completamente toda a areia presente nos cólons, sendo necessário tratamento no pós-operatório com laxativos lubrificantes e fibras até a areia ser eliminada. Mudanças de manejo alimentar, como não disponibilizar alimento granulado no solo, manter os pastos com muita cobertura vegetal e não permitir o acesso a aguadas rasas são importantes para reduzir a ingestão de areia. A oferta de alimentos em quantidade insuficiente pode aumentar a ocorrência de sablose nos equinos (PEDROSA, 2008).

Parasitoses internas e a presença de lesões inflamatórias e necróticas no trato digestivo associadas a essas podem ser causas de cólica, em decorrência da obstrução e fixação dos parasitas e/ou migração de larvas na parede intestinal ou vasos sanguíneos regionais (PESSOA *et al.*, 2012; RAINERI; STIVARI; STIVARI 2013; WORKU *et al.*, 2017). Infecção parasitária moderada e severa foi identificada respectivamente em três e 36% dos equinos de trabalho testados (SALEM *et al.*, 2017). Infecções e reinfecções por helmintos como estrôngilos, ascarídeos e tênias possuem potencial para causar cólica em equinos. A mais alta infestação em 620 animais foi causada por estrôngilos, sendo 41,8%, seguido de 0,8% de *Anoplocephala perfoliata* e *Parascaris* spp. Foram confirmados como *Strongylus vulgaris* 1,1% dos animais (GEHLEN *et al.*, 2020).

Lesões pilóricas severas identificadas por ultrassonografia e/ou endoscopia foram associadas ao esvaziamento gástrico lento e ao prognóstico pobre em cavalos jovens, por associar-se com esofagite distal e lesão escamosa gástrica. Os sinais mais comuns foram condição corporal ruim, maior tempo de alimentação, cólica recorrente e apetite seletivo (BEZDEKOVA; WOHLSEIN; VENNER, M., 2020).

A aerofagia é comportamento estereotipado e pode ser oriundo de estresse ou por ócio. O animal apóia os dentes incisivos sobre as superfícies e flexiona o pescoço, o palato mole se desloca dorsalmente criando o canal entre a cavidade oral e laringe. Posteriormente, o ato de deglutição promove o fechamento da laringe e o ar é direcionado para o esôfago. Alguns animais realizam este processo sem necessidade apoio, ao realizar movimentos repetitivos com a cabeça, fechar a boca, flexionar o pescoço e deglutir o ar. Os comportamentos estereotipados geram impactos negativos como a diminuição da ingestão

de alimentos, desgaste dentário irregular, predisposição a úlceras estomacais, gastrite e cólicas (NASCIMENTO, 2011).

Equinos com cólicas anteriores possuem maior risco de serem acometidos por outro episódio, provavelmente por existir lesão no trato gastrointestinal causada pelo quadro anterior ou por causa de algum tipo de sequela, como aderências originárias de cirurgias prévia, possivelmente presentes no trato gastrointestinal (LARANJEIRA *et al.*, 2008).

Em cinquenta equinos com cólica e submetidos à laparotomia exploratória verificou-se 46% das fêmeas mais propensas à enfermidade, seguidas de 22% de machos não castrados e 26% de castrados. A média de idade predominante foi de dois a dez anos e 54% dos pacientes sobreviveram. Destes, 78% apresentavam lesões no intestino grosso (DI FILIPPO *et al.*, 2012).

A obstrução intestinal ocasionada por ingestão de corpos estranhos é mais frequentemente observada em animais jovens, sendo a principal causa da cólica nesta categoria. No entanto, adultos podem ser acometidos, sendo o cólon menor o principal local de alojamento de corpos estranhos e o tratamento é cirúrgico (CASTRO *et al.*, 2016).

Condições específicas de cólica podem estar relacionadas com lipomas estrangulantes. Embora a associação com a nutrição e o sistema endócrino não esteja bem definida, 28,6% de todas as manifestações de abdômen agudo apresentadas por equinos acima de 15 anos podem estar relacionadas ao metabolismo da gordura, por serem considerados animais idosos, com metabolismo mais lento (MARTINS; KOMMERS; BARROS, 2014).

A SÍNDROME CÓLICA

A síndrome de cólica equina, também conhecida como abdômen agudo é caracterizada por dor abdominal variável de moderada a severa e pode haver a necessidade de intervenção com uso de medicamentos ou ação cirúrgica (BURKE; BLIKSLAGER, 2018; QUEIROZ, 2019). Diferenciar entre casos cirúrgicos e clínicos é o principal objetivo do atendimento ao equino com cólica, pois a cirurgia precoce melhora o prognóstico dos casos, nos quais este procedimento é necessário (BURKE; BLIKSLAGER, 2018; FREEMAN, 2018).

Porém, o custo da cirurgia ainda é limitante para muitos proprietários e a eutanásia ainda é realizada com frequência em casos de cólica, pois o preço do tratamento pode ultrapassar o valor comercial dos animais, especialmente os de trabalho (FREEMAN, 2018). Informações sobre fatores de risco para cólica são ainda mais limitadas nesses equinos (SALEM *et al.*, 2017). Existem relatos da ocorrência em asininos e muares, apesar da crença na rusticidade e resistência desses animais (WORKU *et al.*, 2017).

A cólica pode ser classificada como de estado crítico, quando requer tratamento médico ou cirúrgico hospitalizar e casos não críticos, os resolvidos com medidas médicas

mais simples. De 941 animais com cólica analisados 23,9% foram considerados críticos e 18% foram eutanasiados, representando prejuízos elevados (BOWDEN *et al.*, 2020 a e b).

Os tipos de cólica podem ser categorizados conforme os locais de início da enfermidade e causas primárias. Dessa forma, diferenciam-se em: estomacais, de intestino delgado ou de intestino grosso, por compactação ou impactação alimentar, por desidratação, por obstrução estrangulante, por hérnias diafragmática, inguinal ou inguinoescrotal e umbilical, por obstrução funcional ou *ileus*, cólica espasmódica, por deslocamento de cólon esquerdo ou direito, enterolitíases e sablose (ALMEIDA, 2005).

As cólicas mais comuns são: por compactações, causadas por obstrução no intestino grosso e por excesso de alimentação fibrosa indigestível; cólica gasosa, associada ao estiramento do intestino grosso; espasmódica, relacionada ao acúmulo excessivo de gases no aparelho digestivo. A cólica causada por parasitas é ocasionada por elevado número de helmintos no TGI, provocando obstruções e associada às colites, inflamações no intestino grosso. O deslocamento ou torção, conhecida como vólculo representa a formação de *looping* ou posicionamento incorreto do intestino (ALMEIDA, 2005).

Quando o intestino se torna obstruído por massa espessa de alimento é o sinal de cólica de compactação e com tratamento adequado é possível resolver sem maiores complicações, na maioria dos casos. Geralmente ocorre quando o animal possui arcada dentária comprometida e não consegue mastigar os alimentos corretamente ou quando consomem quantidades elevadas de fibras indigestíveis, como palha da cama e ainda por falta de hidratação (CAMPELO; PICCININ; 2008).

A cólica por gases ocorre geralmente no cólon maior e o gás estira o intestino, causando dores. Geralmente é de tratamento clínico, mas é importante averiguar se não existem causas subjacentes para o problema (BERTO, 2016). Os casos associados às contrações intestinais aumentadas por ondas peristálticas dolorosas são chamados espasmódicos e podem ser causados por acúmulo de gases no TGI do equino. Geralmente os sintomas são leves e respondem bem ao tratamento clínico (CAMPELO; PICCININ, 2008).

Cólica causada por parasitas ocorre principalmente em potros, em consequência de infestação elevada de *Parascaris equorum*, causador de bloqueio e até ruptura do intestino. Geralmente os animais desenvolvem a imunidade aos parasitas entre seis meses a um ano de vida e por isso é incomum a ocorrência em adultos, mas esta pode acontecer (STELMANN; AMORIM, 2010).

A inflamação do intestino ou colite representa casos clínicos graves e requer a atenção médica urgente. O deslocamento ou torção intestinal ocorre quando parte do intestino localiza-se em posição anormal no abdômen e a torção ocorre quando este desvia e forma *looping*. Existem casos destes tipos de cólica associados ao bloqueio total do intestino e circulação local e requerem a cirurgia imediata, com prognóstico reservado (CAMPELO; PICCININ; 2008).

Os animais com cólica apresentam postura anormal e sinais diferentes dependendo

da intensidade da dor. Os sinais leves são inquietação, sudorese e olhar para o flanco; os moderados são sudorese intensa, decúbito dorsal e deitar e levantar frequente; sudorese intensa, se jogar ao chão e rolar, aumento da frequência respiratória, cardíaca e do pulso, movimentos involuntários, temperatura retal normal ou pouco elevada e ausência de sons abdominais são sinais graves. Quando ocorre em animais castrados estes podem expor o pênis sem urinar ou urinar com mais frequência e em poucas quantidades (BERTO, 2016; FREEMAN, 2018; FREEMAN, 2019).

Conforme a atitude do animal existe possibilidade da dedução do local da dor. Quando este adota a posição de sentar-se e colocar-se com membros posteriores afastados pode indicar sobrecarga do cólon. Deitar com os membros para cima sugere necessidade de aliviar a dor no mesentério. A distensão de abdômen provavelmente associa-se à distensão do ceco ou cólon por presença de gás e extravasamento nasal de conteúdo é sinal grave e sugere sobrecarga gástrica severa. Quando o choque e a desidratação atingem o máximo é comum observar aumento da frequência respiratória e dispneia pouco antes do óbito (FREEMAN, 2018; FREEMAN, 2019; RIBEIRO *et al.*, 2019).

A cólica equina é distúrbio resultante de doenças localizadas no aparelho digestivo ou de outros sistemas, podendo estar relacionada desde ao aumento excessivo de gases no estômago, resultado da fermentação dos alimentos, até a torção ou obstrução do intestino, casos cirúrgicos graves. A principal característica é a dor abdominal, o animal vai apresentar mudança de comportamento e é quando a cólica se torna perceptível a qualquer pessoa que lida com o animal, mas determinar a origem da dor e a conduta clínica ou cirúrgica é atividade para médicos veterinários (CAMPELO; PICCININ; 2008; FREEMAN, 2018; FREEMAN, 2019).

Os equinos quando em dor incontrolável e severa podem sofrer de torção e/ou distensão intestinal e a chance de sobrevivência do animal vai reduzindo com o passar do tempo. A decisão inicial é acionar de forma rápida o veterinário. O profissional avaliará o grau de dor, como indicador da severidade do problema, pois todas as cólicas são consideradas emergências médicas, mas nem todas requerem cirurgias (BOWDEN *et al.*, 2020a; CAMPELO; PICCININ, 2008; FREEMAN, 2019; TANNAHILL; CARDWELL; WITTE, 2019). Para ajudar os veterinários a considerar métodos terapêuticos e diagnósticos apropriados e determinar o prognóstico de cada cavalo é importante o conhecimento das causas e resultados comuns da cólica (PESSOA *et al.*, 2012; FREEMAN, 2018; FREEMAN, 2019; WUTKE *et al.*, 2016).

DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO

A habilidade de quem está em contato com o equino em reconhecer precocemente sintomas de cólica e buscar assistência é o passo crítico inicial na determinação da causa da cólica. Existe muita variação de conhecimento sobre esse assunto entre tratadores,

treinadores e proprietários de cavalos, sendo necessárias mais fontes acessíveis de conhecimento e cursos de formação para auxiliar na tomada de decisão do momento certo de procurar assistência (BOWDEN *et al.*, 2020a; FREEMAN, 2018). O diagnóstico precoce é fundamental para a sobrevivência do animal e como são várias as causas, estabelecê-las e corrigi-las rapidamente é uma das maiores dificuldades (CAMPELO; PICCININ; 2008; FREEMAN, 2018; FREEMAN, 2019).

Por se tratar de conjunto de causas e consequências variáveis, a síndrome cólica possui diversos tratamentos, conforme a causa inicial. Em primeiro momento o ideal é exercitar o animal com caminhada para distraí-lo, monitorar para evitar que se machuque e role no chão, comportamento comum em cólicas, o qual provoca riscos de torção intestinal. Este processo de caminhar com o equino no cabresto ocupa o tempo necessário para a chegada do veterinário, o qual irá avaliar e instituir o tratamento para o alívio da dor. Caso seja necessário, o animal poderá receber óleo mineral, com a função de lubrificar o sistema digestivo e atuar como laxante para ajudar a tentar expelir o possível bolo fecal causador de distúrbios (BARBOZA, 2016).

As causas são variáveis e o tratamento pode ser de analgesia e lavagem gástrica simples até cirurgias complexas, nos quais a abertura e/ou enterotomia e enteroanastomose são realizadas. É importante o diagnóstico precoce e o monitoramento do animal de hora em hora (BARBOZA, 2016; CAMPELO; PICCININ; 2008; FREEMAN, 2018). As cólicas são multifatoriais e as causas podem ser evidentes, como sobrecarga de grãos ou obstrução por corpo estranho ou pode ser impossível ao clínico determinar a causa imediatamente, sendo necessários exames complementares (PESSOA *et al.*, 2012).

Para diagnosticar cólica são avaliados grau da dor, distensão abdominal, frequências cardíaca e respiratória, pulso, coloração das mucosas, temperatura retal, motilidade intestinal e sinais de refluxo nasal. É necessário realizar palpação retal, avaliar as concentrações plasmáticas de proteínas totais, fibrinogênio e lactato, a contagem de leucócitos, a quantificação eletrolítica, análise de gases sanguíneos, atividade de enzimas séricas e características do fluido peritoneal e das fezes (DE COZAR *et al.*, 2020; FREEMAN, 2019; RIBEIRO *et al.*, 2019).

Após estabilizar o paciente e realizar exames complementares o médico veterinário indicará o tratamento adequado para o problema, que pode ser solucionado com o auxílio de medicamentos ou, em casos mais severos, pode ser indicada a cirurgia (ALMEIDA, 2005; FREEMAN, 2018). Com relação a esta necessidade, existe valor preditivo alto dos parâmetros pré-operatórios do abdômen agudo equino e muitos são praticáveis a campo (GARDNER; DOCKERY; QUAM, 2019). Os casos cirúrgicos representaram 3% dos episódios diagnosticados em cavalos de uso militar (TANNAHILL; CARDWELL; WITTE, 2019).

Para identificar a cólica equina, estudos científicos de avaliação objetiva e confiável da dor em cavalos, vários tipos de avaliações da dor como escalas compostas de dor

e baseadas na expressão facial do animal. Dessa forma, são avaliadas a sensibilidade e uso potencial para diagnósticos clínicos (VAN LOON; VAN DIERENDONCK, 2020). Apesar da crescente disponibilidade de diagnósticos hematológicos, bioquímicos séricos (AITKEN; STEFANOVSKI; SOUTHWOOD, 2019; SOUTO *et al.*, 2019) e de imagem avançados (BURKE; BLIKSLAGER, 2018), como ultrassom (MANSO-DÍAZ; BOLT; LÓPEZ-SANROMÁN, 2020) e outros, o mais acurado indicador da necessidade de cirurgia continua sendo a presença de dor abdominal moderada a severa, de episódios recorrentes após analgesia apropriada e a ausência de borborismos intestinais (BURKE; BLIKSLAGER, 2018).

Esta alteração pode cursar com manifestações hemodinâmicas, em razão das alterações circulatórias e injúria tecidual no organismo. Os trabalhos demonstraram necessidade de estabilizar a hemodinâmica do paciente antes da anestesia para evitar taquicardia trans-cirúrgica, associada ao risco aumentado de morte, assim como a maior idade do paciente e coloração anormal das mucosas, duração longa e severidade dos sinais de cólica e lesão no intestino delgado (ADAMI *et al.*, 2020; BOWDEN *et al.*, 2020b; KAUFMAN *et al.*, 2020).

Alguns sinais sistêmicos da inflamação podem estar presentes, como aumento de temperatura, elevação da concentração de cortisol e alterações metabólicas (BURKE; BLIKSLAGER, 2018; SOUTO, 2019; SOUTO *et al.*, 2019). Equinos que desenvolveram complicações pós-cirúrgicas demonstraram aumento estatisticamente significativo de proteínas de fase aguda da inflamação se comparados aos sem complicações. Em animais que foram a óbito as concentrações de amiloide sérico A e fibrinogênio foram mais elevadas na admissão hospitalar (DE COZAR *et al.*, 2020). Proteínas de fase aguda da inflamação, como amiloide sérico A e fibrinogênio podem ser associados à natureza e severidade das lesões entéricas no equino e utilizados como preditivos da evolução do quadro de cólica (DE COZAR *et al.*, 2020).

Alterações hidroeletrólíticas são comuns em pacientes com cólica, mais da metade apresentou hipocalcemia, hipocalemia ocorreu em 30% dos equinos operados e esta foi associada ao uso de sabutamol durante a cirurgia (ADAMI *et al.*, 2020). Quando é necessário o procedimento cirúrgico, é fundamental o pós-operatório, pois o animal precisará receber suporte nutricional por via intravenosa parenteral, com fixação de cateter, depois por via nasogástrica ou enteral e a nutrição oral, na qual o equino se alimenta por vontade própria (ALMEIDA, 2005). A cirurgia de cólica e o subsequente tratamento intensivo pós-cirurgia podem ser caros e o prognóstico de sobrevivência é variável, pois depende de muitos fatores, como parâmetros sistêmicos anteriores à cirurgia, o tipo de lesão e o tipo de procedimento realizado (ADAMI *et al.*, 2020; FREEMAN, 2018; FREEMAN, 2019).

É importante esclarecer ao criador sobre as informações referentes às taxas de sobrevivência para os diferentes tipos de operações de cólica, o número de possíveis complicações e a chance do retorno bem-sucedido às atividades (ADAMI *et al.*, 2020; VAN

LOON; VAN DIERENDONCK, 2018; VAN LOON; VAN DIERENDONCK, 2020).

Outras taxas de curto prazo variaram entre 61,7 a 100%, com tempos de sobrevida de três meses a 14 anos, dependendo do tipo de cirurgia realizada. Apesar de muitas pesquisas serem feitas com relação às taxas de sobrevivência, estudos detalhados com relação à recuperação funcional e capacidade de retorno em atividades físicas de cavalos após a cirurgia de cólica são relativamente raros (ADAMI *et al.*, 2020; VAN LOON; VAN DIERENDONCK, 2018; VAN LOON; VAN DIERENDONCK, 2020).

As taxas de sobrevivência após celiotomia exploratória para resolução de cólicas variaram de boas a excelentes, entre 60 a 100%. A sobrevida dependerá das lesões subjacentes e o retorno do paciente as atividades atléticas poderá ser de bom a excelente, entre 76 a 90% das vezes (GARDNER; DOCKERY; QUAM, 2019; SHEARER; HOLCOMBE; VALBERG, 2020). De 300 equinos, 83,7% sobreviveram ao episódio de cólica e 52% desenvolveram complicações pós-operatórias, sendo a chance de sobrevida reduzida em animais com complicações pós-operatórias (DE COZAR *et al.*, 2020).

A eutanásia no trans-cirúrgico por razão de mau prognóstico foi de 83% e 72,7% sobreviveram após um ano da cirurgia para tratamento de cólica (VAN LOON, VAN DIERENDONCK, 2020). De 575 equinos com cólica a causa mais comum foi impactação cólon maior (18,4%), seguida por torção ou vólculo do cólon maior (6,2%). A sobrevivência ao episódio de cólica foi de 69%, porém considerando as provenientes de causas não identificadas, 82,9% dos equinos resistiram. Animais com lesões no intestino grosso apresentaram 74,6% de sobrevida e os com lesões no intestino delgado, 38,5% (KAUFMAN *et al.*, 2020).

Os fatores predisponentes para a baixa sobrevivência após episódio de cólica cirúrgica são idade avançada, duração prolongada dos sinais e maior severidade da cólica, além de lesões no intestino delgado (KAUFMAN *et al.*, 2020). Animais mais velhos e mais pesados, com refluxo gástrico, submetidos à anestesia prolongada, ao uso de salbutamol durante a cirurgia, com taquicardia e acidose no trans-cirúrgico são mais propensos ao óbito (ADAMI *et al.*, 2020). Depois da recuperação da cirurgia de cólica, os cuidados fisioterápicos e ajustes de sela são necessários para a reabilitação do animal ao desempenho atlético anterior e melhoria do bem estar geral (VAN LOON *et al.*, 2020).

MANEJOS PARA EVITAR PROBLEMAS

Os cuidados com os animais são extremamente importantes como estratégias preventivas de saúde (FARAH *et al.*; 2020; SALEM *et al.*, 2017). Identificar e controlar os fatores de risco associados ao aumento de cólica é elemento central em programas preventivos de saúde equina (FREEMAN, 2019).

O manejo precisa ser adequado e os equinos, como as outras espécies, possuem exigências diferentes em cada fase da vida e requisitos particulares, conforme a atividade

desempenhada e o metabolismo individual (TANNAHILL; CARDWELL; WITTE, 2019). Assim, necessitam ser alimentados de acordo com a faixa etária e de maneira regular, levando-se em consideração o número de refeições e a quantidade ofertada. Quando for necessário trocar a dieta, realizar a adaptação de 21 dias, no mínimo (FARAH *et al.*, 2020).

Para facilitar o manejo os animais precisam ser separados por categorias, conforme sexo, idade e peso corporal, pois aqueles em desenvolvimento, gestantes, lactantes, em trabalhos pesados, fracos e doentes, possuem requisito nutricional e ingestão diferenciada. O ideal é estabelecer o plano nutricional correto e alimentar os animais individualmente, fornecendo água limpa, fresca e à vontade sempre (BERTO, 2016; RIBEIRO *et al.*, 2019). Porém, é necessário evitar o acesso não controlado água ao animal imediatamente após fazer o esforço físico, pois este está aquecido e não deve ingerir grande volume de água no primeiro momento após o exercício, principalmente se esta estiver muito fria, podendo apresentar desconforto gástrico e abdominal, gerador de cólica (BERTO, 2016; CAMPELO; PICCININ; 2008; RIBEIRO *et al.*, 2019).

Toda a saúde do animal precisa ser cuidada. Exames odontológicos periódicos são importantes, especialmente para animais estabulados. Manter programas de vacinações em dia e evitar a presença de outras doenças no rebanho pode auxiliar a controlar cólicas secundárias a patologias diversas. Importante ainda monitorar alterações possivelmente ligadas a fases fisiológicas, como parto e desmame, dentre outras relacionadas a mudanças alimentares e cólicas (BERTO, 2016; CAMPELO; PICCININ; 2008; RIBEIRO *et al.*, 2019).

As instalações devem permanecer sempre higienizadas, para evitar a presença de corpos estranhos, os quais podem ser ingeridos por animais jovens ou com distúrbios de comportamento. Cochos e bebedouros precisam ser higienizados para evitar a ingestão de alimentos fermentados e favorecer a oferta de água limpa e fresca. Os cochos devem ser limpos antes de ofertar qualquer alimento (BERTO, 2016; CAMPELO; PICCININ; 2008; RIBEIRO *et al.*, 2019).

Programar as vermifugações para evitar parasitoses. Mas estar atento ao fato de vermifugações em animais com elevadas cargas parasitárias poderem precipitar os quadros de cólica por obstrução do lúmen intestinal com os próprios parasitas (BERTO, 2016; CAMPELO; PICCININ; 2008; GEHLEN *et al.*, 2020; RIBEIRO *et al.*, 2019; SALEM *et al.*, 2017). Uso de anti-helmínticos na semana anterior foi associado com 2,4 vezes mais episódios de cólica, se comparado aos animais tratados nas oito semanas anteriores ao estudo (GEHLEN *et al.*, 2020).

Sempre realizar testes para verificar a presença de areia nas fezes, além de verificar a quantidade e consistência dessas. A frequência de defecação precisa ser diariamente monitorada, principalmente em equinos estabulados (BERTO, 2016; CAMPELO; PICCININ; 2008; RIBEIRO *et al.*, 2019; SALEM *et al.*, 2017).

Evitar estresses como mudanças bruscas de dietas, de instalações ou de programas

de exercícios ou ainda caso sejam imprescindíveis, a sobreposição desses. A liberação de cortisol e de outros mediadores das respostas aos estressores pode desequilibrar a microbiota intestinal e causar cólica (BERTO, 2016; CAMPELO; PICCININ; 2008; RIBEIRO *et al.*, 2019).

Nunca aplicar medicamentos por conta própria em equinos com cólica ou qualquer outra enfermidade. No abdômen agudo o veterinário, ao realizar a consulta precisa saber o *status* real da dor e fármacos podem mascarar este sinal e piorar o quadro clínico, por retardar o encaminhamento aos hospitais, se for este o caso (BERTO, 2016; RIBEIRO *et al.*, 2019).

Por serem multifatoriais e complexas, as causas de cólica podem ser desconhecidas, flatulentas, espasmódicas, por impactações e enterolitíases. A prevenção dos episódios depende de diversos fatores de manejo, como alimentação baseada em volumes maiores de forrageiras, oferta de quantidade mínima ou fracionada de concentrado, a capacidade de proporcionar água limpa e em quantidade adequada, de espaço e ambiente confortável para expressar comportamentos sociais, dentre outros (CAMPELO; PICCININ; 2008; TANNAHILL; CARDWELL; WITTE, 2019; WORKU *et al.*, 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cólica pode ser fatal em equinos e prejuízos são descritos na literatura e por criadores e treinadores. Apesar do tamanho do rebanho existente no país são encontrados poucos estudos epidemiológicos e econômicos sobre essa síndrome em equinos no Brasil. Estudos de longo prazo e que representem a real situação da população de equídeos do país para determinar taxa de incidência, prevalência e fatores de risco associados precisam ser conduzidos.

Para garantir a saúde e evitar cólicas é essencial manter a qualidade e a quantidade de água e alimento para os equinos, levando em consideração o número adequado de refeições e a fase da vida na qual o animal se encontra. Para atender às exigências nutricionais e de descanso dos animais, é necessário estar atento ao volume, intensidade e frequência do treinamento esportivo. Programas de treinamentos precisam ser estabelecidos para o animal ser exercitado em condições apropriadas ao condicionamento físico desse e sem causar estresses desnecessários.

Medidas imprescindíveis para a prevenção de cólicas são manter periodicidade na avaliação da dentição e nos cronogramas de controle de parasitas e outras doenças. O manejo correto é a melhor forma de reduzir os fatores predisponentes. Outro fator importante é evitar tratamentos “caseiros”, pois existem muitos mitos em relação o assunto. Substâncias oferecidas por via oral ao equino de forma forçada não funcionam contra cólica e podem causar pneumonia por aspiração, aumentar a sobrecarga gástrica e piorar o quadro inicial. A medicação do animal pode mascarar sintomas importantes e confundir

diagnóstico veterinário.

Porém, mesmo com todos os cuidados, se o animal for acometido por cólica, procurar a ajuda médica veterinária o mais rápido possível pode aumentar as chances de sobrevivência. São necessários cursos de formação sobre o reconhecimento rápido da síndrome, os primeiros cuidados e a necessidade de buscar o médico veterinário prontamente, pois muitos animais poderiam se recuperar se tratados a tempo.

REFERÊNCIAS

ADAMI, C.; WESTWOOD-HEARN, H.; BOLT, D. M.; MONTICELLI, P. Prevalence of electrolyte disturbances and perianesthetic death risk factors in 120 horses undergoing colic surgery. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 84, s.n., p. 1-6, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.102843>>. Acesso em: 15 set. 2020.

AITKEN, M. R.; STEFANOVSKI, D.; SOUTHWOOD, L. L. Serum amyloid A concentration in postoperative colic horses and its association with postoperative complications. **Veterinary surgery**, v. 48, n. 2, p. 143-151, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/vsu.13133>>. Acesso em: 15 set. 2020.

ALMEIDA, E. J. D. M. **Manejo nutricional pós-cirúrgico em equinos acometidos pela síndrome cólica**. 2015. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2015. Disponível em <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/3803/1/EJDMA20032018.pdf>>Acesso em: 09 out. 2020.

ARÉVALO-RODRÍGUEZ, J. M.; GRULKE, S.; SALCICCIA, A.; DE LA REBIÈRE DE POUYADE, G. Nephrosplenic space closure significantly decreases recurrent colic in horses: a retrospective analysis. **Veterinary Record**, v. 185, n. 21, p. 657, 2019. Disponível em: <<https://veterinaryrecord.bmj.com/content/vetrec/185/21/657.full.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2020

BARBOZA, E. D. P. **Síndrome cólica**. Equality Clínica e Cirurgia de Equinos. 2016. Disponível em: <<https://www.eqqualityce.com/colica>>. Acesso em: 19 set. 2020.

BERTO, F. L. **Proposta de instalação para beneficiar o bem-estar de cavalos estabulados**. 2016. 90 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/174069>>. Acesso em: 19 set. 2020.

BEZDEKOVA, B.; WOHLSEIN, P.; VENNER, M. Chronic severe pyloric lesions in horses: 47 cases. **Equine Veterinary Journal**, v. 52, n. 2, p. 200-204, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/evj.13157>>. Acesso em: 19 set. 2020.

BORTOLATO, J. S. D.; ROSADO, S. R.; FERREIRA, A. G. G.; LORGA, A. D.; CATUSSI, B. L. C.; MEIRA, I. R.; GADDINI, L. V.; BORNIOOTTI, D. F.; TOMIO, T. E.; ZAVILENSKI, R. B.; TRAMONTIN, R. S.; RIBEIRO, M. G. Relato de caso de síndrome cólica por sablose em equino. **Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública**, v.1, s.n., p. 89, 2014. Disponível em: <http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevCiVet/article/download/25372/pdf_3>. Acesso em: 19set. 2020.

BOWDEN, A.; BURFORD, J. H.; BRENNAN, M. L.; ENGLAND, G.; FREEMAN, S. L. Horse owners' knowledge, and opinions on recognising colic in the horse. **Equine Veterinary Journal**, local, v. 52, n. 2, p. 262-267, mês 2020a. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/evj.13173>>. Acesso em: 18 set. 2020.

BOWDEN, A.; ENGLAND, G. C. W.; BRENNAN, M. L.; MAIR, T. S.; FURNESS, W. A.; FREEMAN, S. L.; BURFORD, J. H. Indicators of 'critical' outcomes in 941 horses seen 'out-of-hours' for colic. **Veterinary Record**, v. 27, s.n, p.105881, 2020b. Disponível em: <<https://veterinaryrecord.bmj.com/content/early/2020/07/26/vr.105881>>. Acesso em: 18 set. 2020.

BURKE, M.; BLIKSLAGER, A. Advances in Diagnostics and Treatments in Horses with Acute Colic and Postoperative Ileus. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 34, n. 1, p. 81-96, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cveq.2017.11.006>>. Acesso em: 15 set. 2020.

CAMPELO; J.; PICCININ, A. Cólica equina. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, Garça, 2008. Disponível em: <http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/K2zHbx7QrPNAPId_2013-5-29-10-40-19.pdf>. Acesso em: 22 set. 2020.

CASTRO, M. L.; ARAUJO, F. F.; SILVA, J. R.; LASKOSKI, M. R.; VILANI, R. G. D. C.; DORNBUSCH, P. T. Incidência de síndrome cólica ocasionadas por corpos estranhos em cavalos carroceiros de Curitiba. **Archives of Veterinary Science**, v. 21, n. 3, p. 77-81, 2016. Disponível em: <<https://revistas.ufrpr.br/veterinary/article/view/45341/29280>>. Acesso em: 24 set. 2020.

CERQUEIRA, V. D.; RIET-CORREA, G.; DUARTE, M. D.; OLIVEIRA, C. A.; RIET-CORREA, F. Bloat and colic in horses experimentally induced by the ingestion of *Panicum maximum* cv. 'Mombaça'. **Ciência Rural**, v. 42, n. 11, p. 2033, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-84782012001100019>>. Acesso em: 23 set. 2020.

COUTINHO, R. N. **Manejo de equinos de emprego militar**: observação de requisitos mínimos com foco no bem-estar e na eficiência da gestão. 2016. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Militares) - Escola de Formação Complementar do Exército/Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/4374/1/CAM2016_QCO_TCC%20Nunes.pdf>. Acesso em: 28 set. 2020.

DANIELS, S. P.; SCOTT, L.; LAVIS, I.; LINEKAR, A.; HEMMINGS, A. J. Crib biting and equine gastric ulceration syndrome: Do horses that display oral stereotypies have altered gastric anatomy and physiology? **Journal of Veterinary Behavior**, local, v. 30, s.n., p. 110-113, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1558787818302508>>. Acesso em: 23 set. 2020.

DE COZAR, M.; SHERLOCK, C.; KNOWLES, E.; MAIR, T. (). Serum amyloid A and plasma fibrinogen concentrations in horses following emergency exploratory celiotomy. **Equine Veterinary Journal**, v. 52, n. 1, p. 59-66, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/evj.13117>>. Acesso em: 23 set. 2020.

DI FILIPPO, P. A.; ALVES, A. E.; HERMETO, L. C.; SANTANA, A. E. Indicadores bioquímicos séricos e do líquido peritoneal de equinos submetidos à obstrução intestinal. **Ciência Animal Brasileira**, v. 13, n. 4, p. 504-511, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/73922>>. Acesso em: 20 set. 2020.

FANTIN, R. L. **Levantamento das práticas de manejo e bem estar dos equinos utilizados na equoterapia**. 2014. 71 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharelado em Zootecnia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/16840>>. Acesso em: 22 set. 2020.

FARAH, H.; CHUNG, E. L. T.; KAMALLUDIN, M. H.; IDRUS, Z. The influence of stable management and feeding practices on the abnormal behaviors among stabled horses in Malaysia. **Journal of Equine Veterinary Science**, local, v. 94, s.n., p. 103-230, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S073708062030321X>>. Acesso em: 21 de set. 2020.

FIELDING, C. L. Practical fluid therapy and treatment modalities for field conditions for horses and foals with gastrointestinal problems. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 34, n. 1, p. 155-168, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0749073917309264>>. Acesso em: 18 set. 2020.

FREEMAN, D. E. Fifty years of colic surgery. **Equine Veterinary Journal**, v. 50, n. 4, p.423-435, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/evj.12817>>. Acesso em: 18 set. 2020.

FREEMAN, S. L. Risk factors for acute abdominal pain (colic) in the adult horse: A scoping review of risk factors, and a systematic review of the effect of management-related changes. **PLoS one**, v. 14, n.7, p. e0219307, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219307>>. Acesso em: 18 set. 2020.

GARBER, A.; HASTIE, P.; MURRAY, J. Factors Influencing Equine Gut Microbiota: Current Knowledge, **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 88, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2020.102943>>. Acesso em: 30 out. 2020.

GARDNER, A.; DOCKERY, A.; QUAM, V. Exploratory celiotomy in the horse secondary to acute colic: a review of indications and success rates. **Topics in Companion Animal Medicine**, v. 34, s.n., p. 1-9. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1053/j.tcam.2018.11.001>>. Acesso em: 18 set. 2020.

GEHLEN, H.; WULKE, N.; ERTELT, A.; NIELSEN, M. K.; MORELLI, S.; TRAVERSA, D.; MERLE, R.; WILSON, D.; SAMSON-HIMMELSTJERNA, G. V. (). Comparative analysis of intestinal helminth infections in colic and non-colic control equine patients. **Animals: an open access journal from MDPI**, v. 10, n. 10, p. 1916, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/ani10101916>>. Acesso em: 30 out. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Agropecuária: rebanhos e produção animal**. 2020. Disponível em: <<https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=PPM01>>. Acesso em: 16 set. 2020.

KAUFMAN, J. M.; NEKOUËI, O.; DOYLE, A. J.; BIERMANN, N. M.). Clinical findings, diagnoses, and outcomes of horses presented for colic to a referral hospital in Atlantic Canada (2000-2015). **The Canadian Veterinary Journal**, v. 61, n. 3, p. 281-288, 2020. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7020639/pdf/cvj_03_281.pdf>. Acesso em: 27 set. 2020.

LARANJEIRA, P. V. E. H.; ALMEIDA, F. Q.; PEREIRA, M. J. S.; LOPES, M. A. F.; CAMPOS, C. H. C.; CAIUBY, L. C. A. B.; SOUZA, P. N. B. Perfil e distribuição da síndrome cólica em equinos em três unidades militares do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 1108-1115, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/cr/2009nahead/a149cr945.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2020.

LINDROTH, K. M.; JOHANSEN, A.; BÅVERUD, V.; DICKSVED, J.; LINDBERG, J. E.; MÜLLER, C. E. Differential defecation of solid and liquid phases in horse: a descriptive survey. **Animals (Basel)**, v. 10, n. 1, p. e76; 2020. Disponível em: <[doi: 10.3390/ani10010076](https://doi.org/10.3390/ani10010076)>. Acesso em: 27 set. 2020.

MANSO-DÍAZ, G.; BOLT, D.M.; LÓPEZ-SANROMÁN, J. Ultrasonographic visualisation of the mesenteric vasculature in horses with large colon colic. **Veterinary Record**, v. 2, n. 186, p. 491, 2020. Disponível em: <[https://doi: 10.1136/vr.105468](https://doi.org/10.1136/vr.105468)>. Acesso em: 23 set. 2020.

MARIANO, R. S. G.; PACHECO, A. M.; HAMZÉ, A. L.; ABILIO, A. F.; AVANZA, M. F. B. Síndrome Cólica Equina – Revisão de Literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**. Garça, n. 16, 2011. Disponível em: <http://www.faeef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/eunbS08pBp1SnhU_2013-6-26-11-12-33.pdf> Acesso em: 23 set. 2020.

MARTINS, T. B.; KOMMERS, G. D.; BARROS, C. S. **Estrangulamento intestinal por lipoma em um equino**. Universidade Federal de Santa Maria, Camobi. Santa Maria. 2014. Disponível em: <<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:0MtYCe5iqesJ:https://www2.ufrb.edu.br/apa/component/phocadownload/category/9-neoplasias%3Fdownload%3D136:6761+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>> Acesso em: 27 set. 2020.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Revisão do Estudo do Complexo do Agronegócio do Cavalo**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/equideocultura/anos-anteriores/revisao-do-estudo-do-complexo-do-agronegocio-do-cavalo/view>> Acesso em: 16 de set. 2020.

NASCIMENTO, A. V. Z. Sablose: ocorrência, diagnóstico e prevenção. **Ouro Fino Saúde Animal**. Mai 2011. Disponível em: <<https://www.ourofinosaudeanimal.com/ourofinoemcampo/categoria/artigos/sablose-ocorrencia-diagnostico-e-prevencao/#:~:text=A%20ingest%C3%A3o%20e%20o%20ac%C3%BAmulo,Colahan%2C%201988%20e%20Ramey%20e>> Acesso em: 21 set. 2020.

OLIVEIRA, M. I. S. **Deslocamento do cólon à esquerda no cavalo e técnicas cirúrgicas de encerramento do espaço nefrosplênico**: revisão bibliográfica e relatos de casos clínicos. 2017. 85 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Medicina Veterinária) - Universidade de Lisboa Faculdade de Medicina Veterinária. Disponível em: <<https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/13666/1.pdf>> Acesso em: 09 out. 2020.

PEDROSA, A. R. P. Á. A. Cólicas em equinos: tratamento médico vs cirúrgico - critérios de decisão. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Medicina Veterinária, Lisboa. Jul 2008. Disponível em: <<https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/939?mode=full>> Acesso em: 20 set. 2020.

PEREIRA, L. E. S. **Levantamento e análise química de gramíneas naturais, base alimentar do cavalo baixadeiro (*Equs caballus*)**. 2018. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão, Campus São Luís, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.uema.br/bitstream/123456789/1078/1/TCC-Lucas%20Eduardo%20Silva%20Pereira.pdf>> Acesso em: 08 out. 2020.

PESSOA, A. F. A.; MIRANDA NETO, E. G.; PESSOA, C. R. M.; SIMÕES, S. V. D.; AZEVEDO, S. S.; CORREA, F. R. Abdômen agudo em equídeos no semiárido da região nordeste do Brasil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 32, n. 6, p.503-509 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-736X2012000600006> Acesso em: 16e set. 2020.

QUEIROZ, D. L. **Influência da alimentação na causa da cólica equina**. 2019. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/456/1/TCC%20DANIELA%20DE%20LIMA%20QUEIROZ.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2020.

RAINERI; STIVARI, C.; STIVARI, S. S. Utilização da silagem para alimentação de eqüinos. **PUBVET**, v. 7, n. 24, n.p., 2013. Disponível em: <<https://www.pubvet.com.br/uploads/789c4eca8935eabd16ec0832d33e8e43.pdf>> Acesso em: 22 set. 2020.

RIBEIRO, G.; BELLI, C. B.; MACHADO, T. S. L.; SOUZA, V. A. F.; SILVA, L. C. L. C. Ocorrência de úlceras gástricas e níveis séricos de gastrina em cavalos de hipismo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n. 2, p. 357-362, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-09352019000200357&script=sci_abstract&tlng=pt> Acesso em: 19 set. 2020.

SADET, B. S.; PHILIPPEAU, C.; JULLIAND, V. Effect of concentrate feeding sequence on equine hindgut fermentation parameters. **Animal: an International Journal of Animal Bioscience**, v. 11, n. 7, p. 1146-1152, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S1751731116002603>>. Acesso em: 25 set. 2020.

SALEM, S. E.; SCANTLEBURY, C. E.; EZZAT, E.; ABDELAAL, A. M.; ARCHER, D. C. Colic in a working horse population in Egypt: Prevalence and risk factors. **Equine Veterinary Journal**, local, v. 49, n. 2, p. 201-206, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/evj.12573>>. Acesso em: 25 set. 2020.

SCHIAVO, S. D. **Nutrição de equinos atletas**. 2011. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Universidade Federal do Pampa, Dom Pedrito, Rio Grande do Sul. 2012. Disponível em: <<http://dspace.unipampa.edu.br:8080/handle/rii/3098>>. Acesso em: 08 out. 2020.

SHEARER, T. R.; HOLCOMBE, S. J.; VALBERG, S. J. Incisional infections associated with ventral midline celiotomy in horses. **Journal of Veterinary Emergency and Critical Care**. v. 30, n. 2, p. 136-148, 2020. Disponível em: <doi: 10.1111/vec.12936>. Acesso em: 20 set. 2020.

SOUTO, P. C. **Proteinograma sérico de equinos sadios e acometidos naturalmente pela síndrome cólica**. 2019. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/25787/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 23 set. 2020.

SOUTO, P. C.; FONSECA, L.; OROZCO, A.; LOPEZ, C.; ERMITA, P.; CARVALHO FILHO, W. P.; GIRARDI, F. M. Acute-phase proteins of healthy horses and horses naturally affected by colic syndrome. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 80, s.n., p. 1-4, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.06.002>>. Acesso em: 22 set. 2020.

SOUZA, J. A. **Cólica secundária a obstrução intraluminal de cólon menor de um equino**: relato de caso. 2019. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Medicina Veterinária) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/14923?locale=pt_BR> Acesso em: 23 set. 2020.

STELMANN, U. J. P.; AMORIM, R. M. Mieloencefalite protozoária equina. **Medicina Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 163-176, jul. 2010. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/140506>> Acesso em: 22 set. 2020.

STEWART, H. L.; SOUTHWOOD, L. L.; INDUGU, N.; VECCHIARELLI, B., ENGILES, J. B.; PITTA, D. Differences in the equine faecal microbiota between horses presenting to a tertiary referral hospital for colic compared with an elective surgical procedure. **Equine Veterinary Journal**, v. 51, n. 3, p. 336-342, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/evj.13010>>. Acesso em: 20 set. 2020.

TANNAHILL, V. J.; CARDWELL, J. M.; WITTE, T. H. Colic in the British military working horse population: a retrospective analysis. **The Veterinary Record**, v. 184, n. 1, p. 24, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1136/vr.104956>>. Acesso em: 26 out. 2020.

VAN LOON, J. P. A. M.; VAN DIERENDONCK, M. C. Colic surgery in horses: a retrospective study into short- and long-term survival rate, complication sander habilitation toward sporting activity. **Journal of Equine Veterinary Science**, local v. 90, s.n., 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0737080620301039>>. Acesso em: 20 set. 2020.

VAN LOON, J. P. A. M.; VAN DIERENDONCK, M. C. Objective pain assessment in horses (2014–2018). **The Veterinary Journal**, v. 242, s.n., p. 1-7, 2018. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1090023318306245>>. Acesso em: 15 set 2020.

VAN LOON, J.; VISSER, E.; DE MIK-VAN MOURIK, M.; KERBERT, P.; HUPPES, T.; MENKE, E. S. Colic surgery in horses: a retrospective study into short- and long-term survival rate, complications and rehabilitation toward sporting activity. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 90, p.103012, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2020.103012>>. Acesso em: 16 set. 2020.

VENABLE, E. B.; FENTON K. A.; BRANER, V. M.; REDDINGTON, C. E.; HALPIN, M. J.; HEITZ, S. A.; FRANCIS, J. M.; SWANSON, K. S. Effects of feeding management on the equine cecal microbiota. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 49, p.113-121, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0737080616304397>>. Acesso em: 16 set. 2020.

WORKU, Y.; WONDIMAGEGN, W.; AKLILU, N.; ASSEFA, Z.; GIZACHEW, A. Equine colic: clinical epidemiology and associated risk factors in and around Debre Zeit. **Tropical animal health and production**, local, v. 49, n. 5, p. 959-965, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11250-017-1283-y>>. Acesso em: 16 set. 2020.

WUTKE, S.; SANDOVAL-CASTELLANOS, E.; BENECKE, N. DÖHLE, H. J.; FRIEDERICH, S.; GONZALEZ, J.; HOFREITER, M. LÓUGAS, L.; MAGNELL, O.; MALASPINAS, A. S.; MORALES -MUÑIZ, A.; ORLANDO, L.; REISSMANN, M.; TRINKS, A.; LUDWIG, A. The origin of ambling horses. **Current biology**, v. 26, n. 1, p. R697-R699, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.07.001>>. Acesso em: 18 set. 2020.

CAPÍTULO 9

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA LENHA ECOLÓGICA DE CAPIM-ELEFANTE EM PÓS-ARMAZENAMENTO

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 16/11/2020

Camila Francielli Vieira Campos

Universidade Federal do Mato Grosso,
Faculdade de Agronomia e Zootecnia
Cuiabá - Mato Grosso
<http://lattes.cnpq.br/2393840477520301>

Ana Caroline de Sousa Barros

Centro Universitário de Várzea Grande
(UNIVAG)
Várzea Grande – Mato Grosso
<http://lattes.cnpq.br/0888483144515799>

Fernando Carvalho de Araújo

Faculdade de Ciências e Tecnologia de Unaí
Unaí – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/2004217835392099>

Mariana Moreira Lazzarotto Rebelatto

Universidade Federal do Mato Grosso,
Faculdade de Agronomia e Zootecnia
Cuiabá - Mato Grosso
<http://lattes.cnpq.br/1633121883201601>

Arielly Lima Padilha

Universidade Federal do Mato Grosso,
Faculdade de Agronomia e Zootecnia
Cuiabá - Mato Grosso
<http://lattes.cnpq.br/7357033019928816>

Raphaela Karoline Moraes Barbosa

Universidade Federal de Mato Grosso,
Faculdade de Agronomia e Zootecnia
Cuiabá – Mato Grosso
<http://lattes.cnpq.br/1732085993797617>

Júlia Maria Mello Becker

Universidade Católica Dom Bosco
Campo Grande – Mato Grosso do Sul
<http://lattes.cnpq.br/1647510786622256>

Danielle Beatriz de Lima Soares

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Campo Grande – Mato Grosso do Sul
<http://lattes.cnpq.br/8198061528865977>

Maiara da Silva Freitas

Instituto Federal de Educação Ciência e
Tecnologia de Rondônia
Colorado do Oeste – RO
<http://lattes.cnpq.br/4755405026352927>

Larissa Fernanda Andrade Souza

Centro Universitário de Várzea Grande
Várzea Grande – MT
<http://lattes.cnpq.br/9411345290777979>

Gabriella Alves Ramos

Universidade do Estado de Mato Grosso
Nova Xavantina
<http://lattes.cnpq.br/2421075016542977>

Brenda Wily Arguelho Pereira

Universidade Federal do Mato Grosso,
Faculdade de Agronomia e Zootecnia
Cuiabá - Mato Grosso
<http://lattes.cnpq.br/4801687335196876>

RESUMO: Com o crescimento da demanda de energia no âmbito mundial, a procura de fontes alternativas para as energias fósseis tornou-se uma questão crucial para o futuro do desenvolvimento econômico do mundo. Por ser uma espécie de alta produção de biomassa com

elevado percentual de fibra e lignina, o capim-elefante é uma excelente fonte alternativa de matéria-prima combustível para geração de energia. Desta maneira, objetivou-se avaliar a composição química da lenha ecológica de capim-elefante em pós-armazenamento. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com seis tratamentos (cultivares: Porto Rico, Mercker, Napier, Canará, Guaçu e Cameroon) e quatro repetições. A parcela experimental foi constituída de quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, com espaçamento entre fileiras de 1,0 m. A área útil foi constituída pelas duas linhas centrais, desprezando-se 1,0 m nas extremidades das linhas. As características avaliadas foram os teores de matéria seca (MS), fibra de detergente neutro (FDN), fibra de detergente ácido (FDA), celulose (CEL), hemicelulose (HEM). As cultivares Guaçu, Mercker e Canará obtiveram os maiores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido. As cultivares que apresentaram maiores teores de matéria seca na época das águas Porto Rico e Napier, indicando que obtém boa qualidade para serem carvoejadas.

PALAVRAS-CHAVE: biomassa; energia; *Pennisetum purpureum* SCHUM.

CHEMICAL COMPOSITION OF ECOLOGICAL WOOD OF ELEPHANT GRASS IN POST-STORAGE

ABSTRACT: With the growing demand for energy worldwide, the search for alternative sources for fossil energies has become a crucial issue for the future of the world's economic development. For being a species of high biomass production with a high percentage of fiber and lignin, elephant grass is an excellent alternative source of fuel raw material for energy generation. Thus, the objective was to evaluate the chemical composition of ecological elephant grass firewood in post-storage. The experimental design was in randomized blocks, with six treatments (cultivars: Porto Rico, Mercker, Napier, Canará, Guaçu and Cameroon) and four replications. The experimental plot consisted of four rows of 5.0 m long, with spacing between rows of 1.0 m. The useful area was made up of the two central lines, with 1.0 m being neglected at the ends of the lines. The evaluated characteristics were the contents of dry matter (DM), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (FDA), cellulose (CEL), hemicellulose (HEM). The cultivars Guaçu, Mercker and Canará obtained the largest fiber in neutral detergent and fiber in acid detergent. The cultivars that presented the highest dry matter content during the Puerto Rico and Napier waters, indicating that they obtain good quality to be charcoal.

KEYWORDS: biomass; energy; *Pennisetum purpureum* SCHUM.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil tem todas as características necessárias para aumentar ainda mais sua produção comercial de biomassa energética (QUESADA, 2005), como já ocorre com etanol, carvão vegetal e lenha, através de cultivos agrícolas, e o Bioma Cerrado surge como a principal fronteira agrícola para a expansão dessa produção.

Embora as principais biomassas utilizadas para geração de energia sejam residuais, os cultivos energéticos dedicados à biomassa, os quais visam à produção e o uso de

matérias-primas combustíveis para tal finalidade é uma alternativa complementar muito interessante.

Dentre estes cultivos merecem destaque: 1) florestas energéticas, principalmente o eucalipto, cujo sistema de produção é plenamente dominado Brasil; 2) gramíneas forrageiras perenes, tais como: cana energia (*Saccharum* spp.), capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), sorgo biomassa (*Sorghum bicolor*) e espécies dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria*, tendo em vista a sua facilidade de cultivo e colheita.

A cultura do capim-elefante vem sendo apontada como uma espécie com um imenso potencial energético, sendo muito superior à cana-de-açúcar. O capim-elefante possui características qualitativas favoráveis para uso na produção de energia como alto teor de fibra, alta relação C/N, alto poder calorífico e baixos teores de cinzas (FLORES, 2009).

O interesse energético por essa cultura foi recentemente despertado pela sua alta produtividade. A biomassa do capim-elefante pode ser utilizada para queima direta, gaseificação e produção de carvão vegetal, com rendimentos de energia diferenciada para cada uso. Este capim, quando adequadamente cultivado pode produzir ao redor de 30 t MS/ha/ano, competindo assim, com o eucalipto que produz em média de 19 t MS/ha/ano (SANTANA et al., 2002).

Desta forma, objetivou-se determinar a composição química da lenha ecológica de capim-elefante em pós-armazenamento.

2 | METODOLOGIA

O experimento está instalado em área do Campo Experimental da Empresa Mato-grossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural (EMPAER), em Cáceres- MT (16°09'02": Latitude Sul; 57°38'07": Longitude Oeste; altitude de 157 m). O clima no município, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw.

O preparo da área e calagem ocorreu no mês de setembro de 2015. A adubação e o plantio foram realizados no mês de outubro de 2015. O plantio dos colmos foi realizado em sistema de "pé-com-ponta" sendo as mudas deitadas e recobertas com terra, utilizando-se o espaçamento de 1,00 m entre sulcos.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com seis tratamentos (cultivares) e quatro repetições. As cultivares avaliadas foram Mercker, Napier, Canará, Guaçu, Porto Rico e Cameroon. A parcela experimental foi constituída de quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 1,0 m.

As características avaliadas na lenha ecológica de capim-elefante em pós-armazenamento foram os teores de matéria seca (MS), fibra de detergente neutro (FDN), fibra de detergente ácido (FDA), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e lignina (LIG) conforme Rodrigues (2010).

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e teste de agrupamento

de médias de Scotto-Knott, conforme metodologia de Banzato e Kronka (1992).

3 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

As cultivares analisadas no período da seca não apresentaram diferença estatística com relação aos teores de MS e de hemicelulose (Tabela 1). As cultivares que obtiveram teores acima da média (37,53%) no período da seca foram Porto Rico, Napier, Canará.

Uma característica importante a ser analisada, para saber a viabilidade de se produzir carvão vegetal a partir de capim elefante, é o seu teor de fibra, e dentro deste, o teor de hemicelulose. Dentro dos cultivares, as que apresentaram teor de hemicelulose acima da média (21,50%) na época da seca foram: Porto Rico, Napier, Mercker (Tabela 1).

Cultivares	MS (%)	HEM (%)	FDN (%)	FDA (%)
Guaçu	37,46 a	19,83 a	72,66 a	54,00 a
Porto rico	38,39 a	22,92 a	69,00 b	46,67 b
Napier	38,53 a	20,70 a	70,00 b	50,00 b
Cameroon	35,32 a	21,63 a	70,33 b	49,33 b
Mercker	34,13 a	22,67 a	75,00 a	52,67 a
Canará	41,35 a	21,25 a	71,67 a	52,67 a
CV (%)	7,75	4,84	3,47	5,70
Média	37,53	21,50	71,44	51,00

Tabela 1. Teores de matéria seca (MS), hemicelulose (HEM), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra de detergente ácido (FDA) dos cultivares de capim-elefante em pós-armazenamento para produção de energia na seca.

Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de agrupamento de Scott-Knott.

Verificaram-se diferenças significativas entre os cultivares para os teores de FDN e FDA na época da seca. Os cultivares que apresentaram maior teor de FDN foram: Guaçu, Mercker e Canará (Tabela 1). Magalhães et al. (2009), estudando o efeito de doses de nitrogênio em três genótipos de capim elefante, observaram teores médios de FDN em torno de 70%, bem próximos aos obtidos no presente trabalho.

As cultivares Guaçu, Napier, Mercker e Canará obtiveram os maiores de FDA. Quesada et al. (2005) encontraram teores de FDA de 44,07% (folhas) e 53,44% (colmo) em genótipos de capim elefante aos seis meses de idade e afirmam que a partir dessa idade as plantas de capim elefante nunca apresentaram teores de FDA inferiores a 50%. Teores de fibra acima de 52% indicam a boa qualidade desses materiais para serem carvoejados (QUESADA, 2005).

Não houve diferença estatística entre os cultivares com relação aos teores de Hemicelulose, FDN e FDA na época das águas (Tabela 2). Por outro lado, as cultivares que

apresentaram maiores teores de MS foram Porto Rico e Napier (Tabela 2). Isto indica que estas cultivares tem uma boa qualidade para serem carvoejadas.

Cultivares	MS (%)	HEM (%)	FDN (%)	FDA (%)
Guaçu	32,13 b	25,95 a	78,52 a	52,56 a
Porto Rico	40,53 a	24,82 a	76,75 a	51,93 a
Napier	42,53 a	30,09 a	81,23 a	51,14 a
Cameroon	34,93 b	24,55 a	75,90 a	51,34 a
Mercker	36,37 b	22,44 a	76,52 a	54,08 a
Canará	36,80 b	23,02 a	76,56 a	53,54 a
CV (%)	7,61	24,24	6,63	4,52
Média	37,21	25,14	77,58	52,43

Tabela 2 – Teores de matéria seca (MS), hemicelulose (HEM), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra de detergente ácido (FDA) dos cultivares de capim-elefante em pós-armazenamento para produção de energia na época das águas.

Médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Scott-Knott.

Altos teores de fibra aliados com elevada produção de biomassa seca (em torno de 40 t/ha em apenas seis meses de cultivo), vêm corroborar a capacidade que os materiais de capim-elefante estudados tem para produção energética, na substituição do carvão mineral ou outras fontes tradicionais de energia (carvão vegetal, gás, lenha, etc.) (QUESADA, 2005).

4 | CONCLUSÃO

As cultivares Guaçu, Mercker e Canará obtiveram os maiores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido.

As cultivares que apresentaram maiores teores de matéria seca na época das águas Porto Rico e Napier, indicando que obtêm boa qualidade para serem carvoejadas.

REFERÊNCIAS

BANZATO, D.A.; KRONKA, S. do N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: Funep, 2006. 237p.

FERREIRA, R. P.; PEREIRA, A. V. Melhoramento de forrageiras. In: Borém, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 2005, p.781-812.

FLORES R. A. **Produção de capim elefante para fins energéticos no cerrado: resposta a adubação nitrogenada e idade de corte**. 2009. 66f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal rural do Rio de Janeiro, 2009.

MAGALHÃES, J. A.; RODRIGUES, B. H. N.; CARNEIRO, M. S. S.; ANDRADE, A. C.; COSTA, N. L.; PINTO, M. S. C.; FILHO, W. J. E. M. **Influencia da adubação nitrogenada e da idade de corte sobre os teores de proteína bruta e fibra em detergente neutro de três cultivares de capim elefante.** Revista Eletrônica de Veterinária, v. 10, n. 4, 2009.

MORAIS, R. F.; SOUZA, B. J.; LEITE, J. M.; SOARES, L. H. B.; ALVES, J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. **Elephant grass genotypes for bioenergy production by direct biomass combustion.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.44, n.2, p.133-144, 2009.

PATERLINI, E. M.; ARANTES, M. D. C.; GONÇALVES, F. G.; VIDAURE, G. B.; BAUER, M. O.; MOULIN, J. C. **Evaluation of elephant grass for energy use.** Journal of Biotechnology and Biodiversity, v.4, n.2, p.119-125, 2013. . 25 Ago. 2013.

QUESADA, D. M. **Seleção de genótipos de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) para a alta produção de biomassa e eficiência da fixação biológica de nitrogênio (FBN).** 2001. 140 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

QUESADA, D. M. **Parâmetros quantitativos e qualitativos da biomassa de diferentes genótipos capim elefante para produção de agroenergéticos.** Tese de Doutorado, UFRRJ, 2005, 65p.

QUIRINO, W. F.; VALE, A. T.; ANDRADE, A. P. A.; ABREU, V. L. S.; AZEVEDO, A. C. S. **Poder calorífico da madeira e de materiais lignocelulósicos.** Revista da Madeira, São Carlos, n. 89, p. 100-106, 2005.

RODRIGUES, R. C. **Métodos de análises bromatológicas de alimentos: métodos físicos, químicos e bromatológicos.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 177 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 306.)

SAMSON, R.; MANI, S.; BODDEY, R.; SOKHANSANJ, S.; QUESADA, D.; URQUIAGA, S; REIS, V.; HO LEM, C. **The potential of C4 perennial grasses for developing a global BIOHEAT industry.** Critical Reviews in Plant Sciences, Chicago, v.24, p.461-495, 2005.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. **Eficiência de utilização de nutrientes e sustentabilidade da produção em procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sítios florestais do estado de São Paulo.** Revista Árvore, v.26, n.4, p.447-457, 2002.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos).** Viçosa: Editora UFV, 2002. 235p.

VIDEIRA, S. S.; OLIVEIRA, D. M.; MORAIS, R. F.; BORGES, W. L.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I. **Genetic diversity and plant growth promoting traits of diazotrophic bacteria isolated from two *Pennisetum purpureum* Schum. genotypes grown in the field.** Plant and Soil, v.356, n.1-2, p.51-66, 2012.

DESEMPENHO DO TOMATE CEREJA SOB DIFERENTES TAXAS DE REPOSIÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO E TIPOS DE ADUBAÇÃO

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 16/11/2020

Rigoberto Moreira de Matos

Universidade Federal de Campina Grande
Campina Grande – Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/9976807429777592>

Patrícia Ferreira da Silva

Universidade Federal de Campina Grande
Campina Grande – Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/8146309314429987>

Vitória Ediclécia Borges

Universidade Federal de Campina Grande
Campina Grande – Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/9270575826636578>

Raucha Carolina de Oliveira

Universidade Federal de Campina Grande
Campina Grande – Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/5715119322580975>

Semako Ibrahim Bonou

Universidade Federal de Campina Grande
Campina Grande – Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/0278611065117108>

Luciano Marcelo Fallé Saboya

Universidade Federal de Campina Grande
Campina Grande – Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/8256662708310428>

José Dantas Neto

Universidade Federal de Campina Grande
Campina Grande – Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/9137226205129315>

RESUMO: O manejo adequado da lâmina de irrigação e do tipo de adubação são fundamentais para o desenvolvimento do tomateiro. Objetivou-se com este estudo avaliar o desempenho do tomate cereja sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração da cultura e tipos de adubação em ambiente protegido. O experimento foi conduzido em casa de vegetação. O delineamento experimental foi em blocos casualizados e esquema fatorial 5 x 3, com cinco repetições. Os fatores estudados consistiram de cinco taxas de reposição da evapotranspiração da cultura (70; 85; 100; 115 e 130% da ETc) e três tipos de adubação (Solo sem adubação (testemunha), adubado com NPK e adubado com húmus de minhoca). O volume de água para reposição das perdas por ETc foi estimado com auxílio de um mini tanque e o sistema de irrigação por gotejamento. Avaliaram-se aos 12, 36, 60, 84, 108 e 120 dias após o transplante, as variáveis de crescimento e produção do tomateiro cereja. O crescimento do tomateiro cereja vermelho foi influenciado tanto pelas diferentes taxas de reposição da evapotranspiração como pelos tipos de adubação. A adubação orgânica associada à taxa de reposição da ETc de 100% resultou em maiores taxas de crescimento absoluto e relativo da área foliar. As plantas irrigadas com taxa de reposição de 130% da ETc e fertilizadas com adubo orgânico resultou em maior acúmulo de fitomassa. A área foliar influenciou positivamente na produção de frutos do tomateiro cereja vermelho quando correlacionadas.

PALAVRAS - CHAVE: *Cerasifome*, irrigação, fertilização, ambiente protegido.

PERFORMANCE OF CHERRY TOMATO UNDER DIFFERENT EVAPOTRANSPIRATION REPLACEMENT RATES AND TYPES OF FERTILIZATION

ABSTRACT: The proper management of the irrigation blade and the type of fertilization are essential for the development of the tomato. The objective of this study was to evaluate the performance of cherry tomatoes under different rates of crop evapotranspiration replacement and types of fertilization in a protected environment. The experiment was conducted in a greenhouse. The experimental design was in randomized blocks and a 5 x 3 factorial scheme, with five replications. The studied factors consisted of five crop evapotranspiration replacement rates (70; 85; 100; 115 and 130% of ETc) and three types of fertilization (Soil without fertilization (control), fertilized with NPK and fertilized with earthworm humus). The volume of water for replacement of losses by ETc was estimated with the aid of a mini tank and the drip irrigation system. The variables of growth and production of cherry tomatoes were evaluated at 12, 36, 60, 84, 108 and 120 days after transplanting. The growth of red cherry tomatoes was influenced both by the different replacement rates of evapotranspiration and by the types of fertilization. Organic fertilization associated with a 100% ETc replacement rate resulted in higher rates of absolute and relative leaf area growth. Plants irrigated with a replacement rate of 130% of ETc and fertilized with organic fertilizer resulted in greater accumulation of phytomass. The leaf area had a positive influence on the production of red cherry tomato fruits when correlated.

KEYWORDS: *Cerasifome*, irrigation, fertilization, protected environment.

1 | INTRODUÇÃO

O tomateiro é considerado uma das hortaliças de maior relevância econômica, no Brasil e no mundo, haja vista sua produção anual ser, no Brasil, de aproximadamente 3,4 milhões de toneladas numa área plantada em torno de 63.000 ha, com produção média superior a 62.000 kg ha⁻¹ (IBGE, 2015). Para Alves et al. (2009) além do valor econômico da produção o agronegócio do tomateiro gera empregos e renda diretos e indiretos para milhares de trabalhadores tanto no campo quanto nas cidades, posicionando o cultivo de tomate como uma das atividades agrícolas de maior importância socioeconômica no Brasil.

O tomate tipo cereja (*Lycopersicon esculentum var. Cerasifome*) tem elevada aceitação no mercado consumidor com crescente demanda pelos produtores devido aos valores compensadores e por apresentar elevado lucro de mercado uma vez que possui boa rusticidade, tolerância a pragas e doenças e elevada produtividade (MAIA et al., 2013; MEDEIROS et al., 2011; SILVA et al., 2011). Tal como maior tempo de prateleira dos frutos de aproximadamente 18 dias após a colheita, podendo ser cultivado em pequenas áreas atingindo altas produtividades com excelente retorno financeiro.

Para se obter bons rendimentos e, conseqüentemente, retorno econômico com o tomate tipo cereja, é imprescindível a adoção de novas tecnologias destacando-se, entre elas o manejo adequado da nutrição mineral, fornecimento de água e o cultivo em ambiente

protegido (SILVA et al., 2013). A utilização de adubo tanto orgânico quanto químico tem rendido ótimas produções e quando ministradas, a cultura, de acordo com a marcha de sua absorção, auxilia na redução dos custos da produção de hortaliças (FILGUEIRA, 2008).

De acordo com Santana et al. (2009; 2010), o déficit hídrico é responsável por afetar a produção do tomateiro, visto que responde negativamente tanto ao excesso de umidade quanto ao déficit hídrico. Soares et al. (2013) afirmam que a evapotranspiração da cultura do tomate excede a precipitação pluvial; assim, a distribuição de água através da tecnologia da irrigação é uma garantia para se produzir como planejado sem que a falta de precipitação altere os índices de produtividade e de rentabilidade previamente estabelecidos.

A utilização da tecnologia de cultivo em ambiente protegido proporciona melhores acomodações para as plantas, sobretudo no que diz respeito aos fatores climáticos indesejáveis, contribuindo para a redução dos riscos do cultivo do tomate possibilitando a produção de frutos de qualidade em épocas não favoráveis à condução de plantio em condições de campo (ALVARENGA, 2004).

Dada à relevância da temática, objetivou-se com este estudo avaliar o desempenho do tomate cereja sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração da cultura e tipos de adubação em ambiente protegido.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de junho a outubro de 2014 em casa de vegetação pertencente à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) posicionada nas seguintes coordenadas geográficas 7° 15' 18" Sul, 35° 52' 40" Oeste e altitude média de 551 m. O solo utilizado na pesquisa foi classificado como de textura franco - arenosa.

Os tratamentos estudados se compunham pela combinação de dois fatores, cinco taxas de reposição de água no solo aplicadas com base na evapotranspiração da cultura (70, 85, 100 (testemunha), 115 e 130% da ETc) e três tipos de adubação (solo sem adubação (testemunha), solo adubado com NPK (mineral) e solo adubado com húmus de minhoca (orgânica)).

Nos tratamentos com adubação mineral foram aplicados, na fundação 0,306 g de N; 2,70 g de P; 1,68 g de K por parcela, sendo a adubação fosfatada aplicada toda na fundação; nas parcelas com adubação orgânica foi aplicado, na fundação, 0,8 L de húmus por parcela experimental.

O restante da adubação recomendada foi parcelado em quatro doses aos 15, 30, 45 e 60 dias após o transplantio (DAT), com as seguintes doses: 1,09 g de N e 1,68 g de K por parcela na adubação mineral, enquanto na adubação de cobertura orgânica foi aplicado 0,8 L de húmus por parcela.

Os tratamentos com fertilização química a adubação foi realizada com base na

recomendação da análise de solo, o dobro do recomendado por Novais et al. (1991). Utilizaram-se como fontes de NPK, a ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio.

Nos tratamentos com adubação orgânica foi aplicado o total de 4,0 L de húmus de minhoca dissolvido em água para cada parcela, o que correspondeu a 20% do volume do vaso utilizado, o dobro do recomendado por (OLIVEIRA et al., 2011; MAIA et al., 2013).

Adotou-se o delineamento estatístico em blocos casualizados (DBC), com cinco repetições, de modo que os fatores estudados foram arrançados em esquema fatorial 5 x 3. Os 15 tratamentos foram dispostos em 75 parcelas, ou seja, 75 vasos de 22,5 L espaçados 0,5 m entre plantas e 1,0 m entre linhas, em que cada unidade experimental foi composta de um vaso com um dreno na parte inferior, contendo uma camada de dois cm de brita nº 1, recoberta com manta geotêxtil para facilitar a drenagem; os vasos foram completados com cerca de 22,0 kg de solo.

A cultivar de tomate utilizado foi a Cereja Vermelho de crescimento indeterminado, com frutos em formato globular, de coloração vermelha e pesando entre 18 a 25 g, além de possuir elevada produção, doçura e ácidos adequados para o consumo; e resistente a muitas pragas, principalmente a nematoides.

As mudas foram produzidas em bandejas de polietileno expandidas de 128 células, preenchidas com substrato comercial Plantmax® utilizando-se duas sementes por célula. O transplântio foi realizado com duas mudas por vaso, quando apresentavam quatro folhas definitivas, o que ocorreu por volta dos 25 dias após a semeadura.

A irrigação foi diariamente às quatro horas da tarde por gotejamento superficial contendo um emissor por planta e água utilizada na irrigação proveniente de água da chuva. A mangueira gotejadora utilizada no experimento é da Rain Bird™, modelo XFS 0612500 autocompensante, com espaçamento entre gotejadores de 0,30 m e pressão recomendada para funcionamento, segundo o fabricante, varia de 60 a 420 kPa.

O sistema de pressurização utilizado no experimento constou de um conjunto moto bomba centrífuga modelo IBD 35 com potência de 0,5 cv e capacidade de vazão de 2.160 L h⁻¹. A operação de funcionamento da bomba, quanto ao horário de início e término de cada tempo de irrigação, foi realizada através de um painel digital Rain Bird™. Cada cabeçal de controle estava composto por filtro de tela de 1", com capacidade para 5,0 m³ h⁻¹ de vazão para prevenção de entupimento dos tubos gotejadores e 1 manômetro do tipo Bourdon, além de válvulas reguladoras de pressão/vazão e eletroválvulas para acionamento de cada unidade operacional.

O manejo da irrigação foi através de um mini tanque instalado no interior da casa de vegetação, e as leituras realizadas diariamente. A partir dos dados da evapotranspiração de referência (ET₀) e o coeficiente de cultivo da cultura (Kc) determinou-se a evapotranspiração da cultura (ETc). Mantendo a umidade do solo próxima da capacidade de campo durante o ciclo da cultura.

Em função do tomateiro ser uma planta de hastes herbáceas e flexíveis, foi realizado

o tutoramento através de barbantes mantendo a planta ereta na vertical, para evitar seu contato com o solo, de forma a reduzir os problemas fitossanitários. Os brotos laterais que crescem nas axilas das folhas foram podados quando ainda estavam pequenos, e interfere no vigor vegetativa das plantas aumentando o consumo de nutrientes, o que contribui para a obtenção de frutos de melhor qualidade. Realizou-se controle fitossanitário para prevenir o aparecimento e a proliferação de pragas e doenças.

Determinaram-se as taxas de crescimento absoluto e relativo da área foliar aos 12, 36, 60, 84 e 108 dias após o transplantio (DAT), conforme a metodologia proposta por Benincasa (2003).

A fitomassa fresca da parte aérea foi obtida pesando-se imediatamente a parte aérea da planta logo após a colheita, em balança de precisão de 0,01 g, aos 120 dias após o transplantio.

Para obtenção da fitomassa seca da parte aérea, adicionou-se a fitomassa fresca em embalagens de papel Kraft, devidamente identificadas e secadas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até atingir peso constante, durante 96 horas; após completamente secas foram pesadas em balança analítica, com precisão de 0,01 g, aos 120 DAT.

Realizaram-se, aos 120 dias após o transplantio, correlação por meio de regressão e Pearson entre a área foliar (AF) e o peso de frutos por planta (PFP) e entre a área foliar e o número de flores abortadas por planta (NFAP).

Os resultados foram submetidas à análise de variância pelo teste F, em nível de 1 e 5% de probabilidade. As variáveis significativas foram submetidas à regressão polinomial (linear e quadrática), para o fator quantitativo taxas de reposição da evapotranspiração da cultura. Para o fator qualitativo tipos de adubação, foi aplicado o teste de Tukey para comparação de médias, com auxílio do software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2008).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias referentes à taxa de crescimento absoluto da área foliar (TCAAF) do tomateiro cereja em função das taxas de reposição da evapotranspiração da cultura dentro de cada tipo de adubação utilizados no experimento, aos 12, 36, 60, 84 e 108 dias após o transplantio, se acham na Figura 1A, B e C.

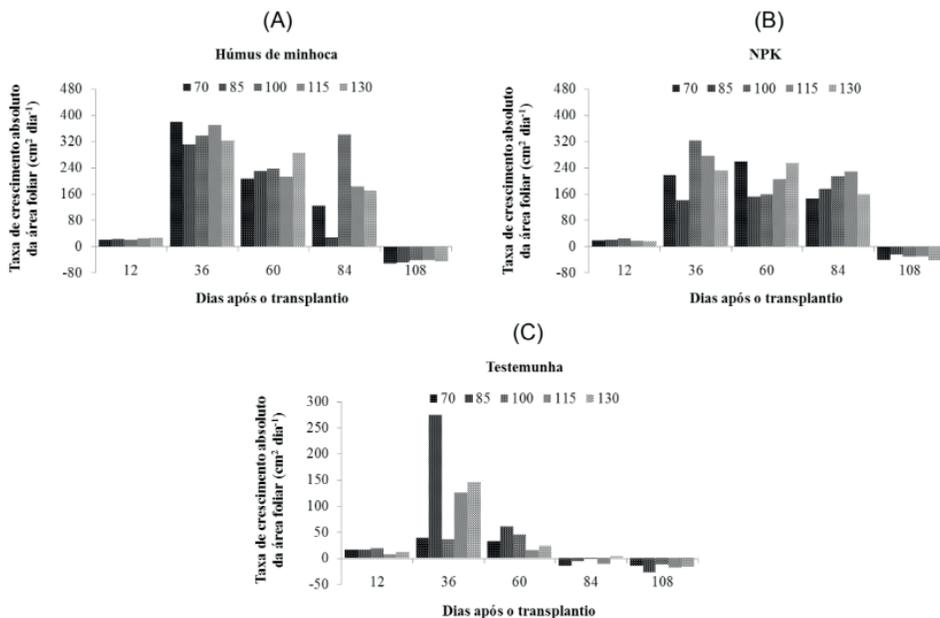


Figura 1. Médias referentes à taxa de crescimento absoluto da área foliar (TCAA) em função das taxas de reposição da evapotranspiração da cultura dentro de cada tipo de adubação, húmus de minhoca (A), NPK (B) e testemunha (C).

A taxa de crescimento absoluto inicial foi lento aos 12 DAT e crescente no intervalo de 12 a 36 DAT, reduzindo-se a partir desta época; em todos os tipos de adubação utilizados. Esta redução possivelmente deve ser em função do aumento da área foliar das plantas, até o estágio de desenvolvimento em que o autossombreamento das folhas promoveu o declínio (LOPES et al., 2011).

A taxa de reposição da ETc de 100% foi a que evidenciou a maior média de 180,2 $\text{cm}^2 \text{dia}^{-1}$ dos 12 aos 108 DAT, nas plantas adubadas com húmus, Figura 1A. Para as plantas cultivadas com NPK, observou-se maior TCAA na reposição de 115% da ETc, com média de 140,0 $\text{cm}^2 \text{dia}^{-1}$, Figura 1B. O tratamento testemunha, juntamente com a taxa de reposição de 85%, proporcionou a maior TCAA tanto aos 36 DAT quanto a média geral dos 12 aos 84 dias após o transplantio (Figura 1). A média geral de crescimento absoluto em cada tipo de adubação foi de 145,6, 123,5 e 29,8 $\text{cm}^2 \text{dia}^{-1}$, respectivamente, para o húmus de minhoca, NPK e testemunha.

Martinazzo et al. (2015) observaram, ao analisar o crescimento e a partição de assimilados em plantas de tomateiro cv. Micro-Tom submetidas ao nitrogênio e piraclostrobina, que no início as plantas de tomateiro tiveram elevada taxa de crescimento, com posterior decréscimo ao longo do ciclo, independente do tipo de adubação utilizado, fato este que coincide com o observado neste trabalho.

As médias da taxa de crescimento relativo da área foliar (TCRAF) do tomateiro cereja em função das taxas de reposição da evapotranspiração da cultura (ETc) dentro de cada tipo de adubação (TA) aos 12, 36, 60, 84 e 108 dias após o transplante, se encontram na Figura 2A, B e C.

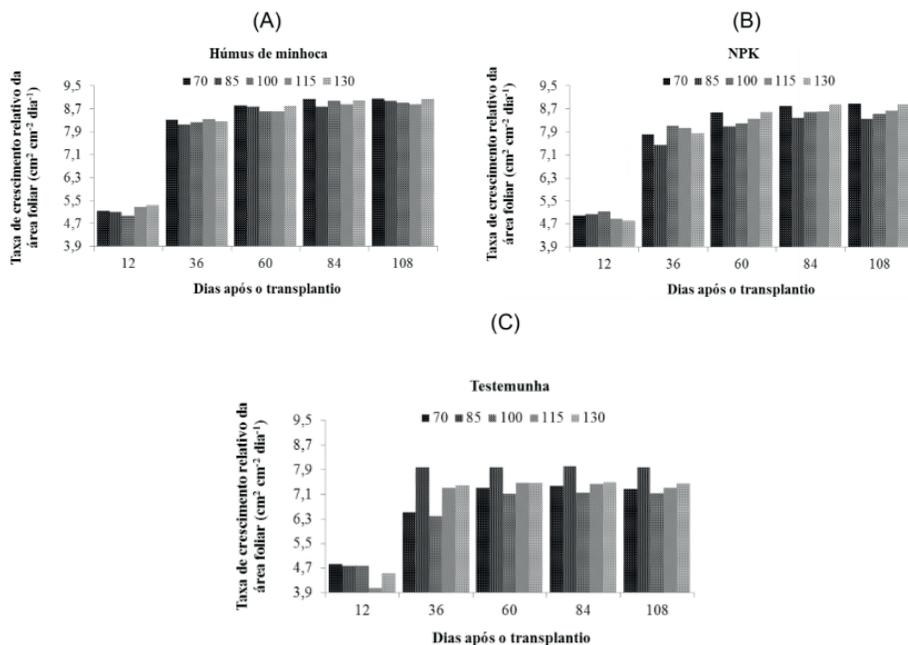


Figura 2. Médias referentes à taxa de crescimento relativo da área foliar (TCRAF) em função das taxas de reposição da evapotranspiração da cultura dentro de cada tipo de adubação, húmus de minhoca (A), NPK (B) e testemunha (C).

Os tratamentos com húmus de minhoca, juntamente com as taxas de reposição da ETc de 130 e 70%, produziram as maiores TCRAF, com médias de 8,08 e 8,07 $\text{cm}^2 \text{cm}^{-2} \text{dia}^{-1}$, respectivamente; o mesmo ocorreu nas plantas adubadas com fertilizante químico NPK; para as plantas não adubadas (testemunha), a reposição de 85% da ETc foi a que mais influenciou o crescimento da TCRAF, com média de 7,33 $\text{cm}^2 \text{cm}^{-2} \text{dia}^{-1}$ o crescimento relativo em área foliar obteve média geral de 8,01; 7,70 e 6,82 $\text{cm}^2 \text{cm}^{-2} \text{dia}^{-1}$, respectivamente, para o húmus, NPK e testemunha.

A taxa de crescimento relativo da área foliar é influenciada de forma significativa pelos tipos de adubação, sendo que adubos ricos em nitrogênio quando fornecidos às culturas, atuam nos processos fisiológicos das plantas (FERREIRA et al., 2003).

Brito et al. (2015) relatam que quando submetidos a uma taxa elevada de reposição de água, vários processos relacionados ao metabolismo da planta do tomate são influenciadas

com o aumento na TCA. Para Portes et al. (2006) este fato ocorre principalmente quando se estuda a taxa de crescimento relativo, uma vez que esta reflete a eficiência da planta em converter assimilados em novos tecidos, a partir dos já existentes.

O resumo da análise de variância para a fitomassa fresca da parte aérea (FFPA) e seca da parte aérea (FSPA) de tomateiro cereja em função de diferentes taxas de reposição da evapotranspiração da cultura e tipos de adubação aos 120 dias após o transplântio (DAT) se encontra na Tabela 1.

Fonte de variação	G.L	----- Quadrado médio -----	
		Fitomassa fresca da parte aérea	Fitomassa seca da parte aérea
(g planta ⁻¹)			
ETc	4	28763,01**	3821,32**
Linear	1	73071,56**	10366,72**
Quadrática	1	36661,71*	9,13 ^{ns}
TA	2	2454172,38**	56340,97**
ETc x TA	8	22290,17**	1143,37**
Bloco	4	1384,63	200,05
Erro	56	6471,17	263,09
C.V (%)	-	15,94	16,51
Méd. geral	-	504,75	98,25

Tabela 1. Resumo da análise de variância para a fitomassa fresca da parte aérea (FFPA) e seca da parte aérea (FSPA) do cultivo de tomateiro cereja em função da evapotranspiração da cultura e tipos de adubação aos 120 dias após o transplântio.

^{ns} - Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; *, ** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F.

Houve efeito significativo da interação entre os fatores estudados em nível de 1% de probabilidade pelo teste F, sobre as duas variáveis analisadas em que a interação entre as taxas de reposição da ETc com o tipo de adubação testemunha, não foi significativa para nenhuma das regressões utilizadas, em nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

Soares et al. (2012) não observaram influência da lâmina de irrigação na fitomassa fresca e seca da parte aérea de tomateiro mas relatam que as menores médias foram observadas em plantas irrigadas com as menores lâminas de irrigação na fase de floração, significando que esta é uma fase crítica para a cultura, resultado que difere do encontrado no presente estudo visto que a taxa de reposição da evapotranspiração da cultura influenciou, de forma significativa, a fitomassa na avaliação realizada aos 120 dias após o transplântio, representando a fase de colheita dos frutos.

O desdobramento da interação entre os fatores estudados para a fitomassa fresca da parte aérea do tomateiro cereja aos 120 dias após o transplântio se encontra na Figura 3.

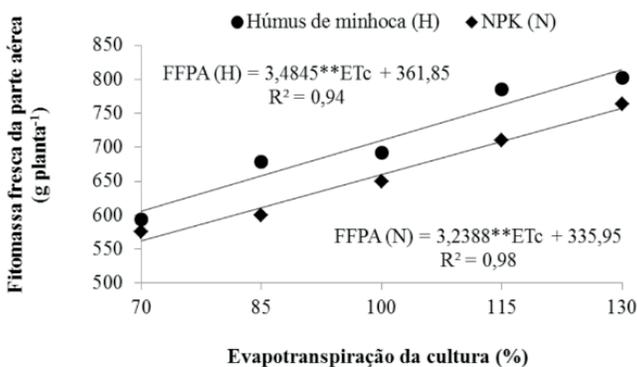


Figura 3. Desdobramento da interação para a fitomassa fresca da parte aérea do tomateiro cereja em função das taxas de reposição da evapotranspiração da cultura e dos tipos de adubação húmus de minhoca e NPK aos 120 dias após o transplantio.

O modelo matemático que melhor se ajustou à variável fitomassa fresca da parte aérea em função da interação com húmus de minhoca foi o linear. Nota-se que a maior fitomassa fresca foi verificada nas plantas irrigadas com a reposição da ETc de 130%, cerca de 814, 85 g planta⁻¹, o que proporcionou um incremento de 25,65% em relação à menor taxa de reposição 70%.

As médias referentes à interação ETc x NPK, demonstraram que as plantas que receberam 130% da ETc, produziram maior quantidade de fitomassa fresca da parte aérea, com média de 756,99 g planta⁻¹, o que proporcionou acúmulo de 48,58, 97,16, 145,75 e 194,33 g planta⁻¹ a mais em relação às taxas de reposições de 115, 100, 85 e 70% da ETc.

Verificou-se ainda que, para o mesmo nível de reposição hídrica 130% da ETc, o húmus de minhoca evidenciou 51,94 g planta⁻¹ (6,42%) a mais em relação ao tratamento com NPK sobre a fitomassa fresca da parte aérea. Observou-se que a cada 1% de aumento na taxa de reposição da ETc, houve incremento na fitomassa fresca da parte aérea das plantas adubadas com húmus de 3,48 g planta⁻¹ e com NPK um incremento de 3,23 g planta⁻¹.

Este incremento na fitomassa fresca da parte aérea do tomateiro cereja é esperado nas maiores taxas de reposição da evapotranspiração já que a elevada disponibilidade hídrica no solo promoveu o aumento na área foliar, na transpiração e na taxa fotossintética; consequentemente no acúmulo de fitomassa (TAIZ & ZEIGER, 2013). Segundo Bergamaschi et al. (2004) quando a planta passa por estresse hídrico ocorre redução da área foliar por secamento ou mesmo queda das folhas, resultando em queda da fotossíntese total que, por sua vez, reduz a produção de fitomassa.

Para Taiz & Zeiger (2013) o ganho em fitomassa fresca em função da ETc nas culturas ocorre em decorrência do aumento do potencial hídrico celular que contribui

para o incremento da pressão ou potencial de turgescência, que auxilia na expansão do protoplasto contra a parede celular aumentando o tamanho da célula; e, usando assim, o produto da fotossíntese para converter CO_2 .

Ressalta-se que este fato pode ter sido influenciado pela quantidade de nitrogênio presente no húmus de minhoca prontamente assimilável pelas plantas; para Oliveira et al. (2012) a adubação nitrogenada é um dos fatores de grande relevância na produção de todas as culturas e desempenha papel significativo no crescimento das plantas, tendo em vista que o nitrogênio é considerado elemento indispensável para várias funções vitais das plantas.

As médias do desdobramento da interação entre os fatores estudados para a fitomassa seca da parte aérea do tomate cereja se encontra na Figura 4.

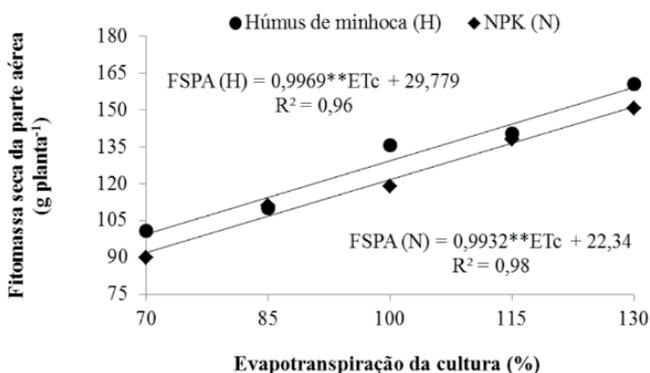


Figura 4. Desdobramento da interação para a fitomassa seca da parte aérea do tomateiro cereja em função das taxas de reposição da evapotranspiração da cultura e dos tipos de adubação húmus de minhoca e NPK, aos 120 dias após o transplantio.

Por meio da equação de regressão obtida para a interação $ETc \times$ húmus de minhoca verificou-se que a fitomassa seca da parte aérea do tomate cereja aumentou com o acréscimo na taxa de reposição da ETc , com maior média de $159,37 \text{ g planta}^{-1}$ constatada na ETc de 130% e menor média ($99,56 \text{ g planta}^{-1}$) na reposição de 70% da ETc , com uma diferença de $59,81 \text{ g planta}^{-1}$ (37,52%) entre a maior e menor taxa de reposição.

A maior fitomassa seca das plantas para a interação $ETc \times$ NPK foi obtida na taxa de reposição da ETc de 130%, cerca de $59,59 \text{ g planta}^{-1}$ a mais em relação à menor média constatada na reposição de 70% da evapotranspiração da cultura; o incremento foi de $0,99 \text{ g planta}^{-1}$ por cada 1% de aumento na taxa de reposição da ETc .

Nota-se ainda que a adubação com húmus de minhoca obteve valores superiores aos da adubação com NPK para as mesmas taxas de reposição da evapotranspiração da cultura sendo que na ETc de 130% \times húmus as plantas produziram $7,92 \text{ g planta}^{-1}$ de

fitomassa seca da parte aérea a mais em relação ao tratamento 130% da ETc x NPK, fato que, possivelmente, está associado à maior retenção da disponibilidade hídrica proporcionada pelo tratamento com húmus de minhoca além de ser um adubo completo rico em macro e micronutrientes essenciais às plantas.

Comportamento similar foi obtido por Brito et al. (2015) constatando, na fase de floração maior acúmulo em massa de folhas (162,73 e 174,36 g planta⁻¹) com as lâminas estimadas de 102 e 97% da ET_r, respectivamente; já Silva et al. (2014) também relatam que os maiores valores de fitomassa seca de parte aérea foram obtidos na maior taxa de reposição hídrica (150% da ET_o), verificando incrementos de 70% para MSPA em relação aos resultados encontrados com a lâmina de 50% da ET_o, indicando ganho médio de 16,84 g em cada unidade acrescida da irrigação (25% na ET_o).

Segundo Malavolta et al. (1997) a produção de fitomassa seca está associado diretamente à taxa de reposição da evapotranspiração das culturas, o que reafirma o ocorrido neste experimento visto que, à medida que se aumentou a ET_c, verificou-se acréscimo sobre a fitomassa seca da parte aérea. Godoy et al. (2007) relatam que os substratos orgânicos compostos por húmus de minhoca favorecem a produção de fitomassa seca da parte aérea, visto que o húmus melhora a estrutura do solo, favorece a aeração e absorção de água e nutriente prontamente assimiláveis.

A correlação entre o peso de frutos e a área foliar aos 120 dias após o transplântio, se encontra na Figura 5A; nota-se, que na medida em que se aumentou a área foliar das plantas de tomateiro cereja, houve incremento positivo no peso de frutos.

Para o número de flores abortadas por planta, quando se aumentou a área foliar da planta não houve incremento significativo na quantidade de flores abortadas; assim, o número de flores abortadas por planta não é dependente da área foliar da planta, Figura 5B.

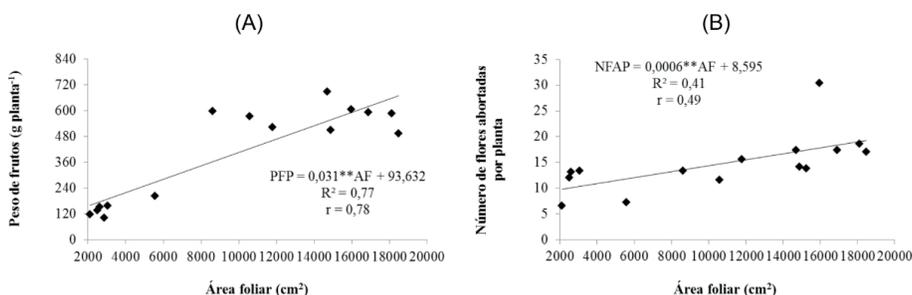


Figura 5. Correlação entre o peso de frutos por planta em função da área foliar (A) e entre o número de flores abortadas por planta em função da área foliar (B).

Para Favarin et al. (2002) a importância da área foliar de uma cultura é amplamente conhecida por se tratar de um parâmetro indicativo de produtividade, visto que o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e posterior conversão em energia química. Deste modo, a eficiência fotossintética das plantas é fator dependente da taxa fotossintética por unidade de área foliar e da interceptação da radiação solar as quais, entre outros aspectos, são influenciadas pelas características da arquitetura da copa e da dimensão do sistema fotoassimilador (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Segundo Picanço et al. (1998) a produção insuficiente de fotoassimilados pelas plantas em relação à elevada quantidade de flores produzidas, pode aumentar o número de flores abortadas. É provável que o aumento da área foliar tenha proporcionado maior incremento na produção de fotoassimilados, porém esta quantidade produzida pode não ter sido suficiente para suprir o número de flores total produzidas resultando em uma maior média de flores abortadas.

4 | CONCLUSÕES

O crescimento do tomateiro cereja vermelho foi influenciado tanto pelas diferentes taxas de reposição da evapotranspiração como pelos tipos de adubação.

A adubação orgânica associada à taxa de reposição da ETc de 100% resultou em maiores taxas de crescimento absoluto e relativo da área foliar.

As plantas irrigadas com taxa de reposição de 130% da ETc e fertilizadas com adubo orgânico resultou em maior acúmulo de fitomassa.

A área foliar influenciou positivamente na produção de frutos do tomateiro cereja vermelho quando correlacionadas.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Viçosa: Ed. da UFV, 2004. 400p.

ALVES, S. M. F.; FERNANDES, P. M.; REIS, E. F. Análise de correspondência como instrumento para descrição do perfil do trabalhador da cultura de tomate de mesa em Goiás. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2042-2049, 2009.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42 p.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 9, p. 831- 839, 2004.

BRITO, M. E. B.; SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; SILVA SÁ, F. V.; ARAÚJO, T. T.; SILVA, E. C. B. Crescimento e formação de fitomassa do tomateiro sob estresse hídrico nas fases fenológicas. **Irriga**, v. 20, n. 1, p. 139-153, 2015.

FAVARIN, J. L.; NETO, D. D. GARCIA, A.; VILLA NOVA, N. A.; FAVARIN, M. G. G. V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 6, p. 769-773, 2002.

FERREIRA, D. F. SISVAR: Um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R.; DANTAS, J. P. Influência das adubações nitrogenada e orgânica no tomateiro sobre os teores de N-NO₃ - e N-NH₄ + no perfil do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 233- 239, 2003.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: UFV. 2008. 421p.

GODOY, W. I.; FARINACIO, D.; DAVOGLIO, A.P.; ASSMANN, A. P.; ZÍLIO, C.; VOTTRI, M.; BIGOLIN, P. E. Avaliação de substratos alternativos para a produção de mudas de tomateiro. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 02, p. 1127-1130, 2007.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA)**. Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano, v. 29, n. 4 p. 1-81. 2015.

LOPES, W. A. R.; NEGREIROS, M. Z.; DOMBROSKI, J. L. D.; RODRIGUES, G. S.O.; SOARES, A. M.; ARAÚJO, A. P. Análise do crescimento de tomate 'SM-16' cultivado sob diferentes coberturas de solo. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 554-561, 2011.

MAIA, J. T. L. S.; CLEMENTE, J. M.; SOUZA, N. H.; SILVA, J. O.; MARTINEZ, H. E. P. Adubação orgânica em tomateiros do grupo cereja. **Revista Biotemas**, v. 26, n. 1, p. 37-44, 2013.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 308p.

MARTINAZZO, E. G.; PERBONI, A. T.; POSSO, D. A.; AUMONDE, T. Z.; BACARIN, M. A. Análise de crescimento e partição de assimilados em plantas de tomateiro cv. Micro-Tom submetidas ao nitrogênio e piraclostrobina. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 3001- 3012, 2015.

MEDEIROS, R. F.; CAVALCANTE, L. F.; MESQUITA, F. O.; RODRIGUES, R. M.; SOUSA, G. G.; DINIZ, A. A. Crescimento inicial do tomateiro-cereja sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 505-511, 2011.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa - Sae, 1991. p.189-254.

OLIVEIRA, V. C.; CUNHA, A. L. A.; SANTOS, A. J. G.; NÓBREGA, A. K.; LEÃO, A. C. Crescimento inicial do tomateiro quando nutrido com diferentes tipos e concentrações de matéria orgânica.

Cadernos de Agroecologia, v. 6, n. 2, p. 1-5, 2011.

PORTES, M. T.; ALVES, T. H.; SOUZA, G. M. Water deficit affects photosynthetic induction in *Bauhinia forficata* Link (Fabaceae) and *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (Rutaceae) growing in understorey and gap conditions. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 4, p. 491-512, 2006.

SANTANA, M. J.; VIEIRA, T. A.; BARRETO, A. C. Efeito dos níveis de reposição de água no solo na produtividade do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 1378-1384, 2009.

SANTANA, M. J.; VIEIRA, T. A.; BARRETO, A. C.; CRUZ, O. C. Resposta do tomateiro irrigado a níveis de reposição de água no solo. **Revista Irriga**, v. 15, n. 4, p. 443-454, 2010.

SILVA, A. C.; COSTA, C. A.; SAMPAIO, R. A.; MARTINS, E. R. Avaliação de linhagens de tomate cereja tolerantes ao calor sob sistema orgânico de produção. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 33-40, 2011.

SILVA, J. A.; DUTRA, A. F.; CAVALCANTI, N. M. S.; MELO, A. S.; SILVA, F. G.; SILVA, J. M. Aspectos agrônômicos do tomateiro "Caline Ipa 6" cultivado sob regimes hídricos em área do semiárido. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 8, n. 3, p. 336-344, 2014.

SILVA, J. M.; FERREIRA, R. S.; MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; DUTRA, A. F.; GOMES, J. P. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 40-46, 2013.

SOARES, L. A. A.; BRITO, M. E. B.; SILVA, E. C. B.; SÁ, F. V. S.; ARAÚJO, T. T. Componentes de produção do tomateiro sob lâminas de irrigação nas fases fenológicas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 3, p. 84-90, 2013.

SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; SILVA, E. C. B.; ARAÚJO, T. T. Cultivo do tomateiro na fase vegetativa sobre diferentes lâminas de irrigação em ambiente protegido. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 2, p. 38-45, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artemed, 2013. 954p.

DESENVOLVIMENTO DE GIRASSOL SUBMETIDO À DOSAGENS DE TORTA DE FILTRO EM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO TÍPICO

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 05/01/2021

Adriely Vechiato Bordin

Universidade Estadual de Maringá
Umuarama – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8003585449188661>

Antonio Nolla

Universidade Estadual de Maringá
Umuarama – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8523637553552551>

Thaynara Garcez da Silva

Universidade Estadual de Maringá
Umuarama – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8673019682306399>

RESUMO: O girassol é cultivado para vários fins, sendo importante para a produção de biocombustível e óleo, sendo a 4ª oleaginosa mais consumida no mundo. Para um bom crescimento e desenvolvimento, é necessário a aplicação de adubos ricos em nutrientes, como os orgânicos provenientes de indústrias sucroalcooleiras, bem como a torta de filtro. Objetivou-se avaliar o desenvolvimento de *Helianthus annuus* L. submetido à aplicação de torta de filtro em Latossolo Vermelho distrófico típico, visando estabelecer critérios de adubação. O experimento foi conduzido em tambores de 250 L preenchidos com um Latossolo Vermelho distrófico típico de textura arenosa. O tratamento consistiu de doses de torta de filtro (0, 10, 20 e 40 t ha⁻¹). O

solo foi corrigido com calcário para V = 70%. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições. Cultivou-se girassol por 120 dias. Avaliou-se no fim do ciclo a altura, massa seca, diâmetro do capítulo, diâmetro do caule e massa de 1000 aquênios das plantas. Na colheita amostrou-se o solo (0-20 cm) e analisou-se o pH-H₂O, alumínio trocável, potássio e fósforo disponível. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e quando significativos foram submetidos à análise de regressão. Calculou-se a derivada das equações para estabelecer as dosagens de máxima eficiência técnica. A maior eficiência de adubação para o girassol ocorreu na dose média de 11,24 t ha⁻¹ de torta de filtro. O resíduo contribuiu com o desenvolvimento das plantas por fornecer nutrientes e aumentar o teor de fósforo e potássio disponíveis, sendo 22,78 t ha⁻¹ a dose de máxima eficiência em disponibilizar P e K de forma mais eficaz, além do efeito neutralizante do Al⁺³ no solo.

PALAVRAS - CHAVE: *Helianthus annuus*, resíduo agroindustrial, fertilizante orgânico.

DEVELOPMENT OF SUNFLOWER SUBMITTED TO THE DOSAGES OF FILTER CAKE IN OXISOL

ABSTRACT: Sunflower is grown for various purposes, being important for the production of biofuel and oil and is the 4th most consumed oilseed in the world. For good growth and development, it is necessary to apply nutrient-rich fertilizers, such as organic sour alcohol products, as well as filter cake. The objective of this study was to evaluate the development of

Helianthus annuus L. submitted to the application of filter cake in Oxisol, aiming to establish fertilization criteria. The experiment was conducted in 250 L drums filled with a oxisol of sandy texture. The treatment consisted of doses of filter cake (0, 10, 20 and 40 t ha⁻¹). The soil was corrected with limestone for V = 70%. The experimental design was completely randomized, with four treatments and five replications. Sunflower was grown for 120 days. At the end of the cycle, the height, dry mass, diameter of the chapter, diameter of the stem and mass of 1000 amenes of the plants were evaluated. The soil (0-20 cm) was showed at harvest and pH-H₂O, exchangeable aluminum, potassium and available phosphorus were analyzed. The data obtained were submitted to variance analysis, and when significant were submitted to regression analysis. The derivative of the equations was calculated to establish the dosages of maximum technical efficiency. The highest fertilization efficiency for sunflower occurred at the average dose of 11.24 t ha⁻¹ of filter cake. The residue contributed to the development of the plants by providing nutrients and increasing the available phosphorus and potassium content, with 22.78 t ha⁻¹ the maximum efficiency dose in providing P and K more effectively, in addition to the neutralizing effect of Al⁺³ in the soil.

KEYWORDS: *Helianthus annuus*, agroindustrial waste, organic fertilizer.

1 | INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é a quarta oleaginosa mais plantada no mundo (EMBRAPA, 2019). No Brasil, a área plantada na safra 2019 foi de 80.818 mil hectares e a produção obtida 131.173 toneladas, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), atingindo uma produtividade de 1.623 kg/ha.

Nas regiões norte e nordeste do Brasil não há cultivo e produção de girassol, já a região centro-oeste ocupa o primeiro lugar, seguida da região sudeste e por último a região sul, a qual apresentou área plantada com a cultura de 2.396 ha e produção de 3.813 t, conseguindo produtividade de 1591 kg/ha na safra 2019 (IBGE, 2019).

O girassol é uma planta anual, dicotiledônea e originária da América do Norte, se adapta bem a variadas condições edafoclimáticas (ZOBIOLE et al., 2010). O cultivo pode ser em todas as regiões do país, porque as latitudes e altitudes pouco influenciam no rendimento, assim como o fotoperíodo (CASTRO et al., 1996; CASTRO; FARIAS, 2005).

Essa cultura possui grande importância econômica, sendo cultivada para vários fins. As sementes chamadas aquênios apresentam altos teores de óleo e a produção agrícola se dá principalmente pela extração deste (EMBRAPA, 2009) que é comestível, altamente utilizado para o preparo de alimentos e possui propriedades nutricionais muito boas, como o ácido linoleico, um ácido graxo importante para a saúde por conter elementos nutricionais interessantes, como proteína, fibra, vitamina e nutrientes, além disso, também servem para alimentação de pássaros.

As demais partes do girassol como o caule e as folhas, são considerados resíduos vegetais da cultura e podem ser empregados na fabricação de silagem, na forma de volumoso, tal como na fabricação de torta, uma massa muito proteica decorrente da

extração do óleo, incorporada na formulação de ração para alimentação animal. Outro fim de cultivo dessa planta é o ornamental para o setor da floricultura, onde a bela inflorescência do girassol é comercializada como flor de corte para arranjos.

Não só isso, mas também o girassol é uma planta que pode ser usada na produção de biodiesel. O uso para essa finalidade está em crescimento por se destacar devido ao elevado teor de óleo nos grãos, tendo um percentual de cerca de 20% superior a outras oleaginosas que são utilizadas (EMBRAPA, 2009). Além do mais, o *Helianthus annuus* L. é um ótimo auxiliador para a produção de mel, ou seja, seu cultivo também pode estar associado à apicultura disponibilizando alimento às abelhas no período de floração. Visto a ampla utilização do girassol e a exploração no Brasil, percebe-se a importância da produção, mesmo que no Paraná vem sendo cultivado comercialmente sobretudo na safrinha.

Em solos como na região noroeste do Paraná é notado comumente $CTC < 7,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ característico de solos com textura arenosa (RAIJ et al., 2011). Neste caso, a agricultura é desfavorecida devido à baixa capacidade de armazenamento de nutrientes e água, já que o solo é pobre em partículas de argila e matéria orgânica, assim ficam sujeitos às erosões. Isso acontece associado também a alta temperatura e acelerada decomposição de material orgânico, sendo baixa a possibilidade de manutenção de matéria orgânica nos solos e ainda dificulta a capacidade de aumentar o armazenamento. Além disso, apresentam elevados teores de alumínio Al^{+3} ($>0,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), o que os tornam ácidos (NOLLA et al., 2017). Contudo, para que esta cultura atinja seu potencial produtivo é preciso realizar um bom manejo, fazer correção da acidez e ofertar nutrientes adequadamente, pois o girassol é sensível fisicamente a compactação e quimicamente a acidez do solo, além de necessitar de nutrientes em todo seu ciclo. Quando a constituição química do solo está ineficaz, todo o desenvolvimento da planta é prejudicado, ocasionando consequentemente baixo rendimento e perda de produtividade.

Entretanto, para que esta planta desempenhe seu potencial produtivo satisfatoriamente é necessário aplicar fertilizantes ricos em nutrientes, todavia a racionalização de fertilizantes possibilita obter maior lucratividade e menor poluição ambiental, pois tem-se o aproveitamento de materiais poluentes. Baseado nisso, vem sendo usado fertilizante orgânico que é de menor custo de aquisição, gerado a partir de processos industriais de usinas sucroalcooleiras, como a torta de filtro.

A aplicação desse resíduo orgânico pode trazer bons resultados de produtividade, pois disponibilizam matéria orgânica e vários macro e micronutrientes essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas de forma gradual, reduzindo perdas por lixiviação, aumentando o efeito residual e fornecendo nutrientes durante todo o ciclo da cultura, além de que proporcionam uma melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, aumentando a capacidade de armazenamento de nutrientes, facilitando a mineralização do nitrogênio, aumentando o poder de retenção de água e melhorando a microbiota do solo.

A torta de filtro, é um resíduo sólido de coloração escura, que segundo Aguilera e Ruiz (1999) é resultante do processo de clarificação do caldo de cana, sedimentação e filtragem do suco na produção de açúcar, possui altos teores de matéria orgânica, nitrogênio, potássio, fósforo disponível e cálcio. De acordo com Rossetto (2009), a torta de filtro apresenta de 1,2 a 1,8% de fósforo e umidade próxima de 70% e deve ser preferida para solos arenosos, com baixo teor de matéria orgânica.

Pesquisando o efeito da aplicação de torta de filtro na cultura do sorgo sacarino, Leucena (2014) percebeu que a aplicação de torta de filtro promoveu melhoria na fertilidade do solo, aumentando teores de fósforo, cálcio e elevação da CTC. Todavia, são escassas pesquisas relacionando o uso de adubos orgânicos em solos arenosos, fazendo-se necessário estabelecer dosagens e critérios para o uso de torta de filtro na região do arenito Caiuá.

O objetivo do trabalho foi avaliar a aplicação de doses de torta de filtro no desenvolvimento de *Helianthus annuus* L. cultivado em Latossolo Vermelho distrófico típico, com o intuito de estabelecer critérios para adubação orgânica para solo arenoso no noroeste paranaense.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em tambores de plástico de 250 litros, com pequenas perfurações na parte inferior de sua extensão para permitir a drenagem da água, dispostos em uma área descoberta no Campus Regional de Umuarama da Universidade Estadual de Maringá, os quais foram preenchidos com Latossolo Vermelho distrófico típico de textura arenosa que apresentava originalmente as características descritas na tabela 1.

pH	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	P	V	m	Argila
H ₂ Ocmolc dm ⁻³mg dm ⁻³%.....		g kg ⁻¹
4,9	1,3	0,66	0,23	27,37	5,5	16,22	57,52	200

Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ – extrator KCl 1 mol L⁻¹; P e K – Mehlich 1

Tabela 1- Caracterização química e teor de argila da camada de (0-20 cm) de um Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd) de textura arenosa, sob campo natural, utilizado como base experimental.

O clima nessa região de acordo com a classificação de Köppen é Cfa (Clima Subtropical Úmido), é caracterizado pela presença de chuvas intensas no período do verão e também por um decurso de baixa pluviosidade durante o ano.

O tratamento utilizado consistiu da aplicação de diferentes quantidades do resíduo

industrial provenientes do setor canavieiro, a torta de filtro, produto sólido com doses de 0, 10, 20 e 40 t ha⁻¹.

Com exceção do tratamento testemunha que não recebeu nenhuma aplicação, os demais vasos tiveram correção da acidez do solo com o uso de calcário calcítico para elevar a saturação por bases até 70%, recomendado para a cultura do girassol segundo o Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. O delineamento experimental foi inteiramente casualizados, constituído por quatro tratamentos com cinco repetições cada.

Em outubro de 2019 foram semeados *Helianthus annuus* L. em cada tambor, cujas sementes foram da cultivar Multissol. As plantas foram cultivadas durante um ciclo com cerca de 120 dias e neste período foi monitorado a umidade do solo, sendo mantida por meio da precipitação e irrigação, o controle de pragas que atacam o girassol foi feito por meio de uma pulverização do inseticida fipronil quando houve necessidade, e o controle de plantas daninhas foi feito através do arranque manual das que emergiam nos tambores.

No final do ciclo do girassol, duas plantas por amostra foram colhidas e avaliadas em relação à altura de plantas, massa seca da parte aérea da planta, diâmetro do capítulo, diâmetro do caule e massa de 1000 aquênios. O solo dos tambores foi amostrado após a colheita em profundidade de 0 a 20 centímetros, as amostras de solo foram preparadas devidamente e em seguida analisou-se o pH-H₂O, alumínio trocável, potássio disponível e fósforo disponível. Analisou-se esses atributos químicos do solo segundo o método de Tedesco et al. (1995).

Os dados obtidos foram avaliados estatisticamente por meio do software SISVAR e comparados por análise de variância, em caso de significância à 5% e 1%, foram submetidos à análise de regressão. Para estabelecer quais as dosagens mais apropriadas para o solo e para a cultura, calculou-se as derivadas das equações de regressões apresentadas em cada um dos gráficos.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

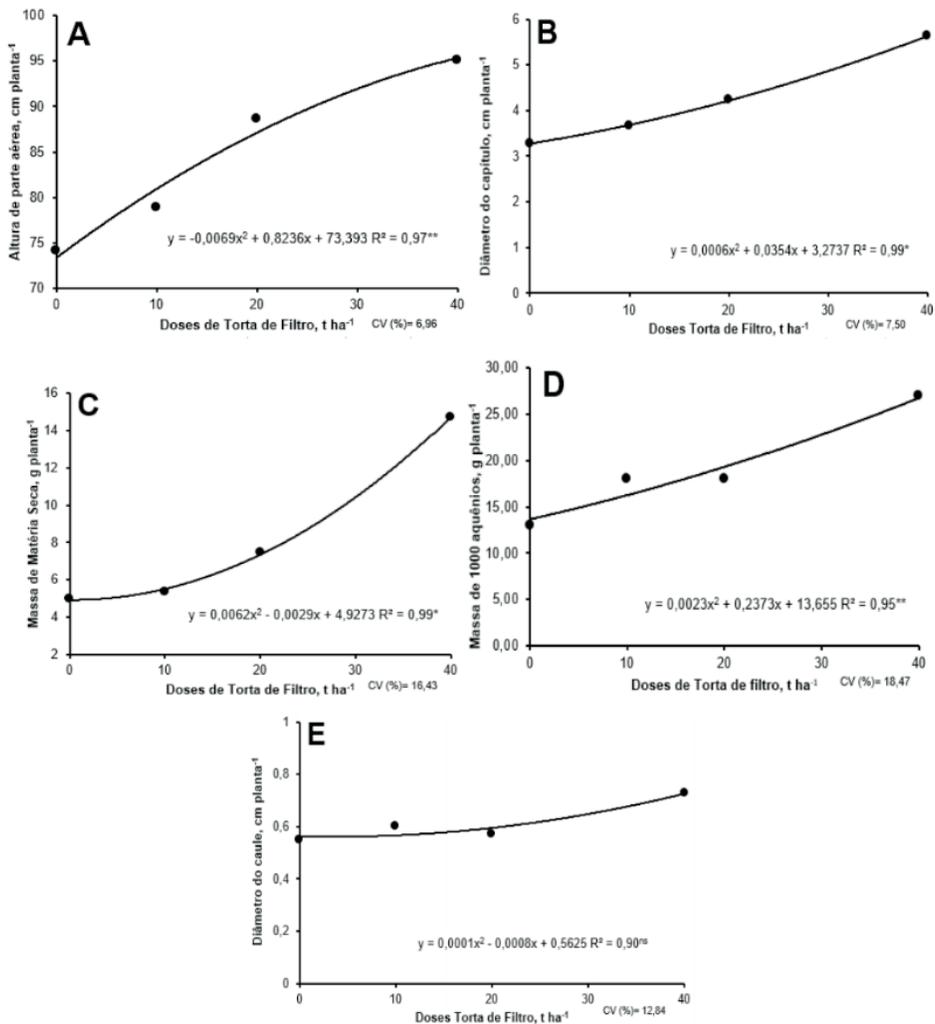
A torta de filtro enriqueceu o crescimento e desenvolvimento do girassol, aumentando a altura, espessura de caule e capítulo, apontando a eficiência desse resíduo em elevar a fertilidade do solo, fornecendo uma nutrição mais apropriada para as plantas e ainda, impulsionando o acúmulo de matéria vegetal seca da cultura e o de massa de grãos (Figura 1. A, B, C, D, E). Esta melhoria também é demonstrada por Fravet (2007), que trabalhando com cana-de-açúcar alcançou ganho na altura, produtividade de colmos da soqueira e aumento da produtividade sacarose por área com o uso de torta de filtro. Os rendimentos notados podem ser justificados pela capacidade que a torta de filtro tem de aprimorar a fertilidade do solo, pois fornece muita matéria orgânica que aumenta o armazenamento de nutrientes na CTC e CTA, principalmente em solos arenosos com reduzida matéria

orgânica. Além disso, por ser um adubo orgânico tem a capacidade de fornecer vários elementos macro e micronutrientes, destacando o nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre, todos essenciais para o desenvolvimento das plantas.

Das variáveis analisadas que receberam doses de torta de filtro da figura 1 (A, B, C, D, E), notou-se que a altura de parte aérea e massa de 1000 aquênios não houve um ponto de pico no gráfico, mas sim, um aumento crescente dos parâmetros avaliados em função das doses, ou seja, as doses de máxima eficiência técnica nestes casos estão além da maior dose de torta de filtro (40 t ha^{-1}) que foi considerada. Esta mesma situação foi observada por Silva (2018) ao avaliar altura de planta de feijoeiro. Já em diâmetro do capítulo, massa de matéria seca e diâmetro do caule pode-se observar que ocorreu um ponto de máxima no gráfico, indicando a dose mais eficiente. Essa resultância aponta que a aplicação de 40 t ha^{-1} de torta de filtro reduziu a otimização das plantas.

A consequência causada pelas altas doses de torta de filtro pode ter ocorrido pelo fato de que doses excessivas do produto acarretam um desbalanço nutricional na cultura, já que vários nutrientes são fornecidos por esse adubo, em razão da absorção de um nutriente ser influenciada pela presença de outro, tendo em vista que, quando dois elementos possuem o mesmo sítio de absorção, eles competem entre si (MALAVOLTA, 1980). Em um trabalho com doses de torta de filtro no cultivo de milho, Vila et al. (2010) encontrou resultados correspondentes que indicaram diminuição nos parâmetros de plantas avaliadas quando utilizado doses elevadas (acima de 200 t ha^{-1}).

A figura 1 (A, B, C, D, E) evidencia que os polinômios de regressão para analisar o resultado das diferentes doses de torta de filtro sobre as variáveis avaliadas, formaram equações quadráticas e todas apresentaram valores do coeficiente de determinação consideravelmente altos, sendo que a maior parte do que está apresentado e a variação do eixo y é explicado pela equação de regressão e conferido às diferentes doses aplicadas. Além disso, todos os parâmetros tiveram significância com exceção do gráfico diâmetro do caule (E) que o uso das doses crescentes de torta de filtro não incrementou de forma significativa na espessura.



* significativo a 1% de probabilidade

** significativo a 5% de probabilidade

^{ns} não significativo

CV (%): Coeficiente de Variação

Figura 1. Altura de parte aérea (A), diâmetro do capítulo (B), massa de matéria seca (C), massa de 1000 aquênios (D) e diâmetro do caule (E) do girassol cultivado em Latossolo Vermelho distrófico típico em função da aplicação de doses de torta de filtro (A, B, C, D, E).

Está exibido na figura 1 (A, B, C, D, E) que os polinômios de regressão para analisar os resultados que relacionam a adição de diferentes doses de torta de filtro sobre as variáveis avaliadas das plantas de girassol, originaram equações quadráticas e valores consideravelmente altos do coeficiente de determinação ($R^2 \geq 0,90$) para todos os parâmetros testados.

Baseando-se nas equações de regressão representadas nos gráficos da Figura 1, foi possível calcular a dose que oportunizou o máximo desenvolvimento atribuído a cultura do girassol, a partir da derivada das equações.

Atributo	Insumo	Torta de filtro t ha ⁻¹
Altura de parte aérea		—
Diâmetro do capítulo		29,50
Massa de matéria seca		0,23
Massa de 1000 aquênios		—
Diâmetro do caule		4,00
Média		11,24

Tabela 2. Dose de máxima eficiência técnica da aplicação de torta de filtro em função da altura de parte aérea, diâmetro do capítulo, massa de matéria seca, massa de 1000 aquênios e diâmetro do caule de plantas de girassol submetidas em Latossolo Vermelho distrófico típico.

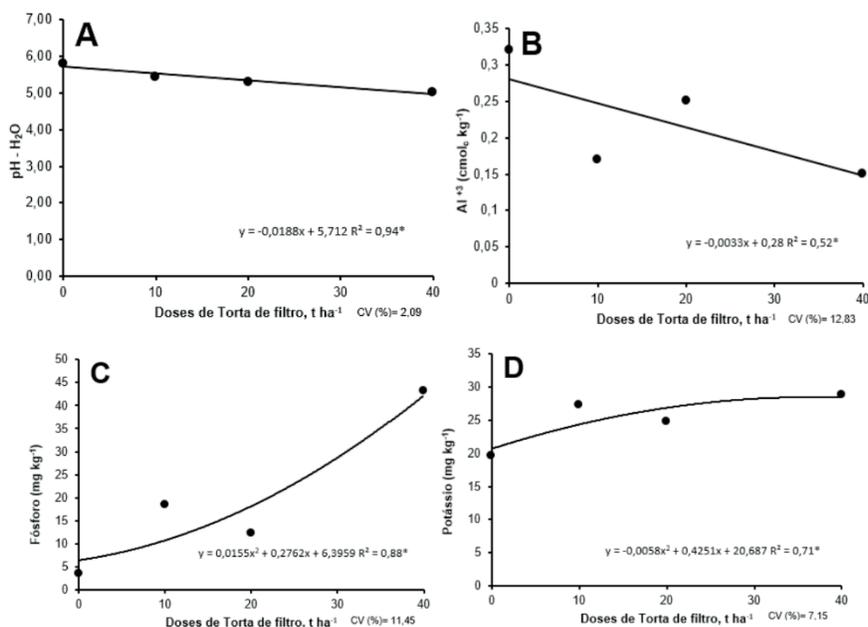
Com a aplicação de torta de filtro, a dosagem média ideal para a fertilização orgânica do solo testado que foi encontrada é de 11,24 t ha⁻¹, essa dose não se equipara com a dose média de 20,5 t ha⁻¹ encontrada por Nolla et al. (2017) em cultivo de soja por ser um pouco inferior, provavelmente por conta de a exigência nutricional do girassol ser maior a partir do início ou fase vegetativa até o florescimento, segundo Castro & Oliveira (2005).

Em relação as análises de solo, a aplicação de torta de filtro reduziu o pH do solo, visto que adubos com alto teor de matéria orgânica e nitrogênio pode vir a liberar ácidos orgânicos e de acordo com Bernardino et al. (2018) resíduos orgânicos usados em teores acima das necessidades das culturas ou do potencial do solo podem gerar problemas, entre eles a acidificação de solos agrícolas.

A torta de filtro diminuiu o alumínio trocável do solo (figura 2 B), já que todos os valores obtidos foram menores que 0,5 cmol_c kg⁻¹, considerado como valor indicativo para recomendar ou não o uso de corretivos de acidez (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004), ficando evidente o potencial desse resíduo em neutralizar o alumínio, assim como Júnior et al. (2011) verificou trabalhando com cana-de-açúcar que a aplicação de torta de filtro reduziu teores de alumínio, tendo uma ação corretiva de acidez do solo.

Na figura 2 (A e B) percebe-se que para analisar os resultados que relacionam a adição de diferentes doses de torta de filtro sobre as variáveis pH e Al^{+3} , originaram equações de regressão lineares, apresentando valores de R^2 entre 0,52 a 0,94. Em sequência, ainda na figura 2 (C e D) fica evidente que os polinômios de regressão para avaliar o resultado das doses de torta de filtro sobre as variáveis fósforo e potássio, formaram equações quadráticas com coeficiente de determinação entre 0,71 e 0,88 e apresentaram significância de 1% de probabilidade.

Acerca das quantidades de fósforo e potássio obtidas nas análises de solo, as aplicações de torta de filtro elevaram os teores desses nutrientes até o ponto de máxima eficiência, potencializando o desenvolvimento das plantas (figura 2 C e D), constatando a aptidão desses resíduos em fertilizar o solo e disponibilizar tais elementos, bem como Vasconcelos (2013) observou em sua experimentação com cana-de-açúcar que o uso de doses de torta de filtro aumentou os teores de fósforo no solo e no vegetal, se destacando em relação a ausência do resíduo. A partir do ponto de máxima, o menor teor de P e K pode ser explicado da mesma forma que uma situação vista nas avaliações da planta, onde doses elevadas do adubo orgânico possivelmente gerou um desbalanço nutricional, causando uma competição entre elementos nutrientes no solo.



* significativo a 1% de probabilidade

CV (%): Coeficiente de Variação

Figura 2. Valores de pH em H_2O (A), alumínio trocável (B), fósforo (C) e potássio (D) disponíveis em um Latossolo Vermelho distrófico típico submetido à aplicação de doses de torta de filtro (A, B, C, D).

Derivando as equações de regressão de ordem 2 dos gráficos C e D da figura 2 que relacionam as doses de torta de filtro com teor de fósforo e potássio no solo é possível estabelecer a condição na qual a dose de máxima eficiência teve disponibilidade de P e K de forma mais eficaz com o uso dos dois resíduos orgânicos.

Insumo	
Atributo	Torta de filtro
Fósforo	8,91
Potássio	36,65
Média	22,78

Tabela 3. Dose de máxima eficiência técnica da aplicação de torta de filtro em função do teor de fósforo e potássio mais adequado em Latossolo vermelho distrófico típico cultivado com plantas de girassol.

4 | CONCLUSÃO

A aplicação de torta de filtro aumentou o crescimento e desenvolvimento do girassol em média em 59%, tendo um incremento significativo nas variáveis analisadas em relação a planta. A cultura obteve máxima eficiência técnica com aplicação das doses médias de 11,24 t ha⁻¹ de torta de filtro.

O teor de alumínio trocável no solo reduziu e a torta de filtro possui potencial de neutralização, além da aptidão de disponibilizar e aumentar os teores de fósforo e potássio no solo. É de 22,78 t ha⁻¹ de torta de filtro, a condição média na qual a dose de máxima eficiência teve disponibilidade de P e K de modo mais eficaz.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela disponibilidade de bolsa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

AGUILERA, R.C.; RUÍZ, R.L. **Manual dos Derivados da Cana-de-Açúcar**. Brasília: ABIPTI. 1999. 402p.

BERNARDINO, C. A. R. *et al.* Torta de Filtro, Resíduo da Indústria Sucroalcooleira: Uma Avaliação por Pirólise Lenta. **Revista Virtual de Química**, Niterói-RJ, v. 10, n. 3, p. 1-23, jun/2018. Disponível em: <http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v10n3a10.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.

CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; LEITE, R.M.V.B.C.; MELLO, H.C.; GUEDES, L.C.A. & FARIAS, J.R. **A cultura do girassol**. Londrina, **Embrapa-CNPSo**, 1996. 38p. (Embrapa, CNPSo, Circular Técnica, 13). Acesso em: 11 de jul. 2020.

CASTRO, C. & FARIAS, J.R.B. **Ecofisiologia do girassol**. In: LEITE, R.M.V.B.C.; BRIGHENTI, A.M. & CASTRO, C. Girassol no Brasil. Londrina, 2005. p.164-218. Acesso em: 11 de jul. 2020.

CASTRO, C; OLIVEIRA, F. A. **Nutrição e adubação do girassol**. In : LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. DE (Ed.). Girassol no Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2005, p. 317-373.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. CQFS – RS/SC **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do solo – Núcleo regional sul, 2004. 400 p.

CQFS. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11 eds. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo-Núcleo Regional Sul, 376 p., 2016.

EMBRAPA. **Girassol**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/girassol>. Acesso em: 16 mai. 2020.

EMBRAPA. **Girassol: cultivar precoce e produtiva é opção para safrinha no Cerrado**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/43893261/girassol-cultivar-precoce-e-produtiva-e-opcao-para-safrinha-no-cerrado>. Acesso em: 13 mai. 2020.

EMBRAPA. **Prosa Rural - Cultura do girassol: produção de biodiesel e outras utilidades**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/prosa-rural/busca-de-noticias/-/noticia/2444704/prosa-rural---cultura-do-girassol-producao-de-biodiesel-e-outras-utilidades>. Acesso em: 8 mai. 2020.

FRAVET, P. R. F. D. **Doses e formas de aplicação de torta de filtro na produção de cana soca**. Uberlândia-MG, p. 1-68, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/12111/1/Paulo.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2020.

JÚNIOR, A. B. D. A. *et al.* Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 15, n. 10, p. 1-10, ago./2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n10/v15n10a03.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.

LUCENA, E. H. L. **Efeito da aplicação de vinhaça e torta de filtro na cultura do sorgo sacarino visando produção de biomassa e rendimento de caldo**. 2014. Disponível em: <http://www.pgea.ufrpe.br/sites/www3.pgea.ufrpe.br/files/documentos/eduardolucena.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2020.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.

NOLLA, A *et al.* Desenvolvimento e Produção de Soja Submetido à Doses de Torta de filtro em Latossolo Arenoso. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 6, n. 1, p. 1-11, 2017. Disponível em: <http://www.dca.uem.br/V6N1/01.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2020.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. **Adubação: resíduos alternativos**. 2009. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/contag01_39_711200516717.html>. Acesso em: 12 jul. 2020.

SILVA, T. G. D.; NOLLA, A.; BORDIN, A. V.; PAULA, L. F. V. D.; JUNIOR, C. M. G. **Desenvolvimento de *Phaseolus vulgaris* submetido á doses de vinhaça e torta de filtro**. III Simpósio de Agricultura Sustentável no Arenito Caiuá: XVI SEAGRO, Umuarama-PR, nov./2018.

SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA - SIDRA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618>. Acesso em: 13 mai. 2020.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

VASCONCELOS, R. D. L. **Fontes de Fósforo e Torta de Filtro sobre o Estado Nutricional e Produtividade da cana-planta**, 2013. 61p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal-SP. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/324227738_UNIVERSIDADE_ESTADUAL_PAULISTA-UNESP_CAMPUS_DE_JABOTICABAL_FONTES_DE_FOSFORO_E_TORTA_DE_FILTRO SOBRE_O_ESTADO_NUTRICIONAL_E_PRODUTIVIDADE_DA_CANA-PLANTA. Acesso em: 29 jul. 2020.

VILA, E.J.P.; NOLLA, A.; SANTINI, C.O.; VOLK, L.B.S. Eficiência de doses crescentes de torta de filtro no desenvolvimento da cultura de milho. SEAGRO, 8, 2010. Umuarama. **Anais...** Umuarama: Universidade Estadual de Maringá, 4p.

ZOBIOLE, L. H. S; CASTRO, CÉSAR; OLIVEIRA, F. A. & JUNIOR, A. O. Marcha de Absorção de Macronutrientes na Cultura do Girassol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa**, v. 34, n. 2, p. 425-433, jan/2010. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214231015>. Acesso em: 11 de jul. 2020.

CAPÍTULO 12

EFFECT OF MAGNETIC FIELD ON THE MIDGUT AND REPRODUCTIVE SYSTEM OF *ANTHONOMUS GRANDIS* BOHEMAN (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 05/11/2020

Maria Clara da Nóbrega Ferreira

Federal Rural University of Pernambuco,
Department of Morphology and Animal
Physiology
Olinda – Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/6415809873371718>

Glaucilane dos Santos Cruz

Federal Rural University of Pernambuco,
Department of Agronomy-Entomology
Olinda – Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/3795270436231657>

Hilton Nobre da Costa

Federal Rural University of Pernambuco,
Department of Agronomy-Entomology
Recife – Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/2431939500857084>

Victor Felipe da Silva Araújo

Federal Rural University of Pernambuco,
Department of Morphology and Animal
Physiology
Recife – Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/1074868043519857>

Carolina Arruda Guedes

Federal Rural University of Pernambuco,
Department of Agronomy-Entomology
Olinda – Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/6013290951230793>

Valeska Andrea Ático Braga

Federal Rural University of Pernambuco,
Department of Agronomy-Entomology
Olinda – Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/4008994020879541>

Álvaro Aguiar Coelho Teixeira

Federal Rural University of Pernambuco,
Department of Morphology and Animal
Physiology
Recife – Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/1539131079574469>

Valeria Wanderley Teixeira

Federal Rural University of Pernambuco,
Department of Morphology and Animal
Physiology
Recife – Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/4292195468804301>

ABSTRACT: Damage by radiation at the cellular level in the midgut of insects can cause adverse effects on the gonads by inhibiting nutrition. When associated with the Sterile Insect Technique (SIT), it alters the biological cycle of the developing pest, promoting its population control in the field. However, despite its safety, there are few studies on the effects of this treatment on *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), one of the main cotton pests, responsible for losses of up to 75% of production. The present study aimed to evaluate the midgut and the reproductive system of *A. grandis* adults submitted to a low frequency magnetic field, aiming, in the future, its application in the field through the SIT. Males and females were placed under a platform

associated with a pair of Helmholtz coils, capable of generating a low frequency magnetic field (60 Hz), for 2 and 4 hours for 5 days, at the frequency of 1.15 mT. After this period, the midgut and gonads were collected, dehydrated and included for making histological slides. In the histological analysis of the midgut it was possible to observe the disorganization and detachment of the epithelium. The gonads showed no morphological changes, although the morphometric analysis of the area and diameter of the testicular follicles, oocyte and oocyte nucleus has decreased in all parameters. Escape behavior from the exposure area and higher mortality rate for men were also observed. These results demonstrate that the low frequency magnetic field can be a viable and effective method for the control of *A. grandis* in cotton fields.

KEYWORDS: Cotton weevil, histology, morphometry, radiation, sterile insect technique.

EFEITO DO CAMPO MAGNÉTICO SOB O INTESTINO MÉDIO E SISTEMA REPRODUTIVO DE *ANTHONOMUS GRANDIS* BOHEMAN (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)

RESUMO: Danos por radiação a nível celular no intestino médio dos insetos podem causar efeitos adversos nas gônadas ao inibir a nutrição. Quando associada à Técnica do Inseto Estéril (TIE), altera o ciclo biológico da praga em desenvolvimento, promovendo seu controle populacional em campo. No entanto, apesar da sua segurança, poucos são os estudos sobre os efeitos desse tratamento em *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), uma das principais pragas do algodoeiro, responsável por perdas de até 75% da produção. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o intestino médio e o sistema reprodutivo de adultos de *A. grandis* submetidos a um campo magnético de baixa frequência, visando, futuramente, a sua aplicação em campo por meio da TIE. Machos e fêmeas foram colocados sob uma plataforma associada a um par de bobinas de Helmholtz, capaz de gerar um campo magnético de baixa frequência (60 Hz), por 2 e 4 horas durante 5 dias, na frequência de 1,15 mT. Após esse período, o intestino médio e as gônadas foram coletados, desidratados e incluídos para confecção de lâminas histológicas. Na análise histológica do intestino médio foi possível observar a desorganização e descolamento do epitélio. As gônadas não apresentaram alterações morfológicas, embora a análise morfométrica da área e do diâmetro dos folículos testiculares, oócito e núcleo do oócito tenham diminuído em todos os parâmetros. Um comportamento de fuga da área de exposição e uma maior taxa de mortalidade para os homens também foram observados. Esses resultados demonstram que o campo magnético de baixa frequência pode ser um método viável e eficaz no controle de *A. grandis* em campos de algodão.

PALAVRAS – CHAVE: Bicudo – do – algodoeiro, histologia, morfometria, radiação, técnica do inseto estéril.

1 | INTRODUCTION

The use of radiation for agricultural purposes aims to support the commercialization of products and minimize the environmental and economic impacts caused by the use of pesticides (Loro et al. 2018). When associated with the Sterile Insect Technique (SIT) it allows the population control of pest insects, without generating biological imbalance

(Florêncio 2017), by inhibiting their development and / or sterilization when cellular damage occurs in the midgut and gonads of the species (Silva et al. 2007).

The decrease in reproductive potential may be closely associated with eating disorders and nutritional deficiency, since the quantity and quality of nutrients obtained during feeding and absorbed by the mesentery can cause changes in the processes of vitellogenesis, spermyogenesis, development of reproductive structures, maturation and egg production (Cruz et al. 2016; Costa et al. 2017). In addition, lesions in the reproductive system of insects treated by SIT are a reflection of the increased sensitivity of their germ cells to radiation (Silva et al. 2007). Rocha (2011), after using the SIT to control *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae), observed that gamma radiation caused sterility in females, while in males it reduced the size of the testicles by 25% and caused a reduction in the number of sperm.

Although several reports in the literature have successfully associated the techniques mentioned above, few studies in Brazil have investigated the effects of this method on cotton pests, specifically on *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae). This holometabolic beetle is the main threat to fiber cultivation due to losses of up to 75% of production (Abreu et al. 2013). Its reproductive capacity combined with endophytic development, makes it difficult for products used in the field to penetrate (Agro 2019). For its control, broad-spectrum synthetic insecticides, such as neonicotinoids, pyrethroids and organophosphates, are administered, which considerably increase production costs and pose a threat to the ecosystem due to their low volatility and selectivity in the environment (Costa et al. 2017). In addition, they can favor the occurrence of resistance in populations (Finkler 2013).

Given the above, this research aimed to evaluate the effect of the low frequency magnetic field (60 Hz), at different times, in the midgut and in the adult reproductive system of this weevil, planning its possible application in the field through the SIT.

2 | MATERIAL AND METHODS

For the experiments, 15 males and 15 females were individualized plastic containers and were placed under a platform associated with a pair of Helmholtz coils. The emission was controlled and the exposure to the MF was at the intensity of 1.15 mT, for 2 and 4 hours daily for 5 days each. After the period, the midgut and gonads of the insects were collected and fixed in 10% formaldehyde for 24 hours. Subsequently, they were dehydrated and included in historesin and cut using a Leica® 2035 semiautomatic microtome and the sections stained with Toluidine Blue. Histological analysis was performed using an OLYMPUS BX49 optical microscope and photographed using an OLYMPUS BX51 photomicroscope. For morphometric studies, the area and diameter of the testicular follicles and the area, the diameter of the oocyte and the nucleus of the ovarioles were evaluated. The histological

analysis images were digitized by the LAS Leica Image software. The morphometric analysis was performed in the ImageJ software and the unit of measurement of length was calibrated according to the scale of the image captured in the photomicroscope. Each testicular follicle and ovary was considered one repetition and each treatment consisted of 10 repetitions. Morphometric data were analyzed using the Wilcoxon-Mann-Whitney test ($P < 0.05$).

3 | RESULTS

Histological analysis of the midgut of non-irradiated insects showed an organ covered externally by circular and longitudinal muscles, with organized epithelium (Figures 1A and B). In the irradiated insects (2h / 5 days and 4h / 5 days) there was detachment of the intestinal epithelium with desquamation of the columnar cells and the nuclei were expelled (Figures 1C, D, E and F).

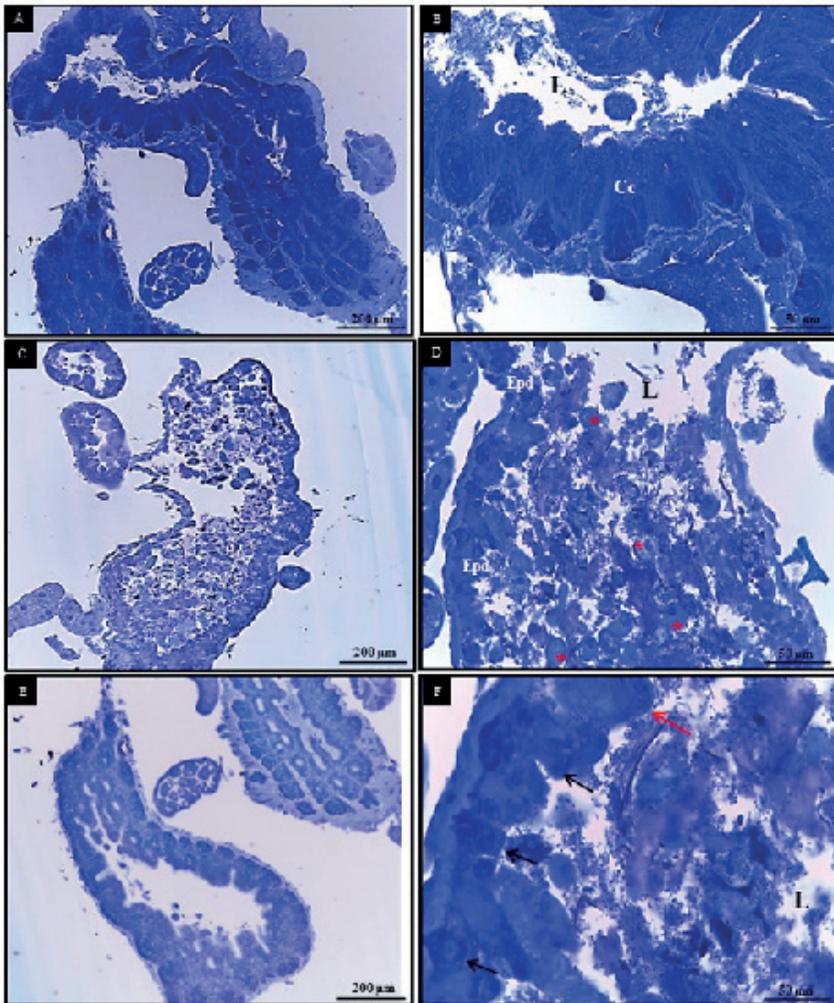


Figure 1. Microscopy of light of the midgut of adults of *Anthonomus grandis* exposed or not to the low-frequency magnetic field. Coloration with Toluidine Blue. A and B – non-irradiated – observe the presence of columnar cells (Cc); C and D – 2 h of daily exposition to magnetic field at a frequency of 1,15 mT for 5 days; E and F – 4 h of daily exposition to magnetic field at a frequency of 1,15 mT for 5 days. Observe the disorganized epithelium (Epd), detachment of columnar cells, expelled nuclei (red asterisk), regenerative cells (black arrow) and intestinal lumen (L).

In testicular histology, treatment and control, a covering of connective tissue, or peritoneal sheath, was observed in all its extension, with invaginations forming septa, dividing the testis into several follicles, with several sperm (Figure 2).

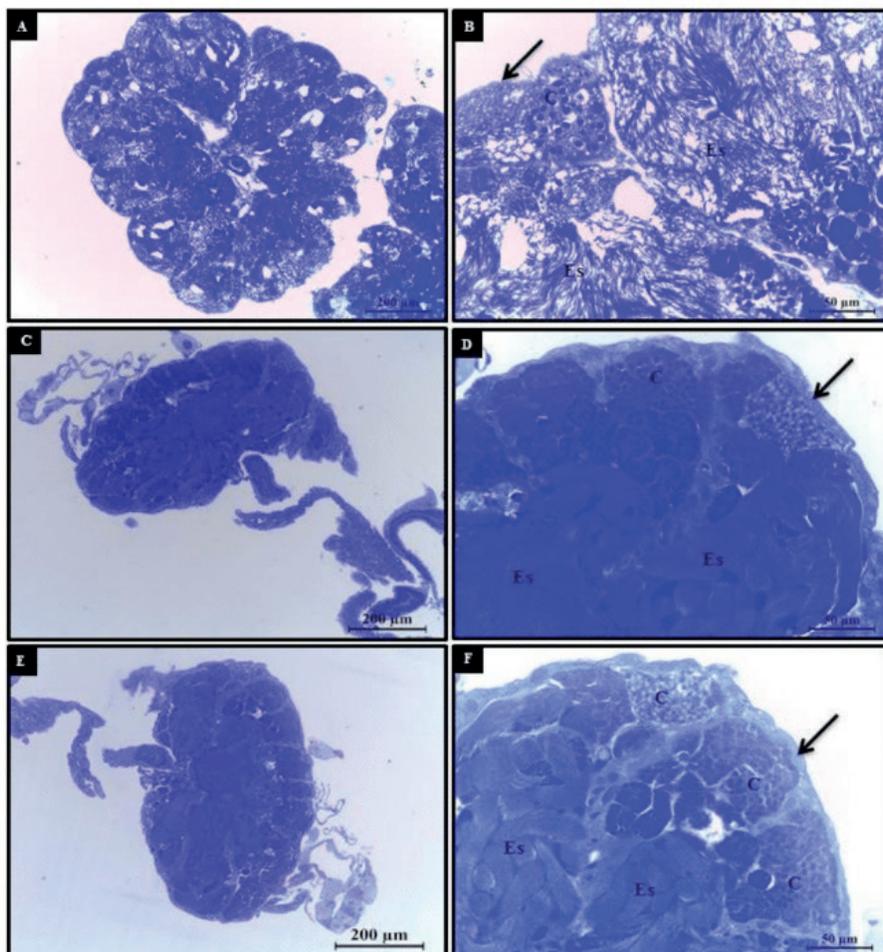


Figure 2. Microscopy of light of the testicles of adults of *Anthonomus grandis* exposed or not to the low-frequency magnetic field. Coloration with Toluidine Blue. A and B – non-irradiated; C and D – 2 h of daily exposition to magnetic field at a frequency of 1,15 mT for 5 days; E and F – 4 h of daily exposition to magnetic field at a frequency of 1,15 mT for 5 days. Sperm (Es); Cysts (C); Connective tissue (long arrows).

The ovarioles of the same treatments had a developed vitellar region, the oocytes were covered by an epithelium consisting of follicular cells and the ovarioles by a connective tissue sheath. (Figure 3). From the morphological evaluation of these structures, no visible changes were observed in the gonads of insects when compared to the control.

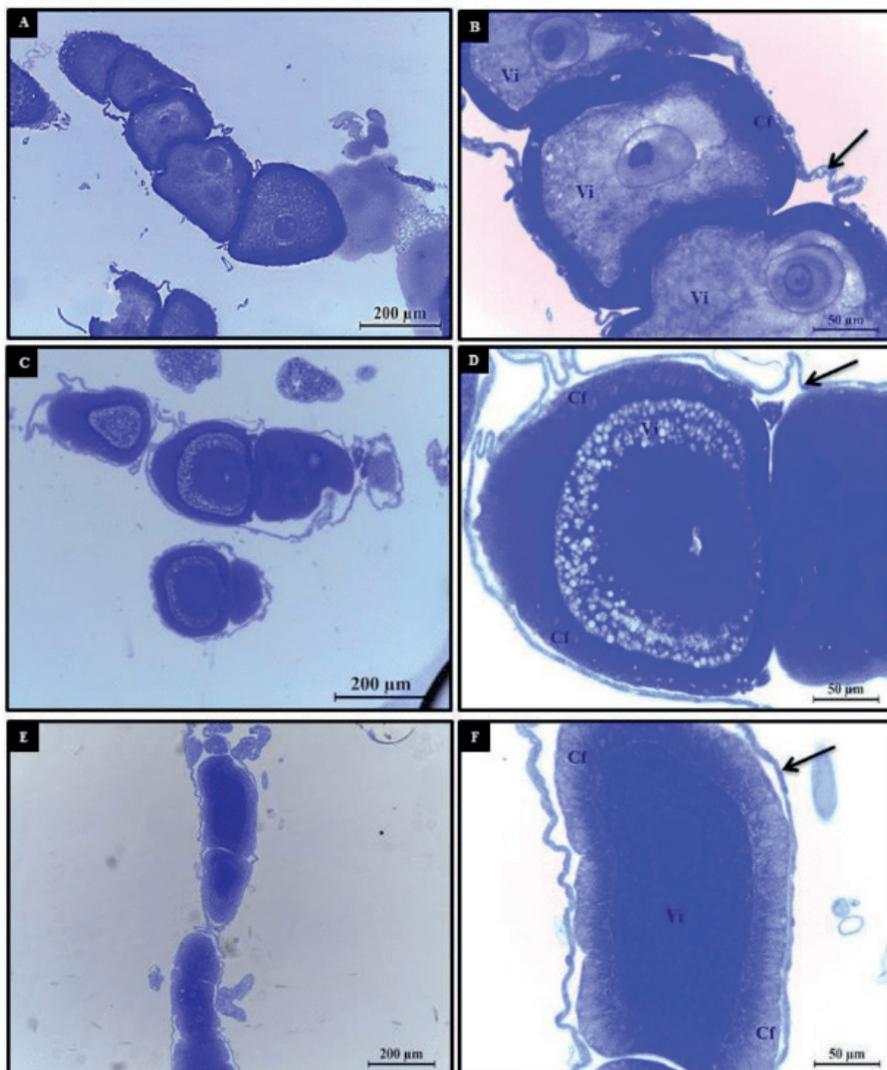


Figure 3. Microscopy of light of the ovarioles of adults of *Anthonomus grandis* exposed or not to the low-frequency magnetic field. Coloration with Toluidine Blue. A and B – non-irradiated; C and D – 2 h of daily exposition to magnetic field at a frequency of 1,15 mT for 5 days; E and F – 4 h of daily exposition to magnetic field at a frequency of 1,15 mT for 5 days. Vitellarium (Vi); Follicular cells (Cf); sheath of connective tissue (long arrow).

The morphometric studies of these structures showed changes in all parameters studied, after evaluation by the Wilcoxon-Mann-Whitney test ($P < 0.05$). In males, there was a reduction in the area and diameter of the testicular follicles in the treatments of 2 hours and 4 hours in relation to the control (Figure 4). In females, the oocyte area (μm^2) decreased in 2 hours and 4 hours, compared to the control. The same pattern was observed for the oocyte diameter, area of the oocyte nucleus and diameter of the oocyte nucleus (μm)

2 hours, 4 hours and control (Figure 4).

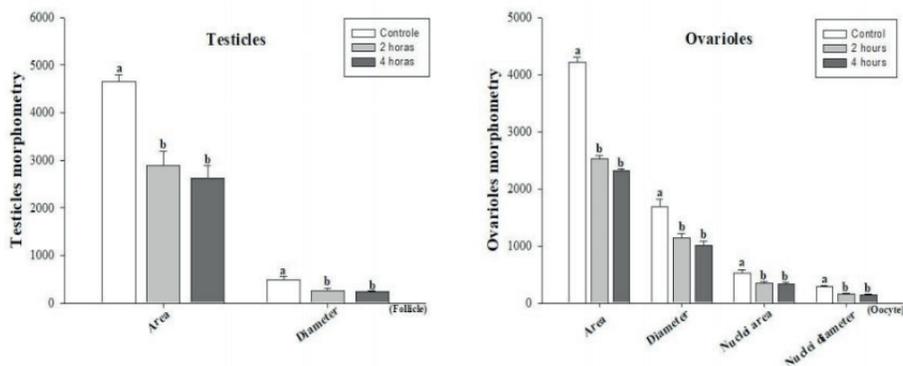


Figure 4: Averages and standard deviation of area (μm^2) and diameter (μm) of the follicles in the testis of *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae). Averages and standard deviation of the oocyte area (μm^2), oocyte diameter (μm), area of the oocyte nucleus (μm^2) and diameter of the oocyte nucleus (μm) in the ovarioles of *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae).

In addition, insect flight behavior was observed in the MF exposure area, tending to remain at the ends of the container. It was also noticeable the high mortality rate of men in relation to women in both groups.

4 | DISCUSSION

Histological damage in the *A. grandis* midgut is reflected in decreased sperm production in the testes after exposure to gamma radiation (Riemann & Flint 1967). This is because this organ is the main region responsible for the absorption of nutrients, synthesis and secretion of enzymes and hormones (Chapman 2013). Therefore, cellular lesions in the midgut can prevent and / or delay the absorption and transformation of these molecules, negatively influencing the functions in the body (Costa et al. 2017).

Although no direct damage to the morphology of the boll weevil was observed in this research, germ cells were more sensitive than somatic cells. Damage to these cells can trigger sterility, aspermia or inactivation of sperm in males, inability to mate and lethal mutation dominant in males or females (Silva et al. 2007). Araújo (2017) observed disorganization of the testicular tissue and the presence of gaps between the germ cells of males of *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) after exposure to 100 Gy gamma irradiation. Younes et al. (2009) reported histopathological effects on the ovarioles of *Bactrocera zonata* (Saund.), such as degeneration and atrophy when exposed to gamma radiation.

On the other hand, the reduction in all morphometric parameters evaluated can be

an indicator of epithelial reorganization due to the acceleration of the cell renewal process in response to possible damage (Nogarol & Fontanetti 2010). Costa et al. (2020) when analyzing radiosterilization in pupae of *Anastrepha obliqua* (Macquart) (Diptera: Tephritidae) verified ovarian atrophy and inhibition of egg production in females, while in males there was inhibition of testicular development at doses above 40 Gy. Mastrangelo et al. (2017) observed a reduction in the length, width and area of the ovarioles of *Anastrepha fraterculus* (Wied.) Treated with different doses of gamma radiation.

The lower female mortality rate may be associated with greater nutritional intake, since they need more energy for egg production (Cruz et al. 2016). Therefore, responses to radiation can be influenced by parameters such as species, age, sex. In addition, the escape behavior observed in insects is based on the Faraday Law of magnetic induction and on the ferromagnetic hypothesis, which is based on the presence of magnetic particles in the organism that act as field sensors (Acosta-Avalos & Linhares 2000). The results described by Giovanella et al. (2014) after the exposure of the termite *Cryptotermes brevis* (Walker) (Blattaria: Kalotermitidae) to a low frequency electromagnetic field, corroborate the results obtained in this research.

5 | CONCLUSION

The low-frequency magnetic field (60 Hz) can be an instrument to control *A. grandis* populations, as it has caused damage in the midgut, repellency of the exposure area, mortality, and morphometric changes in the gonads of the insect, indicating a tissue degenerative process. Furthermore, it proves to be a safer method, due to the non-persistence of substances in the environment and can be associated with other control methods, such as SIT, and consequently adapting to Integrated Pest Management, IPM.

REFERENCES

ABREU, Samuel Campos et al. **Desempenho de genótipos de algodoeiro sob pressão de bicudo**. *Biotemas*, v. 26, n. 2, p. 77-82, 2013.

ACOSTA-AVALOS, Daniel; LINHARES, Marília Paixão. **Insetos sociais: um exemplo de magnetismo animal**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. 2000.

ARAÚJO, Márcio Martins de. **Esterilização de machos de *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) com irradiação gama visando controle em culturas de importância econômica**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CHAPMAN, R. F. **Structure of the digestive system**. *Comprehensive insect physiology, biochemistry, and pharmacology*, p. 165-211, 2013.

COSTA, Karen Zamboni et al. **Quality control and characterization of the testicles and ovaries of irradiated *Anastrepha obliqua* from Brazil**. *Scientia Agricola*, v. 77, n. 1, 2020.

COSTA, Hilton Nobre et al. **Lufenuron impact upon *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) midgut and its reflection in gametogenesis. Pesticide biochemistry and physiology**, v. 137, p. 71-80, 2017.

CRUZ, Glaucilane dos Santos et al. **Sublethal effects of essential oils from *Eucalyptus staigeriana* (Myrtales: Myrtaceae), *Ocimum gratissimum* (Lamiales: Lamiaceae), and *Foeniculum vulgare* (Apiales: Apiaceae) on the biology of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)**. *Journal of Economic Entomology*, v. 109, n. 2, p. 660-666, 2016.

FINKLER, Christine Lamemha Luna. **Controle de insetos: uma breve revisão. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v. 8, p. 169-189, 2013.

FLORÊNCIO, Sloana Giesta Lemos. **Potencial de uso de machos esterilizados por radiação gama (^{60}Co) para o controle populacional de *Aedes aegypti* (Diptera-Culicidae): um caminho biotecnológico do laboratório para o campo**. 2017. Tese de doutorado. Universidade Federal de Pernambuco.

GIOVANELLA, Rodrigo, ROCHA, Márcio Peireira da; BERLEZE, Sérgio Luiz Meister. **Influência do campo eletromagnético no comportamento de cupins de madeira seca (*Cryptotermes brevis*)**. *Floresta e Ambiente*, 21 (4), 551-560. 2014.

Instituto Agro. Disponível em: <https://institutoagro.com.br/bicudo-do-algodoeiro/>. Acesso em: 20/03/2020.

LORO, Ana Carolina et al. **Radiação Ionizante na Agroindústria: Revisão sobre as Vantagens, Efeitos e Possibilidades de Uso em Alimentos de Origem Vegetal no Brasil**. *RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais*, v. 20, n. 2, p. 42-59, 2018.

MASTRANGELO, Thiago, BOTTEON, Victor; SCOPEL, Wanessa. **Effects of Gamma Radiation on the Ovarian Development of the South American Fruit Fly, *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830)**. International Nuclear Atlantic Conference – INAC. 2017.

NOGAROL, Larissa Rosa; FONTANETTI, Carmem Silvia. **Acute and subchronic exposure of diplopods to substrate containing sewage mud: Tissular responses of the midgut**. *Micron*, v. 41, n. 3, p. 239-246, 2010.

RIEMANN, John G.; FLINT, Hollis M. **Irradiation effects on midguts and testes of the adult boll weevil, *Anthonomus grandis*, determined by histological and shielding studies**. *Annals of the entomological society of America*, v. 60, n. 2, p. 298-308, 1967.

ROCHA, Aline Cristina Pereira da. **Determinação da dose de radiação gama esterilizante pela avaliação dos parâmetros biológicos de machos de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), linhagem tsl-Vienna 8**. 2011. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo.

SILVA, L. K. F. et al. **Uso da radiação gama do cobalto-60 visando ao tratamento quarentenário e à esterilização de *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae)**. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, v. 33, p. 427-438, 2007.

YOUNES, M. W. F. et al. **Histopathological effects of gamma irradiation on the peach fruit fly, *Bactrocera zonata* (Saund.) female gonads**. *J. Appl. Sci. Res.*, v. 5, n. 3, p. 305-10, 2009.

CAPÍTULO 13

EFEITO DO GLYPHOSATE ASSOCIADO A INOCULANTES E TRATAMENTO DE SEMENTES NA SOJA E COMUNIDADE BACTERIANA

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 16/11/2020

Evelin Regina Albano Balastrelli

Universidade do Estado de Mato Grosso
Tangara da Serra – Mato Grosso
<http://lattes.cnpq.br/3423483929678693>

Miriam Hiroko Inoue

Universidade do Estado de Mato Grosso
Tangara da Serra – Mato Grosso
<http://lattes.cnpq.br/5603582678388704>

Hilton Marcelo de Lima Souza

Universidade do Estado de Mato Grosso
Tangara da Serra – Mato Grosso
<http://lattes.cnpq.br/1783017496393700>

Kassio Ferreira Mendes

Universidade Federal de Viçosa, Departamento
de Agronomia
Viçosa- Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/7101423608732888>

Ana Carolina Dias Guimarães

Universidade do Estado de Mato Grosso
Tangara da Serra – Mato Grosso
<http://lattes.cnpq.br/5753126877699144>

Antonio Marcos Leite da Silva

Universidade do Estado de Mato Grosso
Tangara da Serra – Mato Grosso
<http://lattes.cnpq.br/3881566821234263>

Cleber Daniel de Goes Maciel

Universidade Estadual do Centro Oeste
Guarapuava – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/9449940655719033>

João Paulo Matias

Universidade Estadual do Centro Oeste
Guarapuava – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/7370310874388049>

Paulo Ricardo Junges dos Santos

Universidade do Estado de Mato Grosso
Tangara da Serra – Mato Grosso
<http://lattes.cnpq.br/0039475704145678>

Thaiany Fernandes

Universidade do Estado de Mato Grosso
Tangara da Serra – Mato Grosso
<http://lattes.cnpq.br/0587863983859836>

RESUMO: Apesar da intensa utilização, pouco se conhece sobre o efeito do glyphosate nas populações bacterianas do solo junto ao desenvolvimento da soja, aliado ao uso de inoculantes biológicos e/ou tratamento de sementes. Assim, o trabalho objetivou; 1) Avaliar o efeito das aplicações do glyphosate e de inoculantes comerciais sobre o desenvolvimento das cultivares de soja transgênicas e convencional, bem como sobre a estrutura da comunidade bacteriana do solo; e 2) analisar o efeito do glyphosate e do tratamento de semente (fungicida+inseticida) sobre o desenvolvimento das cultivares transgênicas. O desenvolvimento vegetal foi avaliado a partir do número e massa seca de nódulos, massa seca da parte aérea e massa seca da raiz. Os resultados mostraram que o inoculante contendo *Bradyrhizobium japonicum* proporcionou melhor desempenho em relação ao *B. elkanii*. Além disso, o glyphosate aplicado ao solo e nas plantas após a emergência, reduziu

número e massa de nódulos, massa seca da parte aérea e massa seca de raiz, além de influenciar na comunidade bacteriana do solo.

PALAVRAS - CHAVE: cultivares, *Glycine max*, herbicida

EFFECT OF GLYPHOSATE ASSOCIATED WITH INOCULANTS AND SEED TREATMENT ON SOYBEAN AND BACTERIAL COMMUNITY

ABSTRACT: Despite the intense use, little is known about the effect of glyphosate on bacterial populations of the soil along with soybean development, combined with the use of biological inoculants and / or seed treatment. Thus, the work aimed; 1) Assess the effect of glyphosate and commercial inoculants applications on the development of transgenic and conventional soybean cultivars, as well as on the structure of the soil bacterial community; and 2) to analyze the effect of glyphosate and seed treatment (fungicide + insecticide) on the development of transgenic cultivars. Plant development was evaluated based on the number and dry mass of nodules, dry mass of the aerial part and dry mass of the root. The results showed that the inoculant containing *Bradyrhizobium japonicum* provided better performance in relation to *B. elkanii*. In addition, the glyphosate applied to the soil and plants after emergence reduced the number and mass of nodules, the dry mass of the aerial part and the dry mass of the root, in addition to influencing the soil bacterial community.

KEYWORDS: cultivars, *Glycine max*, herbicide

1 | INTRODUÇÃO

Por meio da modernização, houve expansão da agricultura e aumento da produção, principalmente de grãos, tornando o Brasil, o segundo produtor mundial de soja, com produtividade de 117 milhões de toneladas (CIB, 2020). O estado de Mato Grosso foi o que mais contribuiu para esses números, com área plantada de 9,70 milhões de hectares e produtividade de 32,46 milhões de toneladas (CIB, 2020).

Isso se deve muito a oportunidade do uso de cultivares resistentes ao glyphosate, que, no início, trouxe mais facilidades e menor custo aos agricultores no manejo de plantas daninhas nas lavouras, principalmente de soja (Sausen et al., 2020). Entretanto, a soja RR mesmo sendo resistente ao herbicida, pode sofrer injúrias, como baixa nodulação e consequentemente impactos sobre a produtividade da cultura pela sensibilidade que há nas bactérias fixadoras de nitrogênio, pois estas possuem a EPSPs suscetível ao glyphosate, o que pode interferir na fixação biológica do nitrogênio (FBN) (Zablotowicz & Reddy, 2007).

É por meio da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) que o N_2 é reduzido a NH_3 pela ação de microorganismos de vida livre que são associados às plantas ou simbioses. Nas leguminosas, essa associação simbiótica ocorre pelas bactérias conhecidas como rizóbio, que interagem com as raízes para formar os nódulos, estes que são tão importantes para a produtividade da cultura da soja (Vieira, 2017). Estas bactérias juntas com os fungos arbusculares, são microrganismos endossimbiontes que garantem suprimentos de nutrientes as plantas e estes podem ser afetados pela aplicação do glyphosate (Van

Bruggen et al., 2018).

Alguns estudos buscam compreender os efeitos do glyphosate nos microrganismos do solo em ambientes laboratoriais controlados, como os rizóbios (Malty et al., 2006), porém, são poucos os com finalidade de estudar seus efeitos nas populações bacterianas do solo junto ao desenvolvimento da soja. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito das aplicações do glyphosate, dos inoculantes comerciais contendo *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii* e tratamento de semente com fungicida+inseticida, sobre determinados aspectos físicos do desenvolvimento vegetal e simbiótico da soja, bem como da comunidade bacteriana do solo.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois estudos em casa de vegetação utilizando amostras de solo coletadas na profundidade de 0-20 cm em Tangará da Serra – MT, (S 20° 45' 20" e O 42° 52' 40"; altitude de 440 m). As amostras foram acondicionadas em vasos com capacidade de 5,5 L. O solo foi caracterizado como Argissolo-Vermelho e as características físicas e químicas do solo estão apresentadas na Tabela 1.

Química							Física			
pH	P	K	K	Ca+Mg	Ca	Mg	H+Al	Areia	Silte	Argila
H ₂ O	(mg dm ⁻³)			(cmolc dm ⁻³)				(g kg ⁻¹)		
5,8	4,3	126,45	0,32	3,53	1,74	1,79	5,12	292	134	574

Tabela 1. Características química e física do solo utilizado neste estudo

Fonte: Laboratório de Solos da Universidade do Estado do Mato Grosso (UNEMAT), Tangará da Serra – MT

O delineamento experimental utilizado no estudo um, foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 4x2x2, composto de quatro cultivares (CONVENCIONAL 4182; TMG 2181 RR; TMG 2173 RR e IPRO 8372 RR), dois inoculantes, *B. japonicum* SEMIA 5079 e SEMIA 5080 (5 x 10⁹ células viáveis mL⁻¹, na dose de 1,42 mL kg⁻¹ de semente) e *B. elkanii* SEMIA 587 e SEMIA 5019 (5 x 10⁹ células viáveis g⁻¹, na dose de 1,42 g kg⁻¹ de semente) e, dois tratamentos, com presença ou ausência do herbicida, sendo a testemunha (sem aplicação de glyphosate) e aplicação em pré-semeadura da cultura (glyphosate na dose 1.440 g ha⁻¹, sete dias antes da semeadura).

Para o estudo dois, o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2x2x4 composto de duas cultivares transgênicas (TMG 2181 RR; TMG 2173 RR), dois tratamentos de semente, sendo com ausência e presença de inseticida

(fipronil) + fungicida (carbendazim) na dose de 0,50 + 0,50 g kg⁻¹ de sementes e, quatro tratamentos com aplicação de glyphosate: testemunha (sem aplicação de glyphosate), em pré-semeadura da cultura (aplicação de glyphosate na dose 1.440 g ha⁻¹, sete dias antes da semeadura), em pós-emergência da cultura (aplicação de glyphosate na dose 1.440 g ha⁻¹, quinze dias após emergência das plantas) e o pré + pós (aplicação de glyphosate sete dias antes da semeadura + aplicação do herbicida quinze dias depois da emergência das plantas).

As aplicações do glyphosate, ocorreram sete dias antes da semeadura para os dois estudos, sendo uma aplicação para o estudo um, no dia 16 de novembro de 2018, com temperatura média de 24,65°C, precipitação média de 31,5 mm e umidade relativa de 84,96% conforme dados do Laboratório de clima da Universidade do Estado do Mato Grosso – Campus de Tangará da Serra – MT (Geoclima MT) e, outra aplicação para o estudo dois no dia 22 de novembro de 2018, com temperatura média de 24,35°C, precipitação média de 0,25 mm e umidade relativa de 85,47% (Geoclima MT).

Para os tratamentos em pré-semeadura, o glyphosate foi aplicado diretamente ao solo e para os tratamentos em pós-emergência das plantas de soja do estudo dois, a aplicação do herbicida aconteceu dia 10 de dezembro de 2018, com clima de 26,16°C, precipitação de 0 mm e umidade relativa de 80,06% (Geoclima MT).

Os tratamentos foram escolhidos com base no manejo utilizado na região onde estão localizados os estudos e, em cada operação de aplicação do herbicida, foi utilizado pulverizador costal pressurizadora base de CO₂, disposto de uma barra com quatro pontas leque XR- 110.02, com vazão correspondente a 150 L ha⁻¹.

A inoculação com as estirpes de bactérias foi realizada 30 minutos antes da semeadura direta das cultivares de soja. No dia 23 de novembro de 2018 aconteceu a semeadura do estudo um e, no dia 29 de novembro de 2018, a semeadura do estudo dois, apenas com *B. japonicum* SEMIA 5079 e SEMIA 5080 (5 x 10⁹ células viáveis mL⁻¹, na dose de 1,42 mL Kg⁻¹ de semente). Para os dois estudos foram semeadas cinco sementes por vaso e, sete dias após a emergência das plantas, aconteceu o desbaste, deixando-se duas plantas por vaso, uniformes e equidistantes. A partir dos tratamentos realizados, para sugerir se ocorre ou não injúrias nas plantas de soja e nas bactérias, foram realizadas coletas da parte aérea, das raízes e do solo.

No primeiro estudo, foi realizado análise da comunidade bacteriana por meio da contagem de Unidades Formadoras de Colônias (UFCs). Para tanto, o solo rizosférico da soja foi coletado com auxílio de colheres estéreis e armazenado em sacos de polietileno estéreis, formando amostras mistas para cada tratamento e cultivar. Em seguida, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Fitopatologia da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Em laboratório, 10 g desse solo foi homogeneizado com 90 mL de solução salina em Erlenmeyers. Após isso, foram feitas diluições seriadas em série até 10⁵ diluição, e transferido 0,1 mL em placas de Petri contendo meio de cultura

Ágar Nutriente (NA) em triplicata por amostra, espalhadas pela superfície com uma alça de Drigalski. As placas foram incubadas em estufa BOD, com temperaturas a 28°C e a contagem das UFCs de bactérias foi realizada após 24 h e 48h, conforme metodologia descrita por Dobereiner et al. (1995).

As coletas das plantas para avaliações de número e massa seca de nódulos, massa seca das raízes e da massa seca da parte aérea e teores de N foliar, foram realizadas quando as plantas atingiram o estágio V1, quinze dias após a semeadura dos dois estudos, por meio do arranquio manual da planta inteira, separando os trifólios, parte aérea e raízes, mediante corte no ponto de inserção cotiledonar, e separando os nódulos das raízes manualmente.

Após a separação dos nódulos das raízes, a nodulação foi avaliada pela contagem e secagem dos nódulos do sistema radicular de uma planta por vaso. Em seguida, realizou-se a secagem dos nódulos e das raízes, em estufa de circulação de ar forçada a 60 °C por 72 h, e posteriormente pesados para massa seca de nódulos e raízes. Avaliações da massa seca da parte aérea da soja foram feitas por meio de amostragens de uma planta por vaso. Posteriormente secas em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C, até atingirem massa constante, e por fim, pesadas.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA) e aqueles que apresentaram variação foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk, para avaliar a normalidade. As médias, foram comparadas pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% por meio do programa estatístico SISVAR.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados sobre os aspectos físicos do desenvolvimento vegetal da soja do estudo um, especificamente número, massa seca de nódulos e massa seca da parte aérea, utilizando as cultivares convencional (TMG4182) e transgênicas (TMG 2181 RR; TMG 2173 RR e M 8372 RR), indicaram haver correlações entre as cultivares e o glyphosate, sem interferência dos inoculantes. Diferente para os resultados de massa seca de raiz e nitrogênio (N) foliar.

Com relação ao número de nódulos é possível observar diferenças entre as cultivares no tratamento testemunha e em pré-semeadura. Na testemunha, a cultivar TMG 4182, teve maior número de nódulos (143,37) dentre as cultivares. A TMG 2181 IPRO e a M 8372 IPRO, apresentaram redução de 9,24% e 6,19 nódulos, respectivamente, em comparação a cultivar convencional, não havendo diferenças entre si e, o menor número de nódulos, comparado com as outras cultivares do estudo um, foi da TMG 2173 IPRO (119,75) (Tabela 2).

Os dados da Tabela 2 indicam que no tratamento em pré-semeadura, a cultivar convencional TMG 4182 e a M 8372 IPRO, tiveram número de nódulos semelhantes (84,25

e 85,75) seguido das cultivares TMG 2181 IPRO e TMG 2173 IPRO, que apresentaram 78,75 e 77 nódulos.

Tratamentos	Cultivar			
	TMG 4182 CV	TMG 2181	TMG 2173	M 8372
Número de Nódulos				
Testemunha	143,37 Aa	130,12 Ba	119,75 Ca	134,50 Ba
Pré-semeadura	84,25 Ab	78,75 Bb	77,00 Bb	85,75 Ab
CV (%)	5,74			
Massa seca de nódulos (g planta ⁻¹)				
Testemunha	409,25 Aa	363,00 Ba	352,87 Ba	368,87 Ba
Pré-semeadura	107,75 Bb	104,25 Bb	106,75 Bb	137,37 Ab
CV (%)	11,99			
Massa seca da parte aérea (g planta ⁻¹)				
Testemunha	13,97 Aa	13,06 Ba	12,32 Ca	13,08 Ba
Pré-semeadura	8,48 Ab	7,75 Ab	8,19 Ab	8,18 Ab
CV (%)	6,14			

Tabela 2. Número, massa seca de nódulos e massa seca da parte aérea das interações entre cultivares de soja e glyphosate do estudo um

Médias acompanhadas de letras maiúsculas iguais na linha e letras minúsculas iguais na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância

Os resultados para número de nódulos foram maiores, em todas as cultivares, no tratamento testemunha comparado com o tratamento em pré-semeadura. Em média, para cada grama de glyphosate houve redução de 0,03 nódulos, demonstrando que, a presença do herbicida no solo, pode alterar a quantidade de nódulos das plantas de soja, convencional ou RR (Tabela 2).

Alguns estudos já relataram que a presença deste herbicida, em grande maioria aplicado em pós-emergência, ocasiona alguns danos a cultura da soja. Por exemplo, Serra et al. (2011), avaliando aplicações em doses diferentes de glyphosate no estágio V3,

constatarem que houve redução no número de nódulos, em 50% em média em comparação da maior dose aplicada (2.590 g ha^{-1}) com o tratamento testemunha.

O efeito residual dos herbicidas, incluindo o glyphosate, dependerá da dinâmica deles junto ao solo, e em se tratando do glyphosate, este possui alta capacidade de sorção e depende da atividade microbiana para sua decomposição (Sterren et al., 2016). Assim, quando é utilizado em pós emergência na soja RR, apenas parte do glyphosate chega ao solo, porém a aplicação desse estudo ocorreu diretamente no solo, então todo o ingrediente ativo chegou de forma original ao solo, o que pode ter influenciado na redução das bactérias fixadoras de nitrogênio, e em consequência, afetando a nodulação e desenvolvimento da planta.

Para a massa seca de nódulos, os resultados foram semelhantes ao número de nódulos, verificando que houve redução na presença do herbicida na dose de 1.440 g ha^{-1} . A cultivar convencional TMG 4182, no tratamento testemunha, apresentou maior número de nódulos em relação as cultivares transgênicas e maior massa seca de nódulos ($409,25 \text{ g planta}$) (Tabela 2).

Houve uma redução da massa seca de nódulos, do tratamento testemunha em relação ao em pré-semeadura, 73,67; 71,29 e 69,75% da cultivar TMG 4182, TMG 2181 e TMG 2173, respectivamente. A tecnologia M 8372 IPRO, com a aplicação do herbicida, foi a que sofreu menor redução da massa seca, em relação ao tratamento testemunha, diminuindo 62,76%. Dvoranen et al. (2008) perceberam também uma redução de 9,94% de matéria seca de nódulos totais acumulados (MSNT), utilizando a soja BRS 245 RR, quando houve aplicação em V4 (20 dias após emergência) de glyphosate em dose única (720 g ha^{-1}).

Esses resultados de número e massa seca de nódulos estão relacionados com a fixação biológica de nitrogênio, uma vez que, as bactérias que realizam a simbiose com as leguminosas, as *Bradyrhizobium*, são sensíveis ao glyphosate por possuírem a EPSPs suscetível ao herbicida, o que poderia prejudicar a fixação biológica de nitrogênio e conseqüentemente, podendo ocorrer inibição da produção de nódulos (Zablotowicz & Reddy, 2007).

Em comparação ao tratamento em pré-semeadura com a testemunha, a massa seca da parte aérea diminuiu cerca de 39,30% para a cultivar convencional, 40,66% para a cultivar TMG 2181 IPRO, 33,52% para a TMG 2173 IPRO e 37,46% para a M 8372 IPRO, respectivamente (Tabela 2).

A cultivar convencional TMG 4182 apresentou, dentre as cultivares, maior massa seca da parte aérea no tratamento testemunha e com glyphosate, não houve diferenças entre as cultivares. Percebe-se que, no geral, os dados de pré-semeadura não menores que os da testemunha, independente das cultivares. A redução da massa seca da parte aérea pode ser afetada também devido ao estresse fisiológico que as plantas passam quando há a presença do glyphosate (Serra et al., 2011).

Ao analisar a massa seca da raiz, percebe-se que diferente do número e massa seca de nódulos e massa seca da parte aérea, não houve interação entre cultivares e tratamentos com glyphosate, porém, eles foram significativos (Tabela 3). Semelhante aos dados de número, massa seca de nódulos e massa seca da parte aérea, a presença do glyphosate novamente ocasionou redução, cerca de 58,33% em relação ao tratamento testemunha para massa seca de raiz.

Massa seca de raiz (g planta ⁻¹)	
Testemunha	9,24 A
Pré-semeadura	3,85 B
CV (%)	7,06

Tabela 3. Massa seca de raiz das cultivares de soja e aplicações de glyphosate do estudo um

Médias acompanhadas de letras iguais não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância

Injúrias nas raízes das plantas de soja pela presença do glyphosate também são relatadas por Zablutowicz & Reddy (2007), que observaram em um estudo com duração de dois anos que, no primeiro ano, houve redução da biomassa de raízes de soja RR (20 a 25%), na dose de 2.520 g ha⁻¹ de glyphosate, em comparação ao testemunha. Porém, no segundo ano, os mesmos autores verificaram que não houve influência da aplicação na raiz, mostrando que as condições foram mais favoráveis às plantas e elas se recuperaram do efeito negativo que o herbicida havia causado no ano anterior.

Em se tratando das cultivares, houve diferenças entre elas. As plantas provenientes da convencional TMG 4182 apresentaram maior massa seca de raiz e, as cultivares TMG 2181, TMG 2173 e M 8372, não apresentaram dados diferentes, estatisticamente (Tabela 4).

Massa seca de raiz (g planta ⁻¹)	
TMG 4182 CV	6,94 A
TMG 2181	6,44 B
TMG 2173	6,18 B
M 8372	6,61 B
CV (%)	7,06

Tabela 4. Massa seca de raiz das cultivares de soja e aplicações de glyphosate do estudo um Médias acompanhadas de letras iguais não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância

Os estudos indicam que, pode haver diferenças em relação a tolerância de variedades (Dvoranen et al., 2008) devido alguns microrganismos possuírem mais afinidade com alguns genótipos de planta (Cardoso & Andreote, 2016). Por isso os resultados podem diferir entre as cultivares, como os resultados das UFCs apresentados nesse estudo, pois foram utilizadas diferentes variedades de sementes (Tabela 5).

	TMG 4182	TMG 2181	TMG 2173	M 8372 IPRO
<i>B. japonicum</i>				
Glyphosate	UFC (g ⁻¹)			
Testemunha	22,00 X 10 ⁵	4,67 X 10 ⁵	233,67 x 10 ⁵	140,00 x 10 ⁵
Pré – semeadura	10,67 X 10 ⁵	6,33 X 10 ⁵	30,00 X 10 ⁵	15,33 X 10 ⁵
<i>B. elkanii</i>				
Glyphosate	UFC (g ⁻¹)			
Testemunha	5,33X 10 ⁵	10 X 10 ⁵	10,67 X 10 ⁵	3,33 X 10 ⁵
Pré – semeadura	8,00 X 10 ⁵	2,33 X 10 ⁵	9,67 X 10 ⁵	1,33 X 10 ⁵

Tabela 5. Unidades Formadoras de Colônias (UFCs) do solo rizosférico do estudo um

Para as bactérias, houve maior quantidade de UFC g⁻¹ de solo quando utilizou-se *B. japonicum*, em destaque os tratamentos testemunhas das cultivares TMG 2173 (233,67 x 10⁵ UFC g⁻¹) e a M 8372 IPRO (140,00 x 10⁵ UFC g⁻¹). Diferente dos resultados encontrados por Malty et al. (2006), em estudo in vitro, o inoculante *B. japonicum* SEMIA 5080 foi mais sensível comparado ao *B. elkanii* SEMIA 5019, IMPA 553 A (*B. elkanii*) e IMPA 80 A (*B. japonicum*) em doses normais de campo. Essas diferenças podem ocorrer pelas diferentes variedades genéticas das cultivares (Serra et al., 2011) e pela seleção de microrganismos específicos para a planta (Cardoso & Andreote, 2016).

O glyphosate pode ter sido mais nocivo as bactérias da estirpe *B. elkanii*, visto que os efeitos que ocorrem no crescimento das estirpes, estão diretamente ligados as diferentes formulações dos herbicidas, como os solventes, surfactantes, agente molhantes, etc. (Bossolani et al., 2018).

Os dados do estudo dois indicam que, os tratamentos com e sem fungicida não apresentaram resultados significativos para número e massa seca dos nódulos, massa seca da parte aérea e massa seca de raiz. No estudo realizado por Gomes et al. (2017), também em vasos, com sementes de soja tratada com inoculante *B. japonicum*, juntamente com os inseticidas fipronil e carbendazim, verificaram que o tratamento na semente em conjunto, não prejudicou a nodulação, o teor de N foliar, crescimento da planta e muito menos a massa de grão por planta e de 100 grãos, para a soja TMG 133 RR. Porém, no presente estudo, o tratamento de semente foi significativo ($p < 0,01$) para teor de N foliar.

Os tratamentos testemunhas, em pré-semeadura, pós-semeadura e pré + pós-semeadura de glyphosate, foram significativos para número e massa seca de nódulos ($p < 0,01$). Para massa da parte aérea ($p < 0,05$) e massa seca da raiz ($p < 0,01$), houve interação das cultivares TMG 2181 IPRO e TMG 2173 IPRO com os tratamentos testemunha, pré-semeadura, pós-emergência e pré + pós-emergência.

Quando houve a aplicação de glyphosate, o número de nódulos foi reduzido conforme as aplicações desse herbicida (Tabela 6). As plantas do tratamento testemunha apresentaram maior número de nódulos (123,09), em relação aos outros tratamentos. Quando houve aplicação do herbicida, a quantidade de nódulos reduziu cerca de 40,65% no tratamento pré-semeadura, 44,20% no tratamento em pós-emergência e, a maior redução ocorreu no tratamento pré + pós-emergência, cerca de 82,28% a menos comparado com o tratamento testemunha (Tabela 6).

	Número de nódulos	Massa seca de nódulos (g)
Testemunha	123,09 A	433,37 A
Pré-semeadura	73,06 B	134,43 B
Pós-emergência	68,69 B	153,93 B
Pré + pós-emergência	21,81 C	79,75 C
CV (%)	14,12	48,77

Tabela 6. Número e massa seca de nódulos dos tratamentos com glyphosate do estudo dois Médias acompanhadas de letras iguais não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância

Dvoranem et al. (2008) observaram que aplicando glyphosate na fase inicial (12 dias após a emergência - DAE) ocasionou maior danos aos números de nódulos comparado a aplicação aos 24 DAE em pós-emergência das plantas, mostrando que, a época de aplicação pode afetar o número de nódulos das cultivares de soja, bem como as aplicações sequenciais (pré + pós-emergência).

O tratamento testemunha foi o que resultou em maior massa seca de nódulos (433,37 g) em relação ao tratamento pré-semeadura (134,43 g) e pós-emergência (153,93 g) e, não houve diferenças entre esses dois tratamentos. No tratamento pré + pós-emergência, a redução foi de 81,60% em comparação ao tratamento testemunha.

Para a massa seca da parte aérea (Tabela 7), também foi observado que na presença do herbicida, houve redução dos valores. A cultivar TMG 218, em comparação ao tratamento testemunha, apresentou redução de massa de 29,85% e 26,71% nos tratamentos pré-semeadura e pós-emergência, sendo estes, valores semelhantes. Na aplicação pré + pós-emergência, a quantidade de massa diminuiu em 50,76%. Os tratamentos em pré-semeadura, pós-emergência e pré + pós-emergência, não diferenciaram dos mesmos tratamentos para a cultivar TMG 2173, apenas o testemunha mostrou massa maior para

essa cultivar.

Glyphosate	Massa seca da parte aérea (g)	
	TMG 2181	TMG 2173
Testemunha	13,70 Ba	19,70 Aa
Pré-semeadura	9,61 Ab	9,26 Ab
Pós-emergência	10,04 Ab	9,55 Ab
Pré + pós-emergência	6,75 Ac	7,04 Ac
CV (%)	18,67	

Tabela 7. Massa seca da parte aérea da interação dos tratamentos de glyphosate com as cultivares de soja do estudo dois

Médias acompanhadas de letras iguais não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância

De forma semelhante aos resultados da TMG 2181, a cultivar TMG 2173 também demonstrou reduções de massa nas aplicações em pré-semeadura (52,99%) e em pós-emergência (51,52%). Novamente, o tratamento com duas aplicações de glyphosate diminuiu 64,26% de massa em relação ao tratamento testemunha.

A presença do glyphosate também ocasionou redução da massa seca de raiz. Isso pode ocorrer pelo processo de degradação do glyphosate pela planta, em que há a formação do metabólito ácido aminometilfosfônico (AMPA), que é um composto secundário, e pode causar efeitos fitotóxicos na planta, ocasionando queda do crescimento da soja e alterações fisiológicas (Serra et al., 2011).

A massa seca da raiz também diminuiu com a presença do herbicida para as duas cultivares, que apenas no tratamento testemunha, apresentaram valores que se diferenciaram estatisticamente (Tabela 8). Percebe-se que há maior redução quando há aplicação sequencial do herbicida. Essas injúrias podem ocorrer porque o glyphosate pode limitar a absorção dos nutrientes em plantas pelas raízes, dificultando o crescimento e desenvolvimento das plantas, o que vai refletir não só nas raízes, mas na parte aérea e em outros processos (Rabello et al., 2015).

	TMG 2181	TMG 2173
Glyphosate	Massa seca da raiz (g)	
Testemunha	10,86 Aa	9,74 Ba
Pré-semeadura	5,15 Ab	5,35 Ab
Pós-emergência	5,32 Ab	5,71 Ab
Pré + pós-emergência	3,99 Ac	3,87 Ac
CV (%)	12,14	

Tabela 8. Massa seca da parte da raiz da interação dos tratamentos de glyphosate com as cultivares de soja do estudo dois

Médias acompanhadas de letras maiúsculas iguais na linha e letras minúsculas iguais na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância

Os resultados deste estudo permitem concluir que o inoculante contendo *B. japonicum* proporcionou melhor desempenho em relação ao *B. elkanii*. Além disso, o glyphosate aplicado ao solo sete dias antes da semeadura no solo e após a emergência das plantas, reduziu alguns aspectos do desenvolvimento da soja e na comunidade bacteriana do solo.

REFERÊNCIAS

Bossolani, J.W.; Poloni, N.M.; Lazarini, E.; Bettiol, J.V.T.; Filho, J.A.F.; Negrisoni, M.M. Development of RR soybean in function of glyphosate doses and *Bradyrhizobium* inoculation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.12, p.854-858, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n12p854-858>.

Cardoso, E.J.B.N.; Andreote, F.D. **Microbiologia do solo**. Piracicaba - SP: ESALQ, 2016. 221p.

CIB. **Quando foram desenvolvidos os primeiros transgênicos**. Disponível em: <<https://cib.org.br/faq/quando-foram-desenvolvidos-os-primeiros-transgenicos/>>. 12 Fev. 2020.

Döbereiner, J.; Baldani, V.L.D.; Baldani, J.I. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas**. Brasília - DF: EMBRAPA-SPI; Itaguaí: EMBRAPA-CNPAB, 1995. 60p.

Dvoranem, E.C.; Oliveira Jr., R.S.; Constantin, J.; Cavaliere, S.D.; Blainski, E. Nodulação e crescimento de variedades de soja RR sob aplicação de glyphosate, fluzazifop-p-butyl e fomesafen. **Planta Daninha**, v.26, n.3, p.619-625, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000300018>.

Gomes, Y.C.B.; Dalchiavon, F.C.; Valadão, F.C.A. Joint use of fungicides, insecticides and inoculants in the treatment of soybean seeds. **Revista Ceres**, v.64, n.3, p.258-265, 2017. <https://doi.org/10.1590/0034-737x201764030006>.

Malty, J.S.; Siqueira, J.O.; Moreira, F.M.S. Efeitos do glifosato sobre microorganismos simbióticos de soja em meio de cultura e casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.2, p.285-291, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000200013>.

Rabello, W.S.; Monnerat, P.R.; Campanharo, M.; Vasconcelos, J.F.S.JR. Produção de massa seca e teores de nutrientes de feijoeiro comum submetido a deriva de glyphosate em duas classes de solo. **Revista Ceres**, v.62, n.4, p.384-391, 2015. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562040008>.

Sausen, D.; Marques, L.P.; Bezerra, L.O.; Silva, E.S.; Candido, D. Biotecnologia aplicada ao manejo de plantas daninhas. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.5, p.23150-23169, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-027>.

Serra, A.P.; Marchetti, M.E.; Candido, A.C.S.; Dias, A.C.R.; Christoffoleti, P.J. Influência do glyphosate na eficiência nutricional do nitrogênio, manganês, ferro, cobre e zinco em soja resistente ao glyphosate. **Ciência Rural**, v.41, n.1, p.77-84, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782011000100013>.

Sterren, M.A.; Urich, W.; Benintende, S. Residualidad de glifosato en suelos de Entre Ríos y su efecto sobre los microorganismos del suelo. **Ecología Austral**, v.26, n.3, p.246-255, 2016. http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/95/201. 16 Jan. 2020.

Van Bruggen, A.H.C.; He, M.M.; Shin, K.; Mai, V.; Jeong, K.C.; Finckh, M.R.; Morres Jr., J.G. Environmental and health effects of the herbicide glyphosate. **Science of the Environment**, v.616-617, n.1, p.255-268, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.309>.

Vieira, R.F. **Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas**. Brasília - DF: EMBRAPA, 2017. 163p.

Zablotowicz, R.M.; Reddy, K.N. Nitrogenase activity, nitrogen content, and yield responses to glyphosate in glyphosate-resistant soybean. **Crop Protection**, v.26, n.26, p.370-376, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.05.013>.

CAPÍTULO 14

IMPACTO DO ESTRESSE CALÓRICO NA BOVINOCULTURA LEITEIRA

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 05/11/2020

Maila Palmeira

Universidade Federal do Paraná, Pós
Graduação em Zootecnia
Curitiba - PR
<http://lattes.cnpq.br/7795650008616842>

Luciano Adnauer Stingelin

Instituto Federal Catarinense- *Campus*
Araquari. Mestre em Produção e Sanidade
Animal
Araquari – SC
<http://lattes.cnpq.br/9526481392404267>

Giovanna Mendonça Araujo

Instituto Federal Catarinense- *Campus*
Araquari. Graduando em Medicina Veterinária
Araquari – SC
<http://lattes.cnpq.br/5298859911790757>

Bruno Alexandre Dombroski Casas

Instituto Federal Catarinense- *Campus*
Araquari. Médico Veterinário.
Araquari – SC
<http://lattes.cnpq.br/2854204949695984>

Fabiana Moreira

Instituto Federal Catarinense- *Campus*
Araquari. Docente no Programa de Pós
Graduação em Produção e Sanidade Animal.
Araquari – SC
<http://lattes.cnpq.br/0851313213905403>

Vanessa Peripolli

Instituto Federal Catarinense- *Campus*
Araquari. Docente no Programa de Pós

Graduação em Produção e Sanidade Animal.
Araquari – SC
<http://lattes.cnpq.br/5838692965770724>

Ivan Bianchi

Instituto Federal Catarinense- *Campus*
Araquari. Docente no Programa de Pós
Graduação em Produção e Sanidade Animal.
Araquari – SC
<http://lattes.cnpq.br/0834047314981471>

Carlos Eduardo Nogueira Martins

Instituto Federal Catarinense- *Campus*
Araquari. Docente no Programa de Pós
Graduação em Produção e Sanidade Animal.
Araquari – SC
<http://lattes.cnpq.br/1431752098142423>

Juahil Martins de Oliveira Júnior

Instituto Federal Catarinense- *Campus*
Araquari. Docente no Programa de Pós
Graduação em Produção e Sanidade Animal.
Araquari – SC
<http://lattes.cnpq.br/6360826499042991>

Elizabeth Schwegler

Instituto Federal Catarinense- *Campus*
Araquari. Docente no Programa de Pós
Graduação em Produção e Sanidade Animal.
Araquari – SC
<http://lattes.cnpq.br/8951946913416730>

RESUMO: O estresse calórico ocasiona perdas expressivas na bovinocultura leiteira, especialmente em países com temperaturas elevadas, como o Brasil. Além de impactos na reprodução e produtividade do rebanho, altos índices de temperatura e umidade reduzem o

bem-estar animal, sendo imprescindível a adoção de medidas que os minimizem. Vacas em situação de estresse calórico apresentam redução no consumo de matéria seca, maiores taxas de lipólise e conseqüentemente corpos cetônicos circulantes, redução das funções imunes e menor produção de leite. O índice utilizado para mensuração de conforto térmico é denominado como índice de temperatura e umidade (ITU) e pode ser facilmente mensurado em propriedades leiteiras, para gerenciamento das ambiências. A adoção de manejos responsáveis a redução da incidência de raios solares, principalmente em animais a pastoreio, mostra-se eficaz, com maiores produções leiteiras e maiores taxas de concepção em vacas sob sombreamento, quando comparadas a vacas expostas ao sol. Em animais confinados, técnicas de ventilação e aspersão de água são frequentemente utilizadas e resultam em maior produção de leite. Além das técnicas citadas de ambiência, medidas nutricionais podem ser adotadas na atenuação do estresse calórico. Óleos essenciais suplementados a vacas leiteiras foram capazes de reduzir a temperatura vaginal e diminuir a contagem de células somáticas, sugerindo papel na saúde da glândula mamária. Altos índices de temperatura e umidade são desafiadores a bovinocultura leiteira, porém, são crescentes os esforços e estudos acerca do tema, mostrando novas possibilidades no combate a essa limitação.

PALAVRAS - CHAVE: ambiência, ITU, óleo essencial.

HEAT STRESS IMPACTS IN DAIRY CATTLE

ABSTRACT: Heat stress causes significant losses in dairy cattle, especially in countries with high temperatures, such as Brazil. Besides impacts on the reproduction and productivity of the herd, high levels of temperature and humidity impares animal welfare, and the adoption of measures that minimize these impacts is essential. Cows in heat stress have reduced dry matter intake, higher lipolysis rates and consequently circulating ketone bodies, reduced immune functions and less milk production. The index used to measure thermic comfort is denominated temperature and humidity index (THI) and can be easily measured on dairy farms, for managing ambiences. The adoption of managements responsible for reducing the incidence of sunlight, especially in grazing cows, has been shown to be effective, with higher milk yields and higher conception rates in cows under shade, when compared to cows exposed to the sun. In confined animals, ventilation and water spraying techniques are often used and results in increased milk production. In addition to the aforementioned techniques of ambience, nutritional measures can be adopted to reduce heat stress. Essential oils supplemented for dairy cows were able to reduce the vaginal temperature and decrease the somatic cell count, suggesting a role in the health of the mammary gland. High rates of temperature and humidity are challenging for the dairy cattle production, however, efforts and studies on the subject are increasing, showing new possibilities in combating this limitation.

KEYWORDS: ambience, THI, essential oil.

A bovinocultura leiteira é essencial ao agronegócio, tendo importância no cenário produtivo e econômico mundial, crescendo nas últimas três décadas em mais de 50% na produção mundial, obtendo a marca de 769 milhões de toneladas de leite em 2013 (FAO, 2016). A produção leiteira abrange aproximadamente 150 milhões de lares mundialmente, permitindo o desenvolvimento de pequenos produtores e da agricultura familiar (FAO,

2016).

No cenário brasileiro, a produção leiteira é expressiva, sendo o leite um dos seis produtos mais importantes da agropecuária brasileira, essencial no suprimento de alimentos e na geração de emprego e renda para a população (EMBRAPA, 2016). Em 2014, a produção leiteira chegou a marca de 35,17 bilhões de litros, caracterizando a região Sul como maior produtora do país, representando 34,7% do total nacional (IBGE, 2016). Já no ano de 2019 houve a maior captação de leite cru feita pelos estabelecimentos que atuam sob algum tipo de inspeção sanitária para um primeiro trimestre desde 1997, chegando a 6,20 bilhões de litros, equivalente a um aumento de 3,0% em relação ao 1º trimestre de 2018 (IBGE, 2019).

Considerando as características climáticas do Brasil, país tropical com temperaturas médias do ar entre 20° C e 32°C em boa parte do ano, alcançando temperaturas de 35°C a 38°C, observa-se efeito negativo na atividade leiteira devido as altas temperaturas para bovinos especializados em produção de leite (REZENDE et al., 2016). Vacas holandesas são as mais utilizadas na produção leiteira, por apresentarem alta produtividade, porém são sensíveis a altas temperaturas, sendo impactadas diretamente pelas condições climáticas brasileiras. Nos Estados Unidos estima-se que, as perdas anuais decorrentes do estresse térmico sejam em torno de US\$ 1,69 a 2,36 bilhões, dos quais US\$900 milhões são prejuízos específicos da bovinocultura leiteira, devido a perdas produtivas e reprodutivas (ST-PIERRE et al., 2003).

As respostas fisiológicas de animais a temperatura ambiental são estudadas como forma de caracterizar situações de estresse térmico causado por tensões exercidas pelo meio (POLSKY et al., 2017). Dentre os diversos componentes capazes de interferir na resposta produtiva individual do animal, fatores como temperatura ambiente, umidade, radiação solar e velocidade do vento destacam-se com grande influência na produção pecuária (HULME, 2005).

A produção de calor em animais homeotérmicos é oriunda primariamente da conversão da energia química estocada nos alimentos ou nas reservas corporais. Quando a soma da quantidade de calor advinda do ambiente com aquela produzida pelo metabolismo é igual às perdas, se obtém a condição de equilíbrio térmico ou homeostase (ESMAY, 1969). Sob condições de elevadas temperaturas e níveis de umidade, a homeostase pode não ser obtida e então o animal passa a armazenar energia térmica nos tecidos, elevando a temperatura corporal, ocasionando o estresse calórico (MCLEAN, 1963; FINCH, 1985).

ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE COMO PREDITOR DE ESTRESSE CALÓRICO

Em relação as condições ambientais de estresse térmico, sua descrição deve-se através do índice de temperatura-umidade (ITU). O ITU foi introduzido pela primeira vez

por THOM (1959) para descrever o efeito da temperatura ambiente em humanos. Neste índice, são incorporados os efeitos da temperatura ambiente com a umidade relativa do ar, e atualmente vários índices foram adaptados para descrever as condições ambientais que favorecem o estresse térmico na bovinocultura leiteira (DE RENSIS et al., 2015).

Os resultados do ITU dividem-se em categorias, onde os pontos de corte determinantes para a definição de condições de estresse, variam de acordo com diferentes autores e condições ambientais. ARMSTRONG (1994) determinou o ITU inferior a 71 como uma zona de conforto térmico, 72 a 79 como estresse térmico moderado, 80 a 90 como zona de estresse e acima de 90 como estresse calórico severo. DE RENSIS et al. (2015), ao avaliarem as respostas clínicas, produtivas e reprodutivas de vacas leiteiras, utilizaram o ITU inferior a 68 como zona de conforto térmico. Entre o ITU de 68 a 74, foram observados leves sinais de desconforto, como constante movimentação e aumento da ingestão de água, definindo assim uma zona de estresse moderado. E o ITU acima 75 como estresse calórico severo, podendo causar reduções drásticas no desempenho produtivo e reprodutivo. Os mesmos pontos de corte foram utilizados por BRANDÃO et al. (2016), mantendo-se até o hoje o ITU < 68 como indicativo de conforto térmico. O valor do ITU é um dos principais pontos determinantes para as decisões de gerenciamento relacionadas ao estresse térmico, já que dados de temperatura ambiente e umidade relativa do ar podem ser facilmente obtidos (POLSKY et al., 2017).

IMPACTOS PRODUTIVOS, REPRODUTIVOS E IMUNES DO ESTRESSE CALÓRICO

Vacas em situação de estresse calórico possuem redução da ingestão de matéria seca, ocasionando a redução da disponibilidade de nutrientes para produção de leite (WEST, 2003; RHOADS et al., 2009). A produção leiteira pode reduzir em até 53% e o consumo de matéria seca declinar em 48% (GARNER et al., 2017), sendo essas reduções proporcionais entre si. Além disso, vacas expostas em ambientes de alta temperatura e constantes raios solares, podem apresentar alterações na composição do leite com 49% a menos de gordura, se comparadas com animais adequadamente ambientados (GARNER et al., 2017).

Durante o período seco, o estresse calórico é capaz de alterar a resposta imune, evidenciada pelo decréscimo da proliferação linfocitária e produção diminuída de anticorpos a antígenos não-específicos. Pode-se observar efeitos residuais negativos na próxima lactação, como produção de leite diminuída, pela redução da proliferação de células mamárias durante o período pré-parto (TAO et al., 2011; FABRIS et al., 2017).

Além disso, de acordo com De RENSIS & SCARAMUZZI (2003), a taxa de concepção do rebanho decai em 20 a 30% durante o verão. Os animais apresentam redução da intensidade de expressão do estro devido ao comprometimento da produção hormonal

decorrente da baixa ingestão de matéria seca (IMS) e o alto estresse oxidativo para manutenção metabólica (WESTWOOD et al., 2002). As perdas produtivas e reprodutivas mediante o estresse térmico poderão ser exacerbadas em períodos metabólicos críticos, como o pós-parto recente. Nesse período o balanço energético negativo é agravado devido as condições ambientais desfavoráveis, ocasionando alta liberação de corpos cetônicos, depressão do sistema imune e aumento de marcadores inflamatórios como as proteínas de fase aguda (BACCARI, 2001).

Em animais desafiados e expostos a estresse calórico, há variação no metabolismo da glicose. A concentração de lactose associada a disponibilidade de glicose secretada pelo fígado, na quebra da homeostase, será utilizada preferencialmente para processos distintos a secreção de leite, como manutenção do metabolismo basal (KASSUBE et al., 2017). Por consequência ocorre a liberação de corpos cetônicos e outros componentes como ácidos graxos não esterificados (AGNES) que são indicadores de lipólise. A mobilização lipídica ocorre devido à alta demanda energética no período de transição nas vacas. Os lipídios corpóreos são transformados em ácidos graxos não esterificados, que são parcialmente utilizados pelos tecidos e a maior parte metabolizada por hepatócitos. A partir disso podem ser transformadas em cetonas, sendo utilizadas em certa extensão como fonte de energia pelo coração, cérebro, fígado e tecido mamário, constituindo-se de um bom indicador de balanço energético negativo (ABDELLI et al., 2017). O intenso processo de oxidação de AGNES no fígado resulta em estresse oxidativo durante o período de transição (TURK et al., 2013), prejudicando a saúde dos animais e consequentemente seu desempenho produtivo.

ESTRATÉGIAS PARA MINIMIZAR O ESTRESSE CALÓRICO

Animais criados em sistema de pastoreio são mais afetados pela incidência de raios solares, ocasionando acréscimo do calor corporal interno, constituindo um dos principais causadores de estresse calórico. Por isso a adoção de técnicas para sombreamento visam atenuar o efeito da radiação sobre os animais (BAËTA e SOUZA, 1997). Roman-Ponce et al. (1977) concluíram que, em região de clima subtropical, vacas alojadas em abrigos sombreados contra a radiação solar, produziram 10,7% mais leite e apresentaram maior taxa de concepção, quando comparadas com aquelas alojadas em locais sem proteção.

Um outro sistema que pode ser empregado quando a temperatura ambiente for maior do que o conforto térmico de bovinos leiteiros, consiste em se aumentar a taxa de ventilação, através do acréscimo da taxa de renovação do ar favorecendo a perda de calor por via convectiva, consequentemente eliminando o calor produzido pelos animais, para evitar temperatura excessiva dentro da instalação. Além disso, pode ser utilizada a estratégia de aspersão de água, como forma de resfriar os animais. Estudos demonstraram que vacas holandesas de alta produção, confinadas e com livre acesso à sombra e

forragem e aspergidas com água sempre que a temperatura do ar excedeu 26 graus Celsius, produziram 4,8 kg d⁻¹ a mais de leite que seus pares sem aspersão de água (Hall et al., 1997).

Além das estratégias citadas, pode-se adotar medidas nutricionais como forma de prevenir efeitos deletérios do estresse calórico. LEIVA et al. (2017) ao suplementarem vacas com aditivo de óleos essenciais, observaram temperaturas vaginais mais baixas e maior ingestão de matéria seca do que os animais do grupo controle, sem o aditivo, sugerindo a capacidade de atenuação da temperatura corporal em resposta ao uso do incremento alimentar. Além disso, no grupo controle foi observada maior quantidade de contagem de células somáticas, corroborando com os dados de HASHEMZADEH-CIGARI et al. (2014). Nos últimos anos, diversos estudos foram conduzidos com óleos essenciais com objetivos de atenuar os impactos do estresse calórico em vacas leiteiras, sendo uma área de estudo em crescimento.

Os desafios na bovinocultura leiteira, em países com alto ITU, são diversos. Desde as ambiências adotadas como forma de atenuação do estresse calórico, até medidas nutricionais com suplementação de óleos essenciais, os estudos acerca do tema são numerosos e promissores. É imprescindível que o conforto térmico seja buscado, almejando o bem-estar animal, melhor produtividade e consequentemente rentabilidade da propriedade.

REFERÊNCIAS

- Abdelli A., Raboisson D., Kaidi R., Ibrahim B., Kalem A., Iguer-Ouada M. **Elevated non-esterified fatty acid and β -hydroxybutyrate in transition dairy cows and their association with reproductive performance and disorders: A meta-analysis.** *Theriogenology*. 2017; 93, 99-104.
- Armstrong D.V. **Heat stress interaction with shade and cooling.** *Journal of Dairy Science*. 1994; 77, 2044–2050.
- Baccari F.J. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes.** Londrina: Eduel, 2001; 142.
- Baêta, F.C. **Instalações para gado leiteiro na região do mercosul.** In: Congresso Brasileiro de Biometeorologia, 2. Anais... SBB. Goiânia, 1998, p.162-173.
- Brandão A.P., Cooke R. F., Corrá F. N., Piccolo M.B., Gennari R., Leiva T., Vasconcelos J.L.M. **Physiologic, health, and production responses of dairy cows supplemented with an immunomodulatory feed ingredient during the transition period.** *Journal of Dairy Science*. 2016; 7, 5562-5572.
- De Rensis F., Scaramuzzi R.J. **Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow—A review.** *Theriogenology*. 2003; 60, 1139–1151.
- De Rensis F., Garcia-Ispuerto I., López-Gatius F. **Seasonal heat stress: Clinical implications and hormone treatments for the fertility of dairy cows.** *Theriogenology*. 2015; 84, 659–666.

Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **Gado do Leite – Importância Econômica**, 2016.

Esmay M.L. **Principles of animal environment**. 1 Ed. Michigan: Westport AVI Publ. CO. 1969; 1, 325.

Fabris T.F., Laporta J., Corra F.N., Torres Y.M., Kirk D.J., Mclean D.J., Chapman J.D., Dahl G.E. **Effect of nutritional immunomodulation and heat stress during the dry period on subsequent performance of cows**. Journal of dairy science. 2017; 100, 6733-6742.

Finch V.A. **Comparison of non-evaporative heat transfer in different cattle breeds**. Australian Journal of Agricultural Research. 1985; 36, 497-508, 1985.

Food And Agriculture Organization Of The United Nations (FAO). **Dairy Production and Products – Milk Production**, 2016.

Garner J.B., Douglas M., Williams S.R.O., Wales W.J., Marett L.C., Digiacomo K., Leury B.J., Hayes B.J. **Responses of dairy cows to short-term heat stress in controlled-climate chambers**. Animal Production Science. 2017; 57, 1233-1241.

Hall, A.B.; Young, B.A.; Goodwin, P.J.; Gaughan, J.M.; Davison, T. **Alleviation of excessive heat load in the high producing dairy cow**. Livestock Environment, V, Iowa, v.2, p.928-935. 1997.

Hashemzadeh-Cigari F., Khorvash M., Ghorbani G.R., Kadivar M., Riasi A., Zebeli Q. **Effects of supplementation with a phytobiotics-rich herbal mixture on performance, udder health, and metabolic status of Holstein cows with various levels of milk somatic cell counts**. Journal of dairy science. 2014; 97, 7487-7497.

Hulme P.E. **Adapting to climate change: Is there scope for ecological management in the face of a global threat?** Journal of Applied Ecology. 2005; 42, 784-94.

Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística - IBGE. **Produção da Pecuária Nacional 2016**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>

Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística - IBGE. **Produção da Pecuária Nacional 2019**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>

Kassube K.R., Kaufman J.D., Pohler K.G., Mcaffaden J.W., Rius A.G. **Jugular-infused methionine, lysine and branched-chain amino acids does not improve milk production in Holstein cows experiencing heat stress**. Animal. 2017; 4, 1-9.

Leiva T., Cooke R.F., Brandão A.P., Schubach K.M., Batista L.F.D., Miranda M.F., Colombo E.A., Rodrigues R.O., Junior J.R.G., Cerri R.L.A., Vasconcelos J.L.M. **Supplementing an immunomodulatory feed ingredient to modulate thermoregulation, physiologic, and production responses in lactating dairy cows under heat stress conditions**. Journal of Dairy Science. 2017; 100, 4829–4838.

Mclean J.A. **The partition of insensible losses of body weight in heat from cattle under various climatic conditions**. Journal of Physiology. 1963; 167, 427-447.

Naas, I.A., Júnior, I.A. **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, v.5, n.1, p.139-142, 2001.

Polsky L.B., Madureira A.M., Filho E.L.D., Soriano S., Sica A.F., Vasconcelos J.L., Cerri R.L. **Association between ambient temperature and humidity, vaginal temperature, and automatic activity monitoring on induced estrus in lactating cows.** Journal of Dairy Science. 2017; 100, 8590-8601.

Rezende S.R., Munhoz S.K., Nascimento M.R.B.M. & Guimarães J.L.N. **Características de termorregulação em vacas leiteiras em ambiente tropical: revisão.** Veterinária Notícias. 2016; 21, 18-29.

Rhoads M.L., Rhoads R.P., Vanbaale M.J., Collier R.J., Sanders S.R., Weber, W.J., Crooker B.A., Baumgard L.H. **Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin.** Journal of Dairy Science. 2009; 92, 1986–1997.

Roman-Ponce, H.; Thatcher, W.W.; Buffington, D.E.; Wilcox, C.J.; van Horn, H.H. **Physiological and production responses of dairy cattle to a shade structure in a subtropical environment.** Journal of Dairy Science, 1977, 60, 424-430.

St-Pierre N.R., Cobanov B., Schnitkey G. **Economic losses from heat stress by US livestock industries.** Journal of Dairy Science. 2003; 86, 52–77.

Tao S., Bubolz J.W., Amaral B.C., Thompson I.M., Hayen M.J., Johnson S.E., Dahl G.E. **Effect of heat stress during the dry period on mammary gland development.** Journal of dairy science. 2001; 94, 5976-5986.

Thom, E.C. **The discomfort index.** Weatherwise. 1959; 12, 57–69.

West J.W. **Effects of heat-stress on production in dairy cattle.** Journal of Dairy Science. 2003; 86, 2131–2144.

Westwood C.T., Lean I.J., Garvin J.K. **Factors influencing fertility of Holstein dairy cows: a multivariate description.** Journal of Dairy Science. 2002; 85, 3225–3237.

INFLUÊNCIA DO DESFOLHAMENTO NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO DO MILHO

Data de aceite: 01/02/2021

João Henrique Sobjeiro Andrzejewski

Universidade Estadual do Norte do Paraná –
Campus Luiz Meghel
Bandeirantes, PR.

Silvestre Bellettini

Universidade Estadual Paulista Julho de
Mesquita Filho – UNESP, Botucatu - SP
Bandeirantes, PR.

Nair Mieko Takaki Bellettini (In Memoriam)

Universidade Estadual de Londrina – UEL,
Londrina – PR
Bandeirantes, PR.

Eduardo Mafra Botti Bernardes de Oliveira

Universidade Estadual do Norte do Paraná
Campus Luiz Meghel
Bandeirantes, PR.

RESUMO: Um fator de importância que influencia o rendimento da cultura do milho é a área foliar. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do desfolhamento artificial nos componentes de produção do milho, em 4 safras, 2018/2019 e 2019 em Bandeirantes – PR; 2019/2020 e 2020 em Itambaracá – PR, com cultivar de milho Status Viptera 3. Foram utilizados 7 tratamentos com 4 repetições sendo: T1: plantas totalmente desfolhadas; T2: 4 folhas abaixo da inserção da espiga; T3: 4 folhas acima da inserção da espiga; T4: 2 folhas abaixo e 2 acima da inserção da espiga; T5: 1 acima e 3 abaixo da inserção

da espiga; T6: 3 folhas acima e 1 abaixo da inserção da espiga e T7: plantas sem remoção das folhas (testemunha). Avaliou-se o estande inicial e final, altura de plantas e de inserção da espiga, número de colmos podres, plantas quebradas e acamadas, produtividade e massa de 1.000 grãos nas duas linhas centrais de cada parcela, número de fileira de grãos e grãos por espiga. Conclui-se que Independentemente dos locais e safras, o nível de desfolha provocado artificialmente no estádio R1, até quatro folhas, não afeta os componentes de rendimento avaliados.

PALAVRAS - CHAVE: *Zea mays* L., Área Foliar, Produtividade.

INFLUENCE OF DEFOLIATION ON MAIZE PRODUCTION COMPONENTS

ABSTRACT: A fact of importance that influences the yield of the corn crop is the leaf area. The objective of this study was to evaluate the influence of artificial defoliation on the components of corn production, in 4 harvests, 2018/2019 and 2019 in Bandeirantes - PR; 2019/2020 and 2020 in Itambaracá - PR, with Status Viptera 3 corn hybrid. 7 treatments with 4 replications were used, being: T1: fully defoliated plants; T2: 4 leaves below the ear insert; T3: 4 leaves above the ear insert; T4: 2 leaves below and 2 above the ear insert; T5: 1 above and 3 below the ear insert; T6: 3 leaves above and 1 below the ear insertion and T7: plants without leaf removal (control). The initial and final stand, height of plants and ear insertion, number of rotten stems, broken and bedded plants, productivity and mass of 1,000

grains were evaluated in the two central lines of each plot, number of grains and grains per spike. It is concluded that independently of the locations and harvests, the level of defoliation artificially caused at stage R1, up to four leaves, does not affect the evaluated yield components. **KEYWORDS:** *Zea mays*, Leaf area, Productivity.

1 | INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.), originário das Américas, é uma das commodities de maior importância no Brasil e no mundo devido a ampla forma de utilização. (EMBRAPA MILHO E SORGO, 2015). Comparado a outras espécies cultivadas, apresenta grande avanço no que se diz respeito aos conhecimentos sobre Ecologia e Etnobiologia – fatores preponderantes ao entendimento do comportamento da planta quando submetida a ações negativas advindas da atuação de agentes abióticos e bióticos (FANCELLI, 2017). Todos esses fatores determinam o crescimento e desenvolvimento da planta (Embrapa Milho e Sorgo, 2015), visto que em sua evolução para sua permanência, desenvolvem mecanismos de respostas contra pragas e doenças que quando acionados reconhecem a agressão (SHEWRY E LUCAS, 1997). Portanto ampliar o conhecimento acerca da cultura do milho considerando o cenário agrícola presente e o possível futuro deste é preponderante a fim de estabelecer produções eficientes e racionais (FANCELLI, 2017).

Por ser uma planta “C₄”, o milho apresenta rendimentos crescentes com o aumento da intensidade luminosa, o que lhe caracteriza pela alta produtividade biológica (Fancelli, 2017), entretanto a capacidade de desenvolvimento dos grãos é resultado do suprimento de fotoassimilados (Gondim, 2006), sendo assim, a cultura possui alta sensibilidade a desfolha provocada por agentes bióticos, como a lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), e abióticos, como o granizo (VARGAS, 2010).

A contribuição das folhas para o enchimento de grãos de milho, uma vez que estas no terço superior da planta são responsáveis por 50% dos fotoassimilados necessários é destacado por Lima (2007).

Os fundamentos do Manejo Integrado de Pragas baseiam-se, entre outros fatores, na exploração dos níveis de tolerância das plantas aos danos causados pelas pragas para tomadas de decisão. Esta premissa implica no conhecimento da quantidade de danos causados pelas espécies-alvo equivalentes aos níveis de dano econômico (EMBRAPA MILHO E SORGO, 2015).

Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência do desfolhamento artificial nos componentes de produção do milho.

2 I REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do milho

2.1.1 Importância Socioeconômica

O milho, gramínea pertencente ordem *Gramineae*, família *Poaceae*, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* L., é cultivado em diversos países do Mundo devido, entre outros fatores a sua grande adaptabilidade, representada por variados genótipos, que permite o seu cultivo em diversos climas (BARROS, 2014).

De acordo com o primeiro levantamento da safra mundial de milho pelo USDA - U.S. Department of Agriculture, o Brasil ocupa a terceira colocação no ranking mundial de produção do milho, com uma produção esperada para a safra 2020/2021 equivalente a 101 milhões de toneladas (FIESP, 2020).

O cultivo é destaque entre as atividades agropecuárias do Brasil por ser frequente nas propriedades rurais e por seu valor de produção. Ao mesmo tempo que é importante fonte de renda para os agricultores destaca-se como insumo para os criadores de aves, suínos, bovinos (EMBRAPA MILHO E SORGO, 2011).

2.1.2 Temperatura

Constatado através de diversos estudos, a temperatura é um fator preponderante para a produção do milho (TOLLENNAR et al., 1979; ANDRADE, 1992). Não se recomenda o cultivo em regiões com verão com temperatura média diária inferior a 19 °C e noites com temperatura média abaixo de 12,8 °C (FANCELLI, 2017).

Em razão das suas etapas de desenvolvimento, a cultura necessita acumular distintas quantidades de energia térmica ou calor, denominadas como graus-dia (GD), definida por Villa Nova et al. (1972) conforme equação:

$$GD=[(T\text{ }^{\circ}\text{C máx.} + T\text{ }^{\circ}\text{C mín.}) - T\text{ }^{\circ}\text{C bas.}] 2^{-1}$$

em que: Temperatura em °C máxima (T °C máx.) < 35 °C; Temperatura em °C mínima (T °C mín.) > 10 °C e Temperatura em °C basal = 8 a 10 °C.

Temperaturas médias diárias superiores a 26 °C podem acelerar o florescimento e enchimento de grãos, em contrapartida, temperaturas inferiores a 15,5 °C podem retardá-las significativamente. Cada grau de temperatura média diária superior a 21,1 °C nos primeiros 60 dias de desenvolvimento da cultura pode acelerar a etapa de florescimento em dois a três dias (BERGER, 1962). A composição proteica do grão pode ser alterada sob temperaturas superiores a 35 °C, pois ocasiona a diminuição da atividade da nitrato redutase, provocando menor assimilação do nitrogênio pela planta (FANCELLI, 2017). Quando temperaturas

noturnas permanecem superiores a 24 °C provocam consumo energético elevado, pois aumenta a respiração celular, ocasiona menor saldo de fotoassimilados, contribui para reduzir o ciclo da planta, bem como de sua área foliar e produtividade (FANCELLI, 2017).

2.1.3 Água

A cultura do milho exige 400-600 mm de precipitação para seu bom desenvolvimento, onde a falta de água, além de reduzir a taxa de crescimento em altura e área foliar, interfere na síntese proteica e do RNA, na fisiologia do florescimento e enchimento de grãos (FANCELLI, 2017). Condições de déficit hídrico podem afetar o sincronismo pendão-espiga, com conseqüente redução do número final de grãos por espiga, principalmente provocando o retardamento da emissão dos estilos-estigma (TOLLENAAR; DAYNARD, 1977).

O consumo de água do milho raramente excede 3 mm/dia enquanto a planta apresenta até 7-8 folhas, entretanto, do período compreendido entre florescimento e grãos farináceos, o consumo pode-se elevar para 5,0 a 7,5 mm diários (FANCELLI, 2017). Em condições de intenso calor e baixa umidade relativa do ar, os consumos de água ficam próximos a 10 mm/dia (DAKER, 1970).

2.1.4 Fenologia

Devido ao seu mecanismo C4 de fixação de CO₂, o milho é uma das culturas mais eficientes na conversão de energia irradiada em produção de biomassa. Quando comparada com outros cereais, sua produtividade é uma das mais elevadas (SANGOI, et. al 2007).

Correlacionando elementos fisiológicos, climatológicos, fitogenéticos, anatômicos, morfológicos e fitotécnicos em relação ao desenvolvimento da planta, Magalhães et al, (2002) divide: VE (emergência da plântula); V1 (planta com a primeira folha desenvolvida); V2 (segunda folha desenvolvida); V3 (terceira folha desenvolvida); V4 (quarta folha desenvolvida); V5 (quinta folha desenvolvida); V(n) (“n” número de folhas desenvolvidas); VT (emissão da inflorescência masculina); R1 (emissão da inflorescência feminina); R2 (grãos bolha de água); R3 (grãos leitosos); R4 (grãos pastosos); R5 (formação de “dente”) e R6 (maturidade fisiológica).

2.2 Efeitos da desfolha

Injúrias foliares podem alterar a relação fonte-dreno das plantas, o que pode provocar mudanças nas características agrônômicas que afetam a produção e a qualidade fisiológica das sementes (GONDIM, 2006). Sendo assim, a desfolha do milho reduz a taxa de crescimento dos grãos e o seu período de enchimento (Jones; Simons, 1983), diminui a concentração de carboidratos não estruturais do colmo (Vieira, 2012), altera os teores de proteína e amido dos grãos (MANGEN et al, 2005).

A redução da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pela perda de

área foliar é potencializado quando a desfolha ocorre nos estágios mais avançados do ciclo, sendo que nas fases iniciais de desenvolvimento da cultura, o milho apresenta grande capacidade de regeneração foliar (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004).

Pereira et al. (2012) avaliando os danos causados pela desfolha, concluíram que as relações fonte-dreno foram afetadas negativamente sendo que a desfolha de 80% das folhas foi a que mais afetou todas variáveis, sendo assim um nível de desfolha responsável pelas maiores perdas e não havendo meios de compensação para a cultura do milho.

A remoção do limbo foliar acima da espiga durante o período de enchimento de grãos resultou em maiores perdas na produção de grãos em relação a remoção do limbo abaixo da espiga (LIMA et al., 2010). Desfolhas realizadas em V8 não comprometem o rendimento de grãos do milho, entretanto, desfolhas realizadas em VT causam grandes prejuízos à produtividade do milho que não podem ser recuperados mesmo por plantas melhores nutridas (SANGOI et al., 2014).

A desfolha desde a fases reprodutivas podem afetar a integridade do como bem como outros componentes de rendimento das espigas (UITZIL, 2017; SOUTO, 2019).

3 | MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

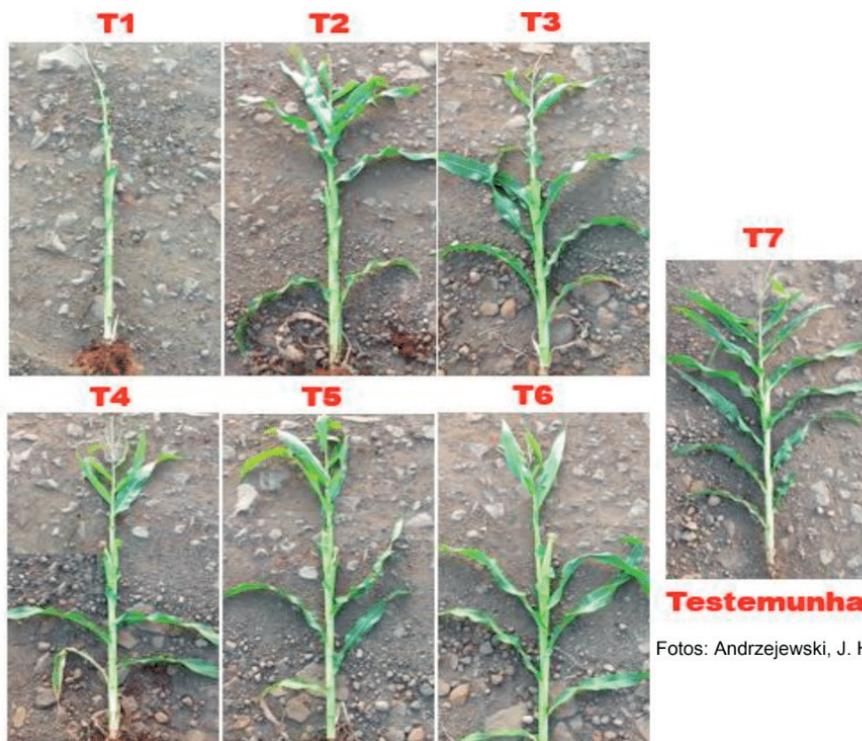
O experimento foi conduzido em dois locais, em dois anos e 4 safras, sendo um na Fazenda experimental Eduardo Meneghel Rando, Universidade Estadual do Norte do Paraná/Campus Luiz Meneghel (UENP/CLM), Bandeirantes - PR, situado entre as coordenadas 23°06'34.3" Latitude Sul e 50°21'32.3" Latitude Oeste, altitude de 440m, no ano agrícola 2018/2019 safra de verão e 2019 safra de inverno e outro no Sítio São Sebastião, proprietário Paulo César Lemes Cordeiro, Itambaracá – PR, entre as coordenadas 23°02'56.0" Latitude Sul e 50°21'08.8" Latitude Oeste, altitude de 379m, no ano agrícola 2019/2020, safra de verão e 2020, safra de inverno.

Nos dois locais o solo é classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico Típico com distribuição granulométrica ($g\ kg^{-1}$) de: argila = 780, silte = 70 e areia = 150 (EMBRAPA, 2016).

3.2 Delineamento experimental

Utilizou-se delineamento experimental em blocos completamente ao acaso (DBC) com 7 tratamentos e 4 repetições, cada parcela com 4 linhas espaçadas em 0,90 m com 5 m de comprimento, parcelas de 18 m² (3,6 m x 5 m), perfazendo área total de 504 m². Os tratamentos foram constituídos da retirada de folhas com o auxílio de tesoura, rente a colmo, em diferentes combinações conforme a Tabela 1 e Figura 1, para ambos locais e safras.

Tratamentos		Estádio da Cultura
1	plantas totalmente desfolhadas	R1
2	4 folhas abaixo da inserção da espiga	
3	4 folhas acima da inserção da espiga	
4	2 folhas abaixo e 2 acima da inserção da espiga	
5	1 acima e 3 abaixo da inserção da espiga	
6	3 folhas acima e 1 abaixo da inserção da espiga	
7	plantas sem remoção das folhas (testemunha)	



Fotos: Andrzejewski, J. H. S.

Tabela 1. Tratamentos realizados no experimento, nos diferentes locais.

3.3 Instalação e condução do experimento

3.3.1 Análise de Solo

Foram realizadas amostragens com antecedência de 15 dias antes da semeadura nos diferentes locais e anos agrícolas. As análises do solo foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade Estadual do Norte do Paraná - *Campus* Luiz Meneghel. Para a

análise química e física, foi realizada coleta de amostras compostas das camadas de 0 a 10 cm de solo.

Gleba	M.O. g kg ⁻¹	pH CaCl ₂	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC _{7,0}	Al	Ca	Mg	K	Bases
18/19	20,1	5,3	11,6	0,38	6,5	1,8	0,1	4,5	8,7	13,5	3,3	48,2	13,4	2,8	64,4
2019	22,8	4,8	45,1	0,71	3,8	1,1	0,2	5,2	5,6	10,8	3,4	35,1	10,2	6,6	51,6
19/20	33,1	5,3	25,0	0,26	4,3	1,9	0,0	2,4	6,5	8,9	0,0	48,5	21,4	2,9	72,9
2020	29,3	5,2	25,0	0,26	4,3	1,9	0,1	2,5	6,6	9,1	3,3	48,5	21,4	2,9	69,5

Tabela 2. Resultados da análise química de solo da área dos diferentes locais.

3.3.2 Calagem e adubação

Em função dos resultados na Tabela 2, considerando a saturação por bases recomendada para a cultura do milho de 60%, apenas na área correspondente ao ano agrícola de 2019 realizou-se a calagem utilizando calcário dolomítico na dose de 1,1 t ha⁻¹. A adubação foi realizada a lançoantes da semeadura, utilizando 300 kgha⁻¹ do adubo formulado 10:30:20, correspondendo a 30 kg de N, 90 kg de P₂O₅, 60 kg de K₂O

Figura 1. Caracterização das plantas após a desfolha artificial em R1 nos diferentes anos agrícolas.

ha⁻¹. Com a cultura no estádio V2 aplicou-se 120 kgha⁻¹ de Ureia e 60 kgha⁻¹ de KCl, correspondendo a 54 kg ha⁻¹ de N e 36 kgha⁻¹ de K₂O, respectivamente. Em V4 complementou-se a adubação nitrogenada em cobertura com 120 kg ha⁻¹ de Ureia, correspondendo a 54 kg ha⁻¹. Em todos os anos agrícolas e áreas utilizou-se a mesma adubação (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIENCIA DO SOLO/NEPAR, 2017).

3.3.3 Sementes

Em todas as safras utilizou-se cultivar Status Viptera 3, sementes tratadas industrialmente com fludioxonil (Maxim XL 150 mL 100 kg⁻¹ de sementes) e imidacloprido + tiodicarbe (Cropstar 350 mL 100 kg⁻¹ de sementes).

3.3.4 Época de semeadura e emergência

A época de semeadura e emergência das plantas nos respectivos 2 locais, nos 4 anos agrícolas estão descritos na Tabela 3.

Local	Ano Agrícola/Safra	Semeadura	Emergência
UENP/CLM	2018/2019	01/10/2018	08/10/2018
	2019	15/02/2019	21/02/2019
Sítio São Sebastião	2019/2020	15/11/2019	24/11/2019
	2020	01/01/2020	06/01/2020

Tabela 3. Locais da instalação do experimento, anos agrícolas, datas da semeadura e emergência das plantas.

3.3.5 Semeadura

A semeadura realizada na UENP/CLM foi feita com auxílio de balizas compostas por bandeirinhas e barbante. Utilizando uma semeadora manual denominada de Bazuca, acompanhando a marcação a fim de se obter um espaçamento de 0,90 m e 6,5 sementes/m. No Sítio São Sebastião foi feita com auxílio de trator e semeadora equipada de 5 linhas espaçadas de 0,90 m e regulada para depositar 6,5 sementes/m.

3.3.6 Controle de plantas daninhas

Para o manejo de plantas invasoras nos 4 anos agrícolas e 2 locais, realizou-se o manejo através de herbicidas utilizando para a aplicação pulverizador costal manual XP-20 Jacto 20 L, utilizando uma ponta de jato leque, Modelo Jacto AXI 110:02, com taxa de aplicação de 200 L ha⁻¹, e velocidade de 3,0 km h⁻¹ realizando 3 operações conforme Tabela 4.

Estádio da cultura	Ingrediente Ativo	Produtos	Dose (L de p.c./ha)
Pré-semeadura	glifosato + glifosato	Round Up WG	3,5
	flumioxazina	Flumyzin 500 SC	0,080
	éster metílico de soja	Aureo	0,2
V2	atrazina	Proof	5,0
	éster metílico de soja	Aureo	0,2
V4	glifosato + glifosato	Round Up WG	2,5

Tabela 4. Produtos utilizados para o manejo de plantas invasoras, doses e estágio da cultura.

3.3.7 Controle Fitossanitário

Nos 4 anos agrícolas e 2 locais, utilizou-se inseticidas e fungicidas aplicados através de pulverizador costal manual XP-20 Jacto 20 L, equipado com ponta de jato leque duplo, Modelo AD/D 110:02, com taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹, e velocidade de 3,0 km h⁻¹. A descrição dos produtos utilizados e dose estão descritos na Tabela 5.

Estádio da cultura	Ingrediente Ativo (i.a.)	Produtos comercial	Dose (L ou Kg de p.c./ha)
V1	imidacloprido + bifentrina	Galil SC	0,300
	Ester Metílico de óleo de Soja	Aureo	0,200
V2	imidacloprido + bifentrina	Galil SC	0,300
	Ester Metílico de óleo de Soja	Aureo	0,200
V4	espinetoram	Exalt	0,100
	Ester Metílico de óleo de Soja	Aureo	0,200
V6	metomil	Lannate	0,600
	Ester Metílico de óleo de Soja	Aureo	0,200
V8	metomil	Lannate	0,600
	picoxistrobina + ciproconazolebbb	Aproach Prima	0,450
	mancozebe	Unizeb Gold	1,5
		Aureo	0,200

Tabela 5. Estádio da cultura, nome comercial e dose (Equivalente a L ou Kg de produto comercial ha⁻¹) dos produtos utilizado para o manejo de pragas e doenças.

3.3.8 Colheita

A colheita foi realizada na safra 2018/2019 e safra de inverno 2019 aos 142; safra 2019/2020 aos 133 e safra de inverno 2020 aos 130 dias após a emergência das plantas.

Colheu-se as duas linhas centrais totalizando uma área de 9 m² para estimativa da produtividade/ha. Coletou-se 10 espigas ao acaso por parcela para aferir o número de grãos por fileira e número de fileira de grãos.

3.4 Variáveis avaliadas

As avaliações no campo foram todas realizadas nas duas linhas centrais de cada parcela e/ou em 10 plantas por parcela.

Estande: aos 14 dias após a emergência (DAE) e no momento da colheita, realizando a contagem das plantas presentes nas duas linhas centrais de cada parcela, transformando os dados em número de plantas por metro.

Altura de plantas: altura em metros da distância da base da planta e a **última** folha expandida, com o auxílio de régua métrica, em 10 plantas ao acaso por parcela.

Altura de inserção da espiga: distância, em metros, da base da planta e a base da inserção da primeira espiga, com o auxílio de régua métrica, em 10 plantas ao acaso por parcela.

Plantas quebradas: número de plantas quebradas nas duas linhas centrais, na ocasião da colheita, transformando os valores em porcentagem.

Plantas acamadas: número de plantas com ângulo superior a 45° com a vertical, nas duas linhas centrais, na ocasião da colheita, transformando para porcentagem.

Plantas com colmo podre: na colheita, pressionou-se os colmos na altura do segundo

entrenó, obtendo o número de plantas onde o polegar afundava, nas duas linhas centrais, sendo o resultado transformado para porcentagem.

Número de fileiras de grãos: após a colheita, coletou-se 10 espigas ao acaso por parcela, contando o número de fileiras de grãos.

Número de grãos por fileira: após a contagem do número de fileiras de grãos, nas 10 espigas, contou-se o número de grãos por fileira.

Massa de 1.000 grãos: determinada segundo metodologia descrita em BRASIL (2009), a humidade foi verificada através de medidor de grãos portátil Mini GAC Plus®, corrigido o teor de água a 13%, (WEBER, 1995).

Produtividade: determinada pela pesagem dos grãos provenientes das espigas das duas linhas centrais, corrigido a umidade a 13%, para estimar a produtividade em kg ha⁻¹ (WEBER, 1995).

$$Pf = Pi * \frac{100 - Ui}{100 - Uf}$$

Pf = Peso final; Pi = Peso inicial; Ui = Umidade inicial; Uf = Umidade final.

3.5 Análise estatística

Para a análise estatística os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5%, utilizando o software SASM-Agri (CANTERI et al., 2001).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados da precipitação pluvial obtidos na Estação Agrometeorológica IAPAR/UENP - CLM, durante a condução do experimento nas quatro safras conforme a Figura 2, Figura 3, Figura 4 e Figura 5.

Mesmo em anos climaticamente favoráveis pode haver redução de rendimento se o déficit hídrico ocorrer no período crítico, que na cultura do milho corresponde da pré-floração ao início de enchimento de grãos (Bergamaschi et al., 2004), haja visto que o consumo de água pela planta nos estádios iniciais de crescimento raramente excede 2,5 mm/dia, contudo durante o período compreendido entre o espigamento e a maturação o consumo pode se elevar para 5 a 7,5 até 10 mm diários de acordo com a temperatura. (AGEITEC, 2011).

Em todas as safras ocorreu problemas com a má distribuição de chuvas, destacando-se as safras de 2018/2019, 2019 e 2020 onde a falta de precipitação pluvial ocorreu em momento crítico da cultura (entre VT e R3).

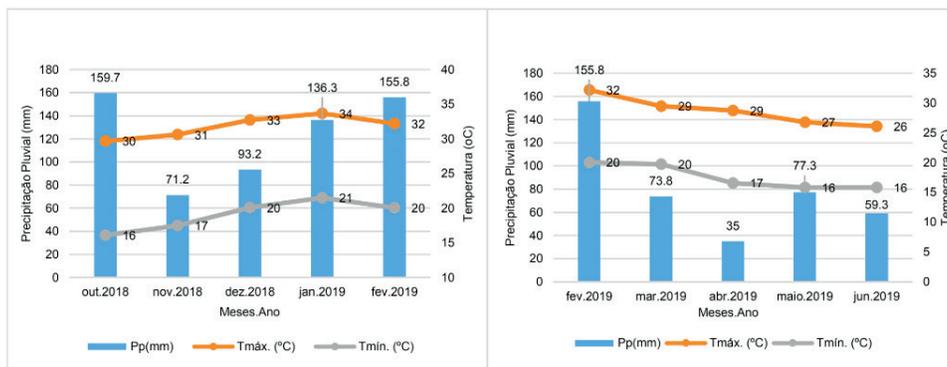


Figura 2 e 3. Médias da Precipitação pluvial em milímetros (Pp (mm)), Temperatura máxima (Tmáx (°C)) e mínima (Tmín. (°C)) no período do experimento safra 2018/2019 e 2019 respectivamente, em Bandeirantes - PR.

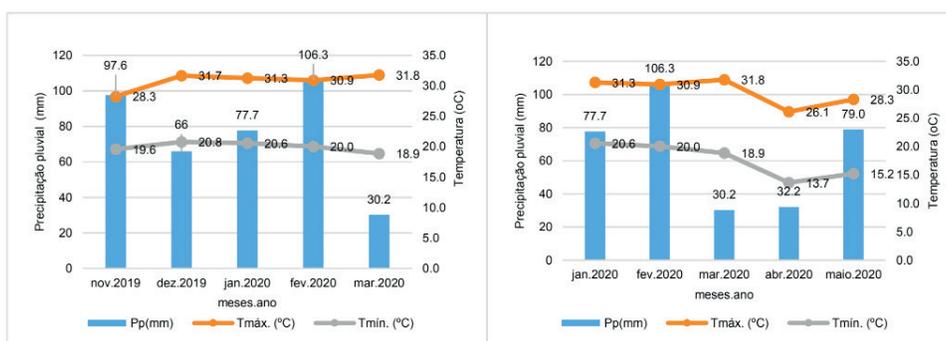


Figura 4 e 5. Médias da Precipitação pluvial em milímetros (Pp (mm)), Temperatura máxima (Tmáx (°C)) e mínima (Tmín. (°C)) no período do experimento safra 2019/2020 e 2020 respectivamente, em Itambaracá - PR.

4.1 Variáveis avaliadas

4.1.1 Estande

Os dados das médias de estande inicial e final encontram-se na Tabela 6. Nota-se que a desfolha em R_1 não comprometeu o estande de plantas significativamente. Os resultados concordam com Alvim et al. (2010) onde a desfolha realizada em R_2 não prejudicou o estande de plantas.

DESFOLHAS	Anos Agrícolas							
	2018/2019		2019		2019/2020		2020	
	Dias Após a Emergência							
	14	142	14	142	14	133	14	130
1. Todas removidas	5,8a	5,5a	5,7a	5,5a	6,3a	6,1a	6,1a	5,5a
2. 4 abaixo da espiga	5,7a	5,5a	5,4a	5,3a	6,2a	6,0a	6,0a	5,3a
3. 4 acima da espiga	5,7a	5,6a	5,4a	5,5a	5,7a	5,3a	5,3a	5,5a
4. 2 abaixo e 2 acima	5,0a	4,9a	5,6a	5,4a	6,5a	5,7a	5,7a	5,4a
5. 1 acima e 3 abaixo	5,6a	5,5a	5,5a	5,5a	6,4a	6,0a	6,0a	5,5a
6. 3 acima e 1 abaixo	5,8a	5,6a	5,4a	5,3a	6,0a	5,7a	5,7a	5,3a
7. Testemunha (sem desfolha)	5,9a	5,4a	5,8a	5,6a	6,3a	5,8a	5,8a	5,6a
C.V. (%)	10,4	9,2	8,9	8,2	7,9	7,3	7,3	8,2

Tabela 6. Média do estande inicial e final (plantas/m) em função do desfolhamento nos diferentes anos agrícolas.

Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

4.1.2 Altura de plantas e de inserção de espiga

As médias de altura de plantas e inserção de espigas encontra-se na Tabela 7. Verifica-se que na altura de plantas, todas removidas (T_1) diferiu estatisticamente dos demais tratamentos nos anos agrícolas de 2018/2019, 2019 e 2019/2020. Enquanto a altura de inserção de espiga não se demonstrou afetada pelo desfolhamento. Os resultados são semelhantes aos de Rezende et al. (2015) que avaliando o desenvolvimento e produtividade de grãos de milho submetido a níveis de desfolha no estágio vegetativo V4 do milho (quatro folhas expandidas) concluíram que a retirada de todas as folhas provocou redução da altura das plantas e de espigas. Também Khaliliaqdam et al. (2012) constataram redução na altura de planta e de inserção da espiga, em decorrência de desfolhas realizadas entre os estádios V6 e V8 da cultura do milho. Além disso, observaram que, quanto maior foi a área foliar removida, menor foi a altura de planta e a altura de inserção de espiga. Fasaie et al. (2009) observaram que a retirada da metade da área foliar após 4 semanas da semeadura, atrasou o início do período reprodutivo em 3 a 5 dias.

Avaliando a tolerância à desfolha em diferentes estádios fenológicos de cultivares de milho com bases genéticas contrastantes nos anos agrícolas de 2010/11 e 2011/12, Vieira (2012), constatou que a altura de inserção entre os tratamentos (desfolha em V8, V12, V16, V20 e sem desfolha) não diferiu estatisticamente.

DESFOLHAS	Altura de plantas				Altura da inserção de Espigas			
	Anos Agrícolas							
	18/19	2019	19/20	2020	18/19	2019	19/20	2020
1. Todas removidas	1,7b	2,0c	2,2b	2,1a	1,1a	1,2a	1,3a	1,3a
2. 4 abaixo da espiga	2,1a	2,2b	2,5a	2,2a	1,3a	1,4a	1,5a	1,3a
3. 4 acima da espiga	2,1a	2,2b	2,4a	2,2a	1,2a	1,3a	1,4a	1,4a
4. 2 abaixo e 2 acima	2,1a	2,4a	2,4a	2,2a	1,2a	1,3a	1,4a	1,4a
5. 1 acima e 3 abaixo	2,1a	2,2b	2,4a	2,2a	1,2a	1,3a	1,4a	1,4a
6. 3 acima e 1 abaixo	2,1a	2,2b	2,4a	2,2a	1,2a	1,3a	1,5a	1,3a
7. Testemunha (sem desfolha)	2,1a	2,3a	2,5a	2,2a	1,2a	1,4a	1,4a	1,4a
C.V. (%)	7,8	4,2	4,5	5,3	12,6	6,8	4,7	5,0

Tabela 7. Média da altura de plantas e da inserção de espigas (m) em função do desfolhamento nos diferentes anos agrícolas.

Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

4.1.3 Número de plantas acamadas, quebradas e com colmo podre

A porcentagem de plantas acamadas, quebradas e com a presença do colmo podre encontram-se na Tabela 8. Verifica-se que foi significativamente maior quando retirado todas as folhas (T_1) em todos anos agrícolas. A retirada de 1 folha acima e 3 abaixo da inserção da espiga (T_5) assemelhou-se ao tratamento 1 quanto a porcentagem de plantas acamadas na safra 18/19 e diferiram significativamente dos demais tratamentos. Os resultados são semelhantes a Brito et al. (2011) que observaram na desfolha total de plantas de milho, a maior demanda exercida para enchimento de grãos levou os tecidos da base do colmo a senescerem precocemente, fragilizando essas regiões e permitindo a entrada de patógenos. Alvim et al. (2010) concluíram que a porcentagem de plantas acamadas só foi alterada significativamente por desfolhas totais sendo que a precipitação intensiva também é um dos fatores que podem predispor as plantas ao acamamento. Lima et al. (2010) observaram, em duas épocas de semeadura (12/11/2005 e 21/12/2005), maior porcentagem de plantas acamadas e quebradas quando foram retirados os limbos foliares abaixo da espiga.

Em plantas milho com desfolha em V_4 , Rezende et al. (2015) concluíram que não houve diferença na porcentagem de plantas acamadas entre os tratamentos. Entretanto notaram redução na força de quebramento, que em condição adversa, como na ocorrência de ventos fortes, a desfolha pode tornar as plantas mais suscetíveis ao quebramento, o que pode prejudicar a colheita mecanizada e até inviabilizá-la, com perdas de produção em lavoura de milho.

DESFOLHAS	Plantas quebradas				Plantas acamadas				Colmo podre			
	Anos Agrícolas											
	18/19	2019	19/20	2020	18/19	2019	19/20	2020	18/19	2019	19/20	2020
1. Todas removidas	53,2b	51,8b	53,7b	58,3b	2,9b	2,1b	2,1b	1,9b	52,7b	39,6b	53,2b	56,3b
2. 4 abaixo da espiga	3,6a	1,2a	2,3a	3,2a	0,0a	0,9a	0,7a	0,9a	5,4a	2,8a	3,8a	2,9a
3. 4 acima da espiga	3,6a	2,3a	3,3a	3,6a	0,0a	0,7a	0,7a	0,7a	4,8a	4,4a	7,3a	3,1a
4. 2 abaixo e 2 acima	3,2a	2,8a	3,3a	3,4a	0,0a	0,7a	0,7a	0,7a	6,9a	7,8a	5,6a	5,7a
5. 1 acima e 3 abaixo	1,3a	3,7a	5,0a	4,5a	2,5b	1,2a	0,9a	1,1a	7,6a	6,3a	5,9a	5,7a
6. 3 acima e 1 abaixo	2,7a	2,2a	2,6a	3,6a	0,5a	0,7a	0,7a	0,7a	1,8a	7,3a	6,1a	5,9a
7. Testemunha (sem desfolha)	3,4a	3,1a	1,7a	3,0a	0,0a	0,7a	0,7a	0,7a	6,0a	3,7a	4,8a	4,0a
C.V. (%)	32,5	64,2	33,1	36,8	52,5	29,3	41,2	57,6	41,9	39,8	31,8	29,0

Tabela 8. Porcentagem de plantas quebradas, acamadas e com presença de colmo podre em função do desfolhamento nos diferentes anos agrícolas.

Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

4.1.4 Número de fileira de grãos, grãos por fileira, massa de 1.000 grãos e produtividade

As médias do número de fileira de grãos e grãos por fileira encontram-se na Tabela 9, enquanto que, as médias da massa de 1.000 grãos (em gramas) e a produtividade (kg ha^{-1}) na Tabela 10. Observa-se que a retirada de todas as folhas (T_1) em relação à média do número de grãos por fileira diferiu dos demais tratamentos. Quanto ao número de fileira de grãos, nenhum tratamento apresentou diferença estatística entre si. Na Tabela 10, observa-se que a retirada de todas as folhas (T_1) foi extremamente agressivo as plantas, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos em todos os anos agrícolas para as duas avaliações em questão. Exceção para a massa de 1.000 grãos quando avaliada no ano agrícola de 2018/2019, onde todos os tratamentos tiveram o mesmo comportamento estatístico. Para Britz (1982) desfolhas extensivas, durante o período de crescimento ativo da folha, diminuem o número de grãos por espiga, ao passo que a remoção de folhas, após a polinização, diminuiu a massa de grãos e o período para o seu enchimento. Magalhães e Durães (2006), definem que, o número de fileiras de grãos e o número de óvulos por fileira são formados do estágio V8 até o estágio V17, o que confirma os resultados da não influencia da desfolha no número de fileira de grãos e somente no número de grãos por fileira, visto assim seu período crítico constatado por Bergamaschi et al. (2004) e Brito et al. (2011) sendo como da pré floração ao início do enchimento de grãos, uma vez que a ocorrência de estresse nessas épocas, como a desfolha, gerou impacto direto na produção (Tabela 9).

Os resultados da Tabela 9 condizem com os observados por Alvim et al. (2010),

onde o número de fileira de grãos por espiga não fora alterado e que também concluiu que desfolhas totais em plantas de milho afetam a produtividade, a massa de 1000 grãos, a porcentagem de grãos ardidos e a porcentagem de plantas acamadas. Sangoi et al. (2014) concluíram que as desfolhas realizadas em VT causam grandes prejuízos à produtividade do milho e não podem ser recuperados pela aplicação de nitrogênio. Pereira et al. (2012) definiram também, realizando desfolha em três estádios diferentes (D1 - quando as plantas apresentam sete folhas completamente desenvolvidas, D2 - quando elas encontram-se na fase de pendoamento, D3 - quando as plantas apresentam-se na fase de enchimento de grãos-grãos leitosos), sendo a desfolha de 80% como o nível de desfolha responsável pelas maiores perdas quanto aos componentes que envolvem a capacidade produtiva da planta, não havendo meios de compensação pela cultura do milho.

Desfolhas realizadas em V15 e VT observadas por Sangoi et al. (2012), reduziram o número de grãos por espiga, em comparação com as parcelas não desfolhadas e desfolhadas em V9 quando trabalhando com cultivares de milho com presença e ausência de perfilhos oriundo das características do cultivar.

DESFOLHAS	Nº de fileira de grãos				Nº de grãos por fileira			
	Anos Agrícolas							
	18/19	2019	19/20	2020	18/19	2019	19/20	2020
1. Todas removidas	14,8a	15,6a	15,0a	14,9a	20,9b	21,4b	27,8b	22,5b
2. 4 abaixo da espiga	14,6a	15,5a	15,1a	15,6a	29,5a	31,0a	33,1a	31,9a
3. 4 acima da espiga	14,6a	15,5a	15,3a	15,2a	29,8a	30,4a	34,7a	29,9a
4. 2 abaixo e 2 acima	15,6a	15,5a	15,1a	15,4a	30,9a	29,9a	32,3a	30,9a
5. 1 acima e 3 abaixo	14,9a	15,8a	15,7a	15,5a	28,8a	32,8a	32,0a	31,5a
6. 3 acima e 1 abaixo	15,4a	15,4a	14,8a	15,6a	30,9a	31,6a	33,6a	32,8a
7. Testemunha (sem desfolha)	13,5a	15,9a	15,4a	15,9a	31,4a	32,1a	33,3a	32,9a
C.V. (%)	8,7	4,0	6,5	5,9	12,7	8,8	6,3	8,1

Tabela 9. Médias do número de fileira de grãos por espiga e grãos por fileira em função do desfolhamento nos diferentes anos agrícolas.

Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

DESFOLHAS	Massa de 1.000 grãos (g)				Produtividade (kg ha ⁻¹)			
	Anos Agrícolas							
	18/19	2019	19/20	2020	18/19	2019	19/20	2020
1. Todas removidas	212,8a	243,1b	266,5b	251,8b	475,3b	4959,5b	7525,0b	5146,6b
2. 4 abaixo da espiga	280,3a	286,8a	294,2a	294,0a	3333,4a	7933,9a	9802,8a	8487,5a
3. 4 acima da espiga	276,8a	296,2a	306,9a	297,1a	3743,9a	8471,3a	9444,9a	8221,5a
4. 2 abaixo e 2 acima	264,3a	293,3a	299,4a	293,3a	3762,4a	8186,4a	9242,3a	8402,3a
5. 1 acima e 3 abaixo	259,0a	275,8a	303,8a	279,4a	2475,3a	8625,7a	10195,0a	8221,1a
6. 3 acima e 1 abaixo	317,0a	299,4a	305,9a	295,3a	3404,4a	8619,5a	9640,6a	8943,5a
7. Testemunha (sem desfolha)	271,0a	300,9a	306,3a	297,3a	3941,4a	9463,8a	10116,8a	9604,3a
C.V. (%)	18,4	4,6	3,5	5,1	29,5	9,6	11,6	10,6

Tabela 10. Médias da massa de 1.000 grãos (em gramas) e produtividade (kg ha⁻¹) em função do desfolhamento nos diferentes anos agrícolas.

Médias seguidas de mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

5 I CONCLUSÃO

Independentemente dos locais e safras, o nível de desfolha provocado artificialmente no estádio R1, até quatro folhas, não afeta os componentes de rendimento avaliados.

REFERÊNCIAS

AGEITEC - Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Milho: Relações com o clima**. 2011. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_17_168200511157.html>. Acesso em: 1 jul. 2020.

ALVIM, K. R. de T.; BRITO, C. H. de; BRANDÃO, A. M.; GOMES, L. S.; LOPES, M. T. G. Quantificação da área foliar e efeito da desfolha em componentes de produção de milho. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 40, n. 5, maio 2010.

ANDRADE, F. H. **Radiación y temperatura determinan los rendimientos máximos de maíz**. Instituto Nacional de tecnología agropecuária. Balcarce, Argentina, 1992. 34 p. (Boletín Técnico, 106).

BARROS, J. F. C; CALADO J. G. A cultura do milho. Universidade de Évora, 2014. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/10804/1/Sebenta-milho.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2020.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; BIANCHI, C.A.M.; MÜLLER, A.G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B.M.M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.39, p.831-839, set. 2004.

BERGER, J. **Maize production and the manuring of maizes**. [S.l.]: Center d'Estudo de 1' Azote, 1962. p. 38-41.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. **Secretaria de Defesa Agropecuária**. Brasília: Mapa/ACS, 399 p. 2009.

BRITO, C. H., SILVEIRA, D. L., BRANDÃO, A. M. Redução de área foliar em milho em região tropical no Brasil e os efeitos em caracteres agrônômicos. *Interciência*, Caracas, v. 36, pp. 291-295. 2011.

Britz, G. D. The effect of defoliation at various growth stages on maize grain yield. **Crop Production**, v. 11, p. 85-89, 1982.

CANTERI, M.G.; ALTHAUS, R.A.; VIRGENS FILHO, J.S.; GIGLIOTTI, E.A.; GODOY, C.V. SASM-Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v.1., n.2., p.18-24, 2001.

DAKER, A. **A água na agricultura**: manual de hidráulica agrícola-irrigação e drenagem. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: Freitas Bastos, 1970. 453 p. v. 3.

DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 18, p. 55-81, 2006.

EMBRAPA MILHO E SORGO. **Cultivo do Milho** – Dados do Sistema de Produção. Brasília: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 331p. (Sistema de Produção, 1.)

EMBRAPA MILHO E SORGO. **Milho - O produtor pergunta, a Embrapa responde**. In: CRUZ, J.C. et al (Ed.), Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. 338 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. rev. Ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 360p.

FANCELLI, A. L. Ecofisiologia, Fenologia e Implicações básicas de manejo. *In*: Milho: do plantio à colheita. 2. ed. atual. e ampl. Viçosa: UFV. 2017. p. 50-56.

FANCELLI, A. L. **Influência do desfolhamento no desempenho de plantas e de sementes de milho (*Zea mays* L.)**. 1988. 172 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. 2. ed. Guaíba: **Agropecuária**, 2004. 360 p.

FASAE, O. A.; ADU, F. I.; AINA, A. B. J.; ELEMÓ, K. A. Effects of defoliation time of maize on leaf yield, quality and storage of maize leaves as dry season forage for ruminant production. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, p.353-357, 2009.

FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, Safra Mundial de Milho 2020/21 - 1º Levantamento do USDA. In: Boletim Informativo FIESP. Maio, 2020. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/>. Acesso em: 25 jun. 2020.

GONDIM, T. C. O. 2006. **Efeito de desfolha nas características agrônômicas e na qualidade fisiológica de sementes de trigo**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2006.

KHALILIAQDAM, N.; SOLTANI, A.; MIRMAHMOODI, T.; JADIDI, T. Effect of leaf defoliation on some agronomical traits of corn. **World Applied Sciences Journal**, v.20, p.545548, 2012.

LIMA, T. G. **Consequência da remoção do limbo foliar em diferentes estágios reprodutivos da cultura do milho**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

LIMA, T. G. de; PINHO, R. G. VON; PEREIRA, J. L. De A. R.; BRITO, A. H. de; PINHO, É. V. de R. VON. Consequências da remoção do limbo foliar em diferentes estágios reprodutivos da cultura do milho em duas épocas de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 563-570, 2010.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F.O.M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia da planta de milho**. Embrapa Milho e Sorgo, 65p. 2002.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 76).

MANGEN, T. F.; THOMISON, P. R.; STRACHAN, S. D. Early-season defoliation effects on topcross high-oil corn production. **Agronomy Journal**, Madison, v. 97, n. 4, p. 823-831, 2005.

PEREIRA, M. J. R.; BONAN, E. C. B.; GARCIA, A.; VASCONCELOS, R. L.; GIÁCOMO, K. S.; LIMA, M. F. Características morfoagronômicas do milho submetido a diferentes níveis de desfolha manual. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 59, n. 2, p: 200 – 205, 2012.

REZENDE, W. S.; BRITO, C. H. de; BRANDÃO, A. M.; FRANCO, C. J. F.; FERREIRA, M. V.; FERREIRA, A. de S. Desenvolvimento e produtividade de grãos de milho submetido a níveis de desfolha. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, v. 50, n.3, p. 203 – 209, 2015.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Bases morfológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, v. 61, p. 101-110. 2002.

SANGOI, L.; PICOLI Junior, G. J.; VARGAS, V. P.; VIEIRA, J.; SCHMITT, A ZOLDAN, S. R.; SIEGA, E.; CARNIEL, G. Cobertura nitrogenada como estratégia para reduzir os prejuízos da desfolha em diferentes estágios fenológicos do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, p.671-682, 2014.

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; SILVA, P. R. F. da; VARGAS, V. P.; ZOLDAN, S. R.; VIEIRA, J.; SOUZA, C. A. de; PICOLI Junior, G. J.; BIANCHET, P. Perfilamento como característica mitigadora dos prejuízos ocasionados ao milho pela desfolha do colmo principal. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.47, n.11, p.1605-1612, nov. 2012.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Núcleo Estadual Paraná. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017. 482p.

SOUTO, F. B. C. **Efeito de diferentes épocas de desfolha na cultura do milho**. 2019. 42p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Norte do Paraná. Bandeirantes, 2019.

TOLLENAAR, M.; DAYNARD, T. B. HUNTER, T. B. Effect of temperature sensitive period for leaf number of maize. **Crop Science**, v. 23, p. 457-460, 1979.

TOLLENAAR, M.; DAYNARD, T. B. Relationship between assimilate source and reproductive sink in maize grown in a short season environment. **Agronomy Journal**, v. 70, p. 219-230, 1977.

UITZIL, A.M. **Caracterização de milho crioulo e desfolha artificial de híbridos simples**. 2017. 68p. Dissertação (Mestrado). UFSM/ Campus de Frederico Westphalen, RS, 2017.

VARGAS, V. P. **Manejo da adubação nitrogenada na recuperação de estresses em milho**. 2010. 145p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2010.

VIEIRA, J. **Tolerância à desfolha em diferentes estádios fenológicos de cultivares de milho com bases genéticas contrastantes**. 2012. 83p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2012.

VILLA NOVA, N. A.; PEDRO JR, M. J.; PEREIRA, A. R.; OMETTO, J. C. **Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas máxima e mínima**. São Paulo, SP: Instituto de Geografia da USP, 1972. 8 p. (Caderno de Ciência da Terra).

WEBER, E. A. **Armagem agrícola**. Porto Alegre: Kepler Weber Industrial, 1995. 400 p.

INTERAÇÃO GENÓTIPO*AMBIENTE EM FEIJÃO CONSIDERANDO DISTINTAS METODOLOGIAS

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 08/12/2020

Paulo Henrique Cerutti

Universidade do Estado de Santa Catarina
(UDESC)
Lages-SC
<https://orcid.org/0000-0001-6664-8449>

Rita Carolina de Melo

Universidade do Estado de Santa Catarina
(UDESC)
Lages-SC
<https://orcid.org/0000-0002-5710-7621>

Nicole Trevisani

Universidade Alto Vale do Rio do Peixe
(UNIARP)
Caçador - SC
<https://orcid.org/0000-0003-4583-8125>

RESUMO: O cultivo de feijão (*Phaseolus vulgaris* L) está presente nas mais variadas condições de ambiente do país e do estado de Santa Catarina. Visando o desenvolvimento de novas cultivares, o melhorista deve realizar avaliações genotípicas em condições de ambiente heterogêneas, almejando discriminar os genótipos na presença de efeitos de fatores abióticos. Os experimentos foram conduzidos durante a safra (2012/13) e safrinhas de 2013 e 2014, em quatro locais no Estado de Santa Catarina (Chapecó, Águas de Chapecó, Ituporanga e Urussanga). Foram conduzidos 16 genótipos de feijão sob delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. Após detectada significância da

interação genótipo ambiente, foi utilizado o método da regressão linear, apresentado por Eberhart e Russel (1966), com o propósito de classificar genótipos nos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade. A aplicação dos modelos mistos (REML/BLUP), permitiu o desmembramento das causas de variação que compõem o valor fenotípico dos genótipos. O método da regressão indicou que 75 % dos genótipos são classificados com adaptabilidade ampla. Os 25 % restantes apresentaram adaptabilidade específica a ambientes favoráveis e desfavoráveis. Já o procedimento REML/BLUP sugeriu que os genótipos apresentam em média, desempenho diferenciado em 50% dos ambientes, contrariando o exposto pelo método da regressão. Além disso, a metodologia indicou um comportamento não linear e particular para cada genótipo, elucidando flutuações de desempenho dos genótipos ao longo dos ambientes. Sendo assim, inferências sobre interação genótipo*ambiente apresentam melhor estimativas quando amparadas por metodologias mais acuradas, que disponibilizem mais informações ao pesquisador, como a metodologia dos modelos mistos.

PALAVRAS - CHAVE: Adaptabilidade, estabilidade, regressão linear, REML/BLUP.

GENOTYPE*ENVIRONMENT INTERECTION IN COMMON BEAN CONSIDERING DIFFERENT METHODOLOGIES

ABSTRACT: The growing of common beans (*Phaseolus vulgaris* L) is present in the most varied environmental conditions in country and in Santa Catarina state. In order to development of

new cultivars, the breeder must carry out genotypic evaluations in heterogeneous environment conditions, for discriminate genotypes in the presence of abiotic factors effects. The objective of this work was to measure the magnitude of genotype*environment interaction using two methodologies, and to evaluate its effects on performance of common bean genotypes. The experiments were carried out during harvest (2012/13) and off-season of 2013 and 2014, in four locations in Santa Catarina State (Chapecó, Águas de Chapecó, Ituporanga, Urussanga). Sixteen common bean genotypes were conducted under randomized block design, with four replications. After the significance of the environment genotype interaction was detected, the linear regression method, presented by Eberhart and Russel (1966), was used in order to classify genotypes in terms of adaptability and stability. The application of mixed models (REML/BLUP), allowed the breakdown of the sources of variation that make up the phenotypic value of the genotypes. The regression method indicated that 75% of the genotypes are classified with wide adaptability. The remaining 25% showed specific adaptability to favorable and unfavorable environments. The REML / BLUP procedure, on the other hand, suggested that genotypes present, on average, differentiated performance in 50% of environments, contrary to what was exposed by the regression method. In addition, the methodology indicated a non-linear and particular behavior for each genotype, elucidating fluctuations in the performance of genotypes across environments. Thus, inferences about genotype*environment interaction present better estimates when supported by more accurate methodologies, which provide more information to the researcher, such as the mixed model methodology.

KEYWORDS: Adaptability, stability, linear regression, REML/BLUP.

1 | INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é amplamente consumido em praticamente todas as regiões do Brasil. A principal razão associada a sua elevada aceitabilidade está ligada a qualidade e quantidade de teores proteicos fornecidos por seus grãos (SOUTER et al., 2017). Graças a sua particular importância em âmbito nacional, o feijão é amplamente cultivado em todas as regiões do território brasileiro. A produção é marcadamente distribuída por até três safras de cultivo durante o ano, e envolvem desde agricultores com índole de cultivo essencialmente familiar, até grandes produtores, que adotam elevados níveis tecnológicos (FANCELLI & NETO, 2007).

Os programas de melhoramento genético da cultura têm desenvolvido ao longo do tempo cultivares com características agrônômicas superiores, com destaque ao caráter rendimento de grãos (kg ha⁻¹). Porém, em muitas situações, o máximo potencial genético das cultivares para este caráter não é atingido. Isso porque na composição do valor fenotípico de uma característica, além dos efeitos genéticos, atuam os efeitos de ambiente e da interação genótipo*ambiente (G x E), que moldam o desempenho produtivo dos cultivares (ALLARD, 1971; FRITSHE-NETO; BORÉM, 2011). A obtenção de informações sobre o comportamento diferencial dos genótipos ao longo dos ambientes é importante no âmbito do melhoramento genético vegetal, pois um genótipo pode apresentar melhor

desempenho em um ambiente e não apresentar em outro (CRUZ ;REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Aliada a essa questão, os efeitos significativos da interação G x E, indicam a formação de combinações específicas de genótipos e ambientes, com possibilidade de otimizar ganhos na característica considerada no programa de melhoramento genético (VENCOVSKY & BARRIGA, 1992).

Em razão da importância da consideração dos efeitos da interação G x E, diversas metodologias têm sido desenvolvidas e aprimoradas visando sua compreensão. Dentre as mais utilizadas, se destacam os métodos que envolvem regressão linear (CITAÇÃO) e modelos mistos (BASTOS et al., 2007; PIEPHO et al., 2007). O método da regressão linear proposto por Eberhart & Russell (1966), ainda é amplamente utilizado em virtude de sua fácil aplicação e interpretação dos resultados. Murakami et al. (2004), destacam a facilidade de uso e adequabilidade dos resultados fornecidos por essa metodologia. O uso de modelos mistos, fundamentados no método REML/BLUP, (Restricted Maximum Likelihood/ Best Linear Unbiased Prediction), por considerar efeitos fixos e aleatórios e prover estimativas de valores genéticos, tem ganhado destaque a quantificação dos efeitos da interação G x E (LITTELL et al., 2006). Já que cada metodologia apresenta limitações e virtudes, o objetivo do trabalho foi mensurar a magnitude da interação genótipo*ambiente e avaliar seus efeitos no desempenho produtivo de genótipos de feijão, com a utilização duas metodologias específicas.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados foram provenientes de ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) da cultura do feijão. Os experimentos foram executados em quatro locais do estado de Santa Catarina, sendo: Chapecó-SC, 27°07'S 52°L, 674 m altitude (local 1), Águas de Chapecó, 27°04'13 S 52°59'12 L, 291 m altitude (local 2), Ituporanga, 27°24'S 49° L, 369 m altitude (local 3) e Urussanga, 28 °31'S 49°L , 49 m altitude (local 4). Os experimentos foram conduzidos na safra agrícola 2012/13 (ano 1) e nas safrinhas de 2013 (ano 2) e 2014 (ano 3). Foram assim constituídos 9 ambientes de cultivo: ambiente 1 (ano 1 local 1), ambiente 2 (ano 2 local 1), ambiente 3 (ano 2 local 2) , ambiente 4 (ano 2 local 3), ambiente 5 (ano 2 local 4), ambiente 6 (ano 3 local 1), ambiente 7 (ano 3 local 2), ambiente 8 (ano 3 local 3) e ambiente 9 (ano 3 local 4). Em todos os ambientes foram avaliados 16 genótipos de feijão, dos grupos comerciais preto e carioca.

Conforme as recomendações do ensaio de VCU para a cultura do feijão, o delineamento utilizado em todos os locais foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. As parcelas experimentais foram formadas de quatro linhas de quatro metros de comprimento, espaçadas em 0,5m. A densidade de semeadura foi de 15 sementes por metro linear, objetivando uma população final de 200000 plantas ha⁻¹. O caráter avaliado foi o rendimento de grãos kg ha⁻¹. Todas as práticas agronômicas foram executadas de acordo

com recomendações técnicas para a cultura do feijão (FANCELLI & NETO, 2007).

Os dados inicialmente foram submetidos a análise de variância. Posteriormente, à análise de adaptabilidade e estabilidade, utilizando o método proposto por Eberhart e Russel (1966). Este método considera o modelo: $Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 I_j + d_{ij} + \varepsilon_{ij}$. Aonde Y_{ij} é igual ao desempenho do genótipo i no ambiente j ; β_0 : média geral do genótipo; β_1 : resposta do i -ésimo genótipo à variação do ambiente; I_j : índice ambiental codificado; d_{ij} : desvio da regressão e ε_{ij} : erro experimental associado as observações. As informações também foram analisadas visando a aplicação dos modelos mistos, pelo método REML/BLUP, mediante modelo estatístico: $Y_{ijkl} = \mu + blo_i + gen_j + loc_l + ano(loc*gen)_{kjl}$. Sendo: Y_{ijkl} é o desempenho médio de um genótipo, avaliado em um dado local e dado ano; blo_i : efeito do i -ésimo nível do fator bloco; gen_j : efeito do j -ésimo nível do fator genótipo; loc_l : efeito do l -ésimo nível do fator local e $ano(loc*gen)_{kjl}$: efeito aninhado do k -ésimo ano, no l -ésimo local, para j -ésimo genótipo. As análises foram executadas com auxílio dos softwares genes (CRUZ, 2013) e SAS (SAS University Edition).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância indicou efeitos significativos dos fatores genótipo, ambiente e a interação $G \times E$, para a variável rendimento de grãos (Tabela 1). A consideração dos possíveis benefícios ou implicações dos efeitos da interação genótipo*ambiente, se faz necessária em programas de melhoramento genético (BARROS et al., 2013). A significância da interação $G \times E$, pode provocar implicações na recomendação generalizada de cultivares para os ambientes de cultivo. Isso porque as cultivares acabam moldando seu comportamento em virtude das condições de ambiente a que são submetidas (STORCK; CARNELUTTI FILHO; GUADAGNIN, 2014). Além disso, essas interações das cultivares com o ambiente pode dificultar a sua caracterização quanto aos parâmetros propostos por ensaios de Distinguidade, Homogeneidade e Estabilidade (DHE).

O fator genótipo captou a maior parte da variação do experimento em questão, apresentando maior valor de quadrado médio (Tabela 1). Este fato indica a adequabilidade do programa de melhoramento em desenvolver genótipos com variações de interesse ao programa. Isso possibilita a escolha do melhor cultivar por parte do agricultor, já que existe variabilidade entre as cultivares formadas. A significância do fator ambiente revela a capacidade de discriminação dos genótipos nos locais e anos de avaliação. Essa capacidade de discriminação é essencial nos programas de melhoramento genético, já que culmina com a identificação de cultivares adaptadas ao determinado local de cultivo (MELO, 2007).

Fonte de variação	GL ¹	Quadrado médio
Bloco	3	1167030,9*
Genótipo	15	39781615,5*
Ambiente	8	866299,2*
Genótipo*ambiente (G x E)	120	360098,3*
Erro	429	147030,0
Média geral (kg ha ⁻¹): 2189	C.V(%): ² 17,45	R ³ : 0,85

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para o caráter rendimento de grãos (kg ha⁻¹) em feijão, considerando os ambientes formados pela combinação de anos e locais de avaliação dos genótipos.

¹:Graus de liberdade; ²:Coeficiente de variação; ³Coeficiente de determinação, *Significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste *F*.

A interação G x E, indica que há um comportamento diferencial de dois ou mais genótipos quando avaliados em dois ou mais ambientes, ou seja, o desempenho produtivo dos genótipos é modificado em função do ambiente de cultivo (FARIA et al., 2009). A média geral do experimento considerando todos os genótipos, avaliados em todos os locais e anos, foi de 36,48 sacas por hectare (2189 kg ha⁻¹), estando acima da estimativa nacional de produtividade de feijão, que se encontra em torno de 1060 kg ha⁻¹ (CONAB, 2020). Aliado a isso, o valor de coeficiente de variação baixo (17,45%), e valor de coeficiente de determinação em 0,85, indicam respectivamente precisão na execução do experimento e adequabilidade do modelo matemático na elucidação das fontes de variação do experimento.

Após a realização da análise da variação e observação da significância da interação G x E, é conveniente a utilização de uma análise específica para compreender os efeitos dessa interação (VENCOVSKY & BARRIGA, 1992). A análise adaptabilidade e estabilidade, fundamentada na análise de regressão linear possibilita explorar os efeitos da interação G x E. Analisando o comportamento genotípico nos nove ambientes de cultivo, essa metodologia indica que 75% dos genótipos apresentam adaptabilidade ampla (coeficiente de regressão=1), excetuando-se os genótipos 12, 14, 15 e 16, com coeficiente de regressão de 0,66; 1,18; 1,19 e 0,54 (Tabela 2). O parâmetro b é estado em relação a unidade, considerando uma probabilidade de 5 %, ($p > 0,05$).

Desses quatro genótipos com coeficiente de regressão (b) diferente da unidade ($b \neq 1$), os genótipos 14 e 15 apresentam valores acima da unidade. Pela metodologia da regressão, genótipos com valores de b acima da unidade são classificados como genótipos com adaptabilidade específica a ambientes favoráveis. Isso indica que os genótipos são responsivos a ambientes com altos níveis tecnológicos, sendo então recomendados para essa situação. Já os genótipos 12 e 16, com valores de b menores que a unidade, são classificados como genótipos com adaptabilidade a ambientes específicos desfavoráveis,

ou seja, para aqueles ambientes de cultivo com condições de solo e clima por exemplo, aquém do ideal preconizado para a cultura do feijão.

Genótipo	Média (kg ha ⁻¹)	β^1	σ^2_d (2)
1	2072	1.06	35302
2	2098	0.95	19254
3	2413	1.02	6434
4	2327	0.85	249316*
5	2307	1.10	11069
6	2368	1.15	63372*
7	2178	1.10	390
8	2173	1.02	-6142
9	2108	0.99	5683
10	2024	0.83	56250*
11	2193	1.12	-12408
12	2163	0.66*	603*
13	2349	1.16	68012*
14	2361	1.18*	7063
15	2320	1.19*	46312*
16	1835	0.54*	162452*

Tabela 2 - Estimativa dos parâmetros de adaptabilidade (β) e estabilidade (σ^2_d) genotípica baseada na análise de regressão linear.

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. ¹Coeficiente de regressão; ²Desvios da regressão.

A interpretação biológica dos valores de b indicam que os genótipos 14 (b=1,18) e 15 (b=1,19), incrementam a produtividade de feijão em 118 e 119 kg ha⁻¹, respectivamente, a cada unidade modificada no parâmetro b. Esse incremento ocorre quando os referidos genótipos são cultivados em ambientes que proporcionem todas as condições necessárias para o seu crescimento e desenvolvimento (RIBEIRO et al., 2008). Sendo assim, ambos genótipos são indicados para cultivo com adoção da mais alta tecnologia disponível para a cultura do feijão. Já os genótipos 12 (b= 0,66) e o genótipo 16 (b= 0,54), incrementam respectivamente 66 e 54 kg ha⁻¹, em cada unidade modificada do parâmetro b. Esses genótipos, por apresentarem menor potencial de resposta a condições de ambiente, são recomendados para cultivo em ambientes com menor aporte tecnológico (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Os valores de desvio da regressão (σ^2_d), indicam a previsibilidade de comportamento de cada genótipo frente aos ambientes de cultivo e seu valor é testado em relação a zero. Quando estimativas de desvio de regressão são iguais a zero, se tem indicativa que o

desempenho do genótipo é pouco variável em função do ambiente em que o mesmo é cultivado, facilitando a previsão de comportamento genotípico (VENCOVSKY & BARRIGA, 1992). Porém, de acordo com a metodologia, o genótipo considerado ideal deverá apresentar a maior média de produtividade de grãos ($\beta=1,0$) e desvio da regressão menor possível ($\sigma^2_{\beta}=0$). Desse modo, o genótipo três, por apresentar média de 2413 kg ha⁻¹, $\beta=1,02$ e $\sigma^2_{\beta}=6434^{ns}$ é considerado ideal pela metodologia da regressão. O genótipo apresenta produtividade de aproximadamente 40 sacas por hectare, com incremento de 102 kg ha⁻¹, a cada melhoria das condições de ambiente. Além de desvio da regressão que não difere de zero, logo apresenta comportamento previsível ao longo dos ambientes de cultivo.

De acordo com Cavalcante et al. (2014), análises de adaptabilidade e estabilidade são procedimentos estatísticos que possibilitam identificar cultivares de comportamento mais estáveis, com resposta previsível às variações de ambiente. Nesse sentido, além da classificação dos genótipos quanto aos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, a metodologia da regressão, também possibilita inferir sobre o fator ambiente. Informações sobre o fator ambiente são advindas do índice de ambiente (I). O índice de ambiente é calculado por meio da subtração da média de produtividade dos genótipos em cada ambiente, em relação a média geral do experimento (Tabela 3).

Ambiente	Média do ambiente	Índice de ambiente
1 (Ano 1 local 1)	1078	-1111
2 (Ano 2 local 1)	3249	1060
3 (Ano 2 local 2)	2224	35
4 (Ano 2 local 3)	2516	327
5 (Ano 2 local 4)	1909	-280
6 (Ano 3 local 1)	3056	867
7 (Ano 3 local 2)	2244	55
8 (Ano 3 local 3)	2450	261
9 (Ano 3 local 4)	975	-1214

Tabela 3 - Médias de rendimento de grãos (kg ha⁻¹) de cada ambiente os respectivos índices de ambiente.

O efeito ambiental negativo ocorre nos ambientes A1 (-1111), A5 (-280 e A9 (-1214), refletindo em menores rendimentos de grãos dos genótipos quando cultivados nesses ambientes. Ou seja, o local Chapecó na safra 2012/13 (A1) e Urussanga nas safrinhas de 2013 e 2014 (A5 e A9), respectivamente, foram ambientes que não proporcionaram condições de cultivo ideais, e assim, a média de rendimento de grãos foi inferior, comparativamente. Em algumas situações, o melhorista pode realizar avaliações de genótipos em ambientes com essas características, visando discriminar o potencial genotípico em condições de cultivo

limitantes. O ambiente dois (Chapecó, na safrinha de 2013), foi o melhor ambiente, aonde os genótipos atingiram a máxima produtividade. Esse local, em condições de safrinha pode ser indicado para cultivo de genótipos com adaptabilidade específica a ambientes favoráveis, já que é capaz de incrementar a produtividade de grãos dos genótipos.

Apesar da grande aplicabilidade da metodologia da regressão linear, ela indica apenas a contribuição generalizada que é atribuída a condições de ambiente, sem estratificar o fator ambiente. Ou seja, no momento em que são formados os ambientes (combinações de anos e locais), o pesquisador acaba perdendo informações dessas fontes de variação isoladas. Nesse sentido, como forma de complementar a metodologia da regressão, a aplicação da metodologia dos modelos mistos fornece resultados mais acurados para situações complexas dos casos de interação GxE. Além disso, a metodologia dos modelos mistos fornece estimativas dos valores genéticos (BLUPs), de cada genótipo avaliado. Somado a isso em situações de experimentos com desbalanceamento de dados, heterogeneidade de variâncias e instabilidade de condições de ambiente (situações essas corriqueiras em ensaios de melhoramento) é aconselhável o uso da metodologia REML/BLUP (LITTELL et al., 2006). Para aplicação desta metodologia, foi considerado o efeito do fator ano como fixo (Tabela 4).

Fonte de variação	Estimativa	Pr > F
Intercepto	2212	<.0001
Ano 1	-1133	<.0001
Ano 2	248	0.0450
Ano 3	3097	<.0001

Tabela 4 - Estimativa dos efeitos do fator ano de cultivo sobre o desempenho genotípico de feijão para o caráter rendimento de grãos.

Diferentemente do que foi proposto por Eberhart e Russel (1966), mediante aplicação dos modelos mistos, com a manutenção dos efeitos fixos de ano, é possível inferir quais anos são responsáveis por reduzir o desempenho genotípico. Esse fato já permite iniciar a estratificação do fator ambiente em efeito de anos e efeito de locais de cultivo. A safra agrícola de 2012/13 apresenta uma estimativa negativa (Tabela 4), isso indica que os genótipos apresentaram menor desempenho produtivo nesse ano de cultivo (LITTELL et al., 2006). Visando observar o comportamento dos genótipos ao longo dos ambientes de cultivo, os valores genotípicos (BLUPs) de dois genótipos contratantes (16 e 3) foram representados (Figura 1).

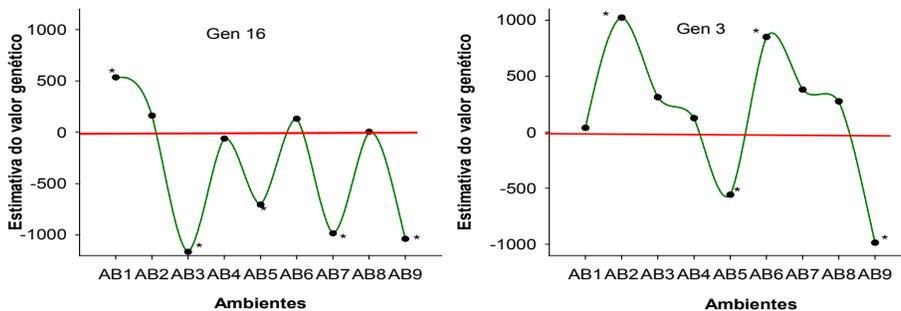


Figura 1 - Estimativas de valores genéticos (BLUPs) dos genótipos ao longo dos ambientes de cultivo.

O genótipo três, considerado como sendo o genótipo ideal pela metodologia da regressão linear simples (Tabela 2), não apresenta comportamento linear pela metodologia dos modelos mistos (Figura 1). O desempenho desse genótipo é modificado em função dos ambientes de cultivo, sendo observados tanto valores positivos como negativos de BLUPs. Os valores positivos, indicam que o desempenho do genótipo está acima da média. Já os valores negativos, salientam que o desempenho genotípico decresce em relação a média geral de rendimento de grãos. O genótipo três, apresenta desempenho superior a média em sete ambientes. Já o genótipo 16, apresenta rendimento de grãos acima da média em apenas três ambientes. Porém, no genótipo três, observamos uma grande variação de rendimento de grãos quando observamos os ambientes dois e nove. No ambiente dois (A2), realizando a composição do valor fenotípico, o genótipo três apresentou um rendimento de grãos de 3236 kg ha⁻¹. Já no ambiente nove, o rendimento cai para 1226 kg ha⁻¹, ou seja, há uma redução 2010 kg ha⁻¹, no desempenho do genótipo, cerca de 2,63 vezes. Essa redução de desempenho é devido as condições de ambiente. Realizando um contraste de comparação de médias, observamos que a comparação A2 x A9 para o genótipo três, gera uma estimativa de -1944. Isso indica que o ano 3 (safrinha), reduz o desempenho do genótipo três em 1944 kg ha⁻¹. Ao considerar a diferença total, que foi de 2010, observamos que 2010 - 1944, gera uma estimativa de 66 kg ha⁻¹. Essa estimativa, corresponde ao efeito de local sobre o desempenho do genótipo três. Assim, observamos a importância da utilização da metodologia dos modelos mistos na partição das fontes de variação que compõem o valor fenotípico de um genótipo (PIANA;SILVA;ANTUNES, 2012).

De forma geral, fatores não genéticos que contribuem na interação G x E podem ser fragmentados em condições ambientais previsíveis e imprevisíveis (FEHR, 1987). Condições previsíveis seriam condições regionais de ambiente (clima, solo, fotoperíodo e práticas agrônomicas). Já variações de ambiente imprevisíveis são aquelas que não conseguimos antever previamente (precipitações, amplitudes térmicas, etc). A partir dos

efeitos da interação G x E, é possível caracterizar a existência de combinações específicas de genótipos com ambientes, resultando produtividades inferiores ou superiores do esperado quando se considera os efeitos genéticos e ambientais isoladamente. Fatores imprevisíveis são os principais contribuintes para a interação de genótipos com locais e anos (ALLARD, 1964). Desse modo, uma forma de aproveitar os efeitos da interação G x E se baseia na regionalização de cultivo de feijão no estado de Santa Catarina, visando adequar cada constituição genotípica a um ambiente particular.

4 | CONCLUSÃO

A interação genótipo*ambiente é significativa nos ambientes de cultivo de feijão no estado de Santa Catarina. Inferências a respeito do comportamento genotípico em ambientes de produção foram melhores exemplificadas pelo uso dos modelos mistos. Desse modo, essa metodologia pode ser útil em programas de melhoramento genético que envolvem situações experimentais mais complexas, com intuito de obtenção de informações pormenorizadas dos componentes abióticos que influem no desempenho genotípico.

REFERÊNCIAS

- ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype– environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, Madison, v. 4, n. 5, p. 503-508, 1964.
- ALLARD, R.W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo: Edgard Blücher, 1971. 381 p.
- BARROS, M. A. et al. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de feijão-caupi de porte semiprostrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 4, p. 403-410, 2013.
- BASTOS, I. T. et al. Avaliação da interação genótipo x ambiente em cana-de-açúcar via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, p. 195-203, 2007.
- CAVALCANTE, A. K. et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de soja em Porto Alegre do Norte, MT. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 4, 2014.
- CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 05 nov. 2020.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Ed. da UFV, 2012. 514p.
- CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v.35, n.3, p.271-276, 2013.

- EBERHART, S.A., RUSSEL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, p. 36-40, 1966.
- FANCELLI, A.L.; NETO, D.D. **Produção de feijão**. Piracicaba: Os autores, 2007. 386p.
- FARIA, A. P.; CIRINO, V.M.; BURATTO, J. S.; SILVA, C.F. B. da.; DESTRO, D. Interação genótipo x ambiente na produtividade de grãos de linhagens e cultivares de feijão. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 579-585, 2009
- FEHR, W.R. **Principles of cultivar development**. Iowa State University. 1987. 536p
- FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. **Melhoramento de plantas para condições de estresse abióticos**. Viçosa: Suprema, 2011. 250p.
- LITTELL, R. C. et al. **SAS for mixed models**. SAS publishing, 2006.
- MELO, L. C. et al. Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 5, p. 715-723, 2007.
- MURAKAMI, D.M.; CRUZ, C.D. Proposal of methodologies for environment stratification and analysis of genotype adaptability. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.4, p.7-11, 2004.
- PIANA, C. F. B.; SILVA, J. G. C.; ANTUNES, I. F. Regionalização para o cultivo do feijão no Rio Grande do Sul com base na interação genótipo x ambiente. **Revista Ceres**, v. 59, n. 2, p. 213-224, 2012.
- PIEPHO, H. P.; MÖHRING, J.; MELCHINGER, A. E.; BUCHSE, A. BLUP for phenotypic selection in plant breeding and variety test. **Euphytica**, v. 161, n. 1-2, p. 209-228, 2007.
- RIBEIRO, N. D. et al. Adaptação e estabilidade de produção de cultivares e linhagens-elite de feijão no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 38, n. 9, p. 2434-2440, 2008.
- SOUTER, J. R.; VALARMATHI, G.; TIMOTHY, G. P.; Kirstin, E. Bett. Successful introgression of abiotic stress tolerance from wild tepary bean to common bean. **Crop Science**, v. 57, n. 3, p. 1160-1171, 2017.
- STORCK, L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; GUADAGNIN, J. P. Análise conjunta de ensaios de cultivares de milho por classes de interação genótipo x ambiente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 3, p. 163-172, 2014
- TORRES, F.E.; TEODORO, P.E.; SARGILO, E.;CECCON, G.; CORREA, A.M. Interação genótipo x ambiente em genótipos de feijão-caupi semiprostrado via modelos mistos. **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 3, p.255-260, 2015
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de genética, 1992. 496p.

ZEBU COW'S MILK: ASSOCIATION OF PHYSICAL-CHEMICAL COMPOSITION WITH ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND SOMATIC CELL COUNT

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 06/11/2020

Emmanuella de Oliveira Moura Araújo

Universidade Federal do Rio Grande do Norte;
Unidade Acadêmica Especializada em Ciências
Agrárias
Macaíba - Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/8520333645309630>

José Geraldo Bezerra Galvão Júnior

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Rio Grande do Norte
Ipangaçu - Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/5231765254808057>

Guilherme Ferreira da Costa Lima

Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio
Grande do Norte
Natal - Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/5106078493184772>

Stela Antas Urbano

Universidade Federal do Rio Grande do Norte;
Unidade Acadêmica Especializada em Ciências
Agrárias
Macaíba - Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/4735195863891753>

Adriano Henrique do Nascimento Rangel

Universidade Federal do Rio Grande do Norte;
Unidade Acadêmica Especializada em Ciências
Agrárias
Macaíba - Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/9757343999118047>

ABSTRACT: The objective was to evaluate the physico-chemical composition, somatic cell count and electrical conductivity of the milk from lactating Zebu cows. For this, monthly milk samples were collected on the official milk control day intended for analysis of electrical conductivity of milk (ECM), somatic cell count (SCC) and milk composition. We used monthly data from 680 controls, from 10 Gyr and 17 Guzerat cows from a herd located in the city of São Gonçalo do Amarante/RN, from August to November 2013. Analyses of variance, mean test and Pearson correlation analysis were conducted. The levels of fat (% F), protein (% P), lactose (% L), total solids (% TS) and non-fat dry extract (% NFDE) were dependent variables for the ECM and SCC. The milk of Gyr cows for ECM, SCC, GOR, PROT, LACT, TS and NFDE were respectively, 3.88 ± 1.18 mS/cm, 1629 ± 2195 thousands cells/mL, $4.71 \pm 1.77\%$, $3.29 \pm 0.31\%$, $4.5 \pm 0.33\%$, $13.5 \pm 1.78\%$, $8.79 \pm 0.37\%$, and for the Guzerat breed 3.59 ± 0.88 mS/cm 1356 ± 1793 thousands cells/mL, $4.47 \pm 0.98\%$, $3.43 \pm 0.32\%$, $4.52 \pm 0.24\%$, $13.5 \pm 1.19\%$, $9.02 \pm 0.48\%$. No significant correlations between SCC and ECM characteristics were observed. However, when the correlation of each of these parameters and milk composition in different classes for each breed was analyzed, a significant correlation of the SCC was observed with the protein and lactose in Gyr, of the ECM with the lactose and SCC with total solids and fat for the Guzerat cows. **KEYWORDS:** Composition of milk, Mastitis, Milk production.

LEITE DE VACAS ZEBUÍNAS: ASSOCIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA COM A CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E CONTAGEM DE CÉLULAS SOMÁTICAS

RESUMO: O objetivo foi avaliar a composição físico-química, contagem de células somáticas e condutividade elétrica do leite de fêmeas zebuínas. Para isto, foram coletadas amostras mensais de leite no dia do controle leiteiro oficial, sendo elas destinadas às análises de Condutividade Elétrica do Leite (CEL), contagem de células somáticas (CCS) e composição do leite. Foram utilizados 680 dados de controles mensais, provenientes de 10 vacas da raça Gir e 17 da raça Guzerá, pertencentes a um rebanho localizado na cidade de São Gonçalo do Amarante/RN, no período de agosto a novembro de 2013. Realizou-se análise de variância, teste de média e análise de correlação de Pearson. Como variáveis dependentes a CEL e CCS, estavam os teores de gordura (%G), proteína (%P), lactose (%L), sólidos totais (%ST) e extrato seco desengordurado (%ESD). Ao serem analisadas médias da raça Gir para CEL, CCS, GOR, PROT, LACT, ST e ESD foram, respectivamente, $3,88 \pm 1,18$ mS/cm, 1629 ± 2195 mil cels./mL, $4,71 \pm 1,77\%$, $3,29 \pm 0,31\%$, $4,5 \pm 0,33\%$, $13,5 \pm 1,78\%$, $8,79 \pm 0,37\%$, e para a raça Guzerá, $3,59 \pm 0,88$ mS/cm 1356 ± 1793 mil cels./mL, $4,47 \pm 0,98\%$, $3,43 \pm 0,32\%$, $4,52 \pm 0,24\%$, $13,49 \pm 1,19\%$, $9,02 \pm 0,48\%$. Não foram verificadas correlações significativas entre as características CCS e CEL. Porém, quando feito a correlação de cada um destes parâmetros com a composição do leite em diferentes classes para cada raça, foi observado, correlação significativa da CCS com a proteína e lactose na raça Gir, da CEL com a lactose e CCS com gordura e sólidos totais para os animais da raça Guzerá.

PALAVRAS - CHAVE: Composição do leite, Mastite, Produção de leite.

1 | INTRODUCTION

Milk is a high value organic food and an important source of protein and fat in the human diet that can be consumed raw or processed. However, it's not only the processing of milk but also the whole logistical process of milk which is subject to a number of hygiene and sanitary control standards to ensure that the product is free of micro-organisms or other potentially harmful substances to human health (LANGONI, 2013).

Among the practices intended to ensure the quality of milk is hygienic milking; a set of practices put in place for reducing the contamination of milk and cow's udder during milking. The contamination of the udder is followed by the development of an infection resulting in mastitis. Mastitic milk presents a series of changes in its physical and chemical composition. This change can influence throughput processing, cause losses and increase industrial production costs (BARBANO et al., 2006; LANGONI et al., 2011; SHARMA et al., 2011; RIBEIRO NETO et al., 2012).

The somatic cell count (SCC) is a monitoring tool for measuring infection of the mammary gland. It correlates with mastitis and provides an estimate of the impairment of the udder secreting parenchyma (BAVA et al., 2011; BALLOU, 2012). The electrical conductivity of milk (ECM) was introduced as a characteristic indicator of mastitis in the

1970s and has been used since then for the detection of this infection/illness (MABROOK; PETTY, 2003; NORBERG, 2005; FOSGATE et al., 2013). ECM measures the ability of a solution to conduct an electric current between two electrodes and is usually measured in milliSiemens per centimeter (mS/cm).

When mastitis is present, the potassium concentration in the milk decreases while the concentrations of sodium and chloride ions increase, leading to increased ECM. The test is based on the principle that an increased ECM is directly proportional to increased udder inflammation and increased SCC. The normal value of ECM for 25°C ranges between 4.0 and 55.5 mS/cm (YOSHIDA et al., 2005).

When compared to conventional mastitis detection techniques, the ECM is obtained more easily, quickly and cost effectively, becoming an important tool to assist in the control of mastitis; especially compared to bacterial identification information or the presence of somatic cells where it is necessary to send samples to a specialized laboratory (RAIMONDO et al., 2009; FOSGATE et al., 2013). The ECM analysis can be performed using portable equipment or from the equipment coupled with the automated milking and as the results are available within seconds after milking, it is therefore very helpful in the early diagnosis of mastitis (UHLER, 2009; KAŞIKÇI et al., 2012).

Given the above, the objective was to relate the levels of electrical conductivity, somatic cell count and chemical composition of milk from Zebu cows.

2 | MATERIAL AND METHODS

Data were obtained from Gyr and Guzerat cows from herds raised at Rockefeller Experimental Station, located in São Gonçalo do Amarante – RN, which belongs to the Agricultural Research Company of Rio Grande do Norte (EMPARN) and collecting time, from August to November 2013. The Experimental Station is located in the coastal region of Rio Grande do Norte state. The climate was classified as Aw, tropical with a dry season (Köppen-Geiger). The average rainfall in the region during the trial period was approximately 1500 mm per year, an average temperature of 26°C, and average relative humidity of 78.0%, according to data obtained from a meteorological station installed on the farm.

The production system is based on 150 ha of pasture in a continuous stocked grazing with individual supplementation with concentrate according to cow production. During the experimental procedures, the herds' diet varied according to time of year; during the rainy season, it was based only on grazing of *Brachiaria brizanta* or dwarf elephant grass (*Pennisetum purpureum Schum.cv. Mott*) and in the dry season pasture were supplemented with concentrate mixture, cows also received sorghum silage or corn mixed with elephant grass silage.

Twenty-seven (27) lactating cows, being ten (10) Gyr and 17 Guzerat were selected for using in this experiment, all of pure breed (PO). The lactating cows had varying age,

birth order and lactating stages and had average body weight of 470 kg. Milking was done mechanically twice a day, in a high line herringbone type system every twelve hours, at 4:00h and 16:00h.



Figure 1. Animals of the Gyr and Guzera breeds used in this study.

Source: Personal archive

Mastitis control practices were adopted for the whole herd, such as pre-dipping, as well as treatment of dry cows and clinical cases. The post-dipping technique was not applied because at the end of each milking calves were released along with the cows. The calf's presence at milking time was necessary as a stimulus for milk ejection.

Samples were collected monthly in duplicate, provided by composite samples from milking in the morning and afternoon on the milk control day, in universal collectors with 40 mL capacity, identified with a code and name of the animal, and packed in insulated boxes with ice between 2°C and 7°C. One of the samples was intended to carry out the measurement of electrical conductivity and referred to the Milk Quality Laboratory of UFRN (LABOLEITE). However, another sample containing a Bronopol® preservative tablet of 10 mg (2-bromo 2-nitro-1,3-propanediol) was referred to the Embrapa Milk Quality Analysis Laboratory of Dairy Cattle, Juiz de Fora - MG, for analysis of fat, protein, lactose, total solids (TS), non-fat dry extract (NFDE) and somatic cell count (SCC) using methods described by the International Dairy Federation (IDF, 2006).

Analyses on the composition was made by absorption spectrometry method using infrared 2000® Bentley (BENTLEY, 1995a). The SCC was analyzed by flow cytometry using the Somacount 300® equipment (BENTLEY, 1995b).

The electrical conductivity of milk was measured using the Akso® AK 83 model Portable Conductivity Electric Meter, and a standard calibration solution of 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$, as recommended by the manufacturer. After the calibration of the solution followed by the measurement of conductivity, each sample was homogenized. The equipment has

an electrode and when it is put into contact with the sample, it displays the value of the electrical conductivity (mS/cm) in its digital display.

The effects of breed, SCC and ECM were examined for statistical analysis. For SCC, the following categories were determined: 1 (to 600 thousand/mL) and 2 (greater than 600 thousand/ mL). For ECM the categories were: 1 (less than 4.5 mS/cm) and 2 (greater than 4.5 mS/cm). Data were subjected to analysis of variance. The differences between the averages of treatments were compared for independent samples using the Duncan test at 5% probability for SCC x Composition and ECM x composition. Statistical analyzes were performed using the Statistical Analysis System software (SAS, 2002).

Correlations between SCC and ECM variables were determined after separating the breeds by ECM with the composition and the SCC with the composition (fat, protein, lactose, total solids and non-fat dry extract).

3 | RESULTS AND DISCUSSION

The mean and standard deviation of milk composition, somatic cell count (SCC) and electrical conductivity milk (ECM) are in Table 1. The average values of SCC for the Gyr and Guzerat were 1629 and 1356 thousand cells/mL.

Gyr					
Variable	Nº of samples	Average	Standard Deviation	Minimum	Maximum
ECM	23	3.88	1.18	1.83	6.6
SCC	22	1629	2195	96	8907
FAT	22	4.71	1.77	2.26	11.1
PROT	22	3.29	0.31	2.83	4.24
LACT	22	4.5	0.33	3.66	4.85
TS	22	13.5	1.78	10.6	19.4
NFDE	22	8.79	0.37	8.04	9.73
Guzerat					
Variable	Nº of samples	Average	Standard Deviation	Minimum	Maximum
ECM	42	3.59	0.88	2.18	5.74
SCC	41	1356	1793	1	6362
FAT	41	4.47	0.98	2.5	6.56
PROT	41	3.43	0.32	2.68	4.3
LACT	41	4.52	0.24	3.87	4.95
TS	41	13.5	1.19	11.2	16.1
NFDE	41	9.02	0.48	7.58	9.96

Table 1. Mean, standard deviation, maximum and minimum values found for the ECM variables (mS/cm), SCC (thousand cells/mL), FAT (%), PROT (%), LACT (%), TS (%) and NFDE (%), in both Zebu breeds.

ECM = electrical conductivity of milk; SCC = somatic cell count; PROT = protein; LACT = lactose; TS = total solids; NFDE = non-fat dry extract.

The average of ECM found in this study was low in comparison with other studies showing a variation from 4.0 to 5.86 mS/cm for regular milk (NORBERG et al., 2004; YOSHIDA et al., 2005; ILIE et al., 2010). However, most of these studies conducted in Brazil and in other countries were conducted in cows of specialized breeds, mainly Hostein, while there is still little information in the literature on the ECM for Zebu cows.

Another factor that has an important influence on the ECM is the fat content in milk. An increase in the milk's fat content is related to the decrease in the milk's ability to conduct electrical current as fat is a poor conductor and the increase in the lipid fraction of milk results in an inhibiting ECM effect; not only by reducing the total conductive medium but, also by the physical obstacle that the fat globules offer to the migration of ions. It is also important to note that within the breed parameter, the zebu cows have a higher fat content in milk compared to Holstein cows and their crosses (MABROOK; PETTY 2003; ZAFALON et al., 2005; BARBOSA et al., 2008; KAŞIKÇI et al., 2012).

In research conducted by Mabrook and Petty (2003), they found ECM values of 5.05; 5.23; 5.40 and 4.85 mS/cm for the whole processed milk (3.6% fat), semi-skimmed milk (1.6% fat), skimmed milk (0.1% fat) and raw milk (3.6% fat), respectively, each with a standard deviation of 0.3 mS/cm. According to the researchers, the whole milk had a higher conductivity compared to raw milk due to the reduction in the size of the milk fat globules occurring during processing, thereby determining that the higher the fat content, the lower the ECM, which may explain the results of this work.

The average values of SCC for the Gyr and Guzerat were 1629 and 1356 thousand cells/mL respectively, were considered high values according to IN 62 (BRASIL, 2011), which recommends maximum values for healthy cows at 600,000 cells/mL. Factors that may have an indirect effect on the SCC are: the season, the stage of lactation and age of the cow. The SCC increases are observed as the age of the cow and the lactation stage advance to a greater cellular response function of adult cows, increased prevalence of infections and residual lesions from previous infections. Note the large increase in SCC after delivery and normal levels return only about 8-14 days later. An increase in SCC can also be observed before drying, when the milk production falls below 4 kg/day. However, both age and stage of lactation do not affect SCC in non-infected cattle, since the SCC increase observed in late lactation is associated with higher likelihood of the animal having been infected throughout lactation and to the extent they get older (RANGEL et al., 2013).

In addition to these factors, differences in the SCC can also be in response to the handling properties, since the environment has a great influence on this characteristic. The high milk SCC indicates the health of the mammary glands of cows and indicates significant loss of production and changes in the quality of milk (RUEGG, 2011; RANGEL et al., 2013; CICONI-HOGAN et al., 2013).

The Table 2 presents the averages of the physico-chemical composition in relation to ECM and SCC. When analyzing the electrical conductivity of milk (ECM), it is observed that

the constituents showed no significant differences for Gyr, although for Guzerat there was a significant difference for lactose.

The average of the constituents of fat, protein, lactose, total solids and non-fat dry extracts are within the range recommended by the literature for Zebu breeds with milk aptitude (RANGEL et al., 2009; GALVÃO JÚNIOR et al., 2010; RANGEL et al., 2014).

When analyzing the electrical conductivity of milk (ECM), it is observed that the constituents showed no significant differences for Gyr, although for Guzerat there was a significant difference for lactose; where there was an increase of ECM, lactose decreased. When analyzing the somatic cell count (SCC), there were significant differences in protein levels which decreased with lower levels of SCC and lactose decreased in proportion to the increase of SCC in Gyr breed. As for the Guzerá breed, fat and total solids were lower with low levels of SCC.

By analyzing the behavior of ECM in relation to milk constituents of the Guzerá cows, it was found that the lactose component fluctuated when the ECM level was above 4.5 mS/cm (Table 2). This was probably due to damage in the mammary gland (tissue damage), as inflammation of the mammary gland reduces the capacity for synthesis of glandular epithelium, thus reducing the lactose content and increases the passage of blood to the milk serum proteins, albumin, sodium and chlorine (AKERS; NICKERSON, 2011; BALLOU, 2012).

Gyr					
	FAT	PROT	LACT	TS	NFDE
ECM Category (mS/cm)					
Up to 4.5	5.10 ^a	3.30 ^a	4.44 ^a	13.8 ^a	8.74 ^a
Over 4.5	4.03 ^a	3.26 ^a	4.60 ^a	13.0 ^a	8.88 ^a
SCC Category (1000cells/mL)					
Under 600	4.40 ^a	3.12 ^b	4.66 ^a	13.2 ^a	8.79 ^a
Over 600	5.07 ^a	3.49 ^a	4.31 ^b	13.9 ^a	8.80 ^a
Guzerat					
	FAT	PROT	LACT	TS	NFDE
ECM Category (mS/cm)					
Up to 4.5	4.38 ^a	3.40 ^a	4.56 ^a	13.4 ^a	9.03 ^a
Over 4.5	4.93 ^a	3.57 ^a	4.33 ^b	13.9 ^a	8.97 ^a
SCC Category (1000cells/mL)					
Under 600	3.96 ^b	3.34 ^a	4.59 ^a	12.9 ^b	8.98 ^a
Over 600	4.91 ^a	3.51 ^a	4.46 ^a	14.0 ^a	9.05 ^a

Table 2. Average estimated milk composition within categories for electrical conductivity of milk (ECM) and somatic cell count (SCC) in Gyr and Guzerat breeds.

Means followed by different capital letters in columns differ by Duncan test ($P < 0.05$) / For ECM: 1 Up to 4.5 mS/cm; 2 - Over 4.5 mS/cm / SCC: 1 - Up to 600,000/mL; 2 - Over 600,000/mL. ECM = electrical conductivity of milk; SCC = somatic cell count; PROT = protein; LACT = lactose; TS = total solids; NFDE = non-fat dry extract.

Lactose controls the volume of milk produced by attracting water from the blood to balance the osmotic pressure in the mammary gland. The lactose concentrations reduce when there is an increase in the concentration of Na⁺ and Cl⁻ to maintain the osmotic pressure in the milk (GONZALEZ et al., 2003), also confirmed in this work.

Also observed in association with increased SCC was a downward trend in the percentage of lactose for Gyr (Table 2), which can be explained by the fact that when the animal is afflicted with mastitis (a disease which is detected by an increase in SCC), there is a lower capacity to synthesize this component in infected mammary glands since it causes damage to the Golgi apparatus and secretory epithelial cells in the alveoli of the mammary gland (where the lactose is synthesized), resulting in a decrease in the biosynthesis of the constituent (LIMA et al., 2006).

As a result of the decrease in lactose synthesis and secretion, there is a decrease in milk production, where according to Gonzalez et al. (2003), the water content in the milk (on average 87% in the cow) depends on lactose synthesis since in the synthesis process the lactose “draws” water for mammary epithelial cells, meaning it is the main component with osmotic capacity in milk.

According to Ruegg (2011), the SCC increase causes changes in concentrations beyond lactose, fat and protein due to damage in the epithelial cells and increased vascular permeability.

In the present study, it was observed that the SCC also exerted influence on protein constituents for Gyr cows, and fat and total solids for Guzarat, where these components decreased to levels below 600,000 cells/mL. This can be explained by the fact that in cows with mastitis, there is an increase in protein concentrations because of the reduction of capacity for synthesis and casein secretion due to the damage caused in the secretory epithelium by bacterial toxins, which is also corroborated by this study. According to Akers and Nickerson (2011), as a result of the increase in SCC there is an increase in the concentration of serum proteins and a reduction of protein synthesized by the gland; this is undesirable because the protein is responsible for clotting milk, and the resulting yield production is casein derivative which is being synthesized by the gland.

Regarding the fat, there was a significant difference where SCC decreased, fat also decreased. There was also an increase in average total solids which can be explained by the increase in fat and protein as part of the construction of total solids (VARGAS et al., 2014).

All the averages involving the categories for ECM and SCC with the other constituents were significant when considering the two breeds (Table 3). However, most of the correlations were of low to medium magnitude. There was no significant correlation between ECM and SCC variables, but there was significant correlation between the constituents, which is in contrast to the literature since there is no information on this fact; there was always correlation between ECM and SCC.

	Gyr						
	ECM	SCC	FAT	PROT	LACT	TS	NFDE
ECM	1	0.13	-0.36	-0.03	0.20	-0.32	0.17
SCC		1	0.09	0.45*	-0.76*	0.00	-0.40
FAT			1	0.02	-0.25	0.98*	-0.10
PROT				1	-0.47*	0.10	0.37
LACT					1	-0.12	0.63*
TS						1	0.11
NFDE							1

	Guzerat						
	ECM	SCC	FAT	PROT	LACT	TS	NFDE
ECM	1	0.18	0.21	0.19	-0.37*	0.16	-0.04
SCC		1	0.49*	0.27	-0.26	0.43*	0.07
FAT			1	0.44*	-0.26	0.92*	0.25
PROT				1	0.11	0.68*	0.78
LACT					1	0.05	0.66
TS						1	0.61
NFDE							1

Table 3. Linear correlation coefficients according to the Pearson model among the variables: electrical conductivity of milk (ECM), somatic cell count (SCC), fat (FAT), protein (PROT), lactose (LACT), total solids (TS) and non-fat dry extract (NFDE) in Gyr and Guzerat dairy cows.

The original data were processed using the SCC log₁₀; * Significant at the 1% level of probability; ECM = electrical conductivity of milk; SCC = somatic cell count; PROT = protein; LACT = lactose; TS = total solids; NFDE = non-fat dry extract.

In the presence of mastitis, the potassium concentration in the milk decreases while the concentration of sodium ions and chloride increase conducting an increase in ECM. The test is based on the principle that the increased ECM is directly proportional to increased udder inflammation and increased SCC since there are changes in the ionic content of milk; where there is a decrease in potassium concentration, and concentrations of sodium ions and chloride go up due to increased permeability of blood capillaries and the destruction of the ion pump systems (NIELEN et al., 1992; RYSANEK; BABAK, 2005).

Unlike the results of this study, Juozaitienė et al. (2010) found positive and statistically significant correlations between SCC in milk and the ECM. Studies by Janzekovic et al. (2009) also reported a statistically positive relationship between SCC and the ECM for all udder quarts ranging from 0.27 to 0.46.

4 | CONCLUSIONS

The electrical conductivity of Gyr and Guzerat cow's milk show averages of 3.88 mS/cm and 3.59 mS/cm, respectively. The lactose levels of Guzerat cow's milk reduce according to the increasing electrical conductivity. There is no significant correlation between the electrical conductivity of milk and the somatic cell count.

REFERENCES

- AKERS, R. M.; NICKERSON, S. C. Mastitis and its impact on structure and function in the ruminant mammary gland. **Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia**, Bethesda, v. 16, n. 4, p. 275-289, 2011.
- BALLOU, M. A. Inflammation: role in the etiology and pathophysiology of clinical mastitis in dairy cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, n. 5, p. 1466-1478, 2012.
- BARBANO, D. M.; MA, Y.; SANTOS, M. V. Influence of raw milk quality on fluid milk shelf life. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 89, p. 15-19, 2006.
- BARBOSA, S. B.; RAMALHO, R. P.; MONARDES, H. G.; DIAS, F. M.; SANTOS, D. C. D.; BATISTA, A. Milk and fat production of crossbred Holstein-Gir cows (*Bos taurus taurus*-*Bos taurus indicus*) in the Agreste region of the Brazilian state of Pernambuco. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 31, n. 2, p. 468- 474, 2008.
- BAVA, L.; ZUCALI, M.; SANDRUCCI, A.; BRASCA, M.; VANONI, L.; ZANINI, L.; TAMBURINI, A. Effect of cleaning procedure and hygienic condition of milking equipment on bacterial count of bulk tank milk. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 78, n. 2, p. 211-219, 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 62, de 29 de dezembro de 2011. **Diário Oficial da União**, nº 251, Brasília, 2011, Seção 1, p. 6-11.
- CICCONI-HOGAN, K. M.; GAMROTH, M.; RICHERT, R.; RUEGG, P. L.; STIGLBAUER, K. E.; SCHUKKEN, Y. H. Associations of risk factors with somatic cell count in bulk tank milk on organic and conventional dairy farms in the United States. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 96, n. 3, p. 3689-3702, 2013.
- FOSGATE, G. T.; PETZER, I. M.; KARZIS, J. Sensitivity and specificity of a hand-held milk electrical conductivity meter compared to the California mastitis test for mastitis in dairy cattle. **The Veterinary Journal**, Amsterdam, v. 196, n. 1, p. 98-102, 2013.
- GALVÃO JÚNIOR, J. G. B.; RANGEL, A. H. N.; MEDEIROS, H. R.; SILVA, J. B. A.; AGUIAR, E. M.; MADRUGA, R. C.; LIMA JÚNIOR, D. M. Efeito da produção diária e da ordem de parto na composição físico-química do leite de vacas de raças zebuínas. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v. 4, n. 1, p. 25-30, 2010.
- GONZALEZ, S. G.; MÜLLER, E. E.; RIBEIRO, E. L. A.; FREITAS, J. C.; GODOY, A. L. Influência de fatores raciais e manejo nutricional na contagem de células somáticas e nos constituintes do leite de vacas holandesas e mestiças no Norte do Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 323-329, 2003.
- ILIE, L. I.; TUDOR, L.; GALIS, A. M. The electrical conductivity of cattle milk and the possibility of mastitis diagnosis in Romania. **Lucrări Stiintifice Medicină Veterinară**, Iasi, v. 43, n. 2, p. 220-227, 2010.
- INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION - IDF. Whole milk determination of milkfat, protein and lactose content. Guide for the operation of mid-infra- red instruments. Bruxelas: IDF/FIDL, 2006. 12 p. (IDF Standard 141 B).

JANZEKOVIC, M.; BRUS, M.; MURSEC, B.; VINIS, P.; STAJNKO, D.; CUS, F. Mastitis detection based on electric conductivity of milk. **Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering**, Philadelphia, v. 34, n. 1, p. 39-46, 2009.

JUOZAITIENĖ, V.; ŠLAPKAUSKAITĖ, J.; TUŠAS, S.; BRAZAUSKAS, A.; JAPERTIENE, R. Electrical conductivity changes of milk during milking phase with cows productivity and somatic cells count. **Veterinarija Ir Zootechnika**, Kaunas, v. 51, n. 73, p. 23-29, 2010.

KAŞIKÇI, G.; ÇETİN, Ö.; BİNGÖL, E. B.; GÜNDÜZ, M. C. Relations between electrical conductivity, somatic cell count, California mastitis test and some quality parameters in the diagnosis of subclinical mastitis in dairy cows. **Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences**, Ankara, v. 36, n. 1, p. 49-55, 2012.

LANGONI, H. Qualidade do leite: utopia sem um programa sério de monitoramento da ocorrência de mastite bovina. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Seropédica, v. 33, n. 5, p. 620-626, 2013.

LANGONI, H.; PENACHIO, D. D. S.; CITADELLA, J. C.; LAURINO, F.; FACCIOLI-MARTINS, P. Y.; LUCHEIS, S. B.; SILVA, A. V. D. Aspectos microbiológicos e de qualidade do leite bovino. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Seropédica, v. 31, n. 12, p. 1059-1065, 2011.

LIMA, M. C. G.; SENA, M. J.; MOTA, R. A.; MENDES, E. S.; ALMEIDA, C. C.; SILVA, R. P. P. E. Contagem de células somáticas e análises físico-químicas e microbiológicas do leite cru tipo C produzido na região Agreste do Estado de Pernambuco. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 73, n. 1, p. 89-95, 2006.

MABROOK, M. F.; PETTY, M. C. Effect of composition on the electrical conductance of milk. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 60, n. 3, p. 321-325, 2003.

NIELEN, M.; DELUYKER, H.; SCHUKKEN, Y. H.; BRAND, A. Electrical conductivity of milk: measurement, modifiers, and meta analysis of mastitis detection performance. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, n. 2, p. 606-614, 1992.

NORBERG, E. Electrical conductivity of milk as a phenotypic and genetic indicator of bovine mastitis: a review. **Livestock Production Science**, Wellington, v. 96, n. 2, p. 129-139, 2005.

NORBERG, E.; ROGERS, G. W.; GOODLING, R. C.; COOPER, J. B.; MADSEN, P. Genetic parameters for test-day electrical conductivity of milk for first lactation cows from random regression models. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, n. 6, p. 1917-1924, 2004.

RAIMONDO, R. F. S.; BRANDESPIM, F. B.; PRINA, A. P. M.; BIRGEL JÚNIOR, E. H. Avaliação do pH e da eletrocondutividade do leite de bovinos da raça Jersey durante o primeiro mês de lactação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 447-456, 2009.

RANGEL, A. H. N.; ARAÚJO, T. P. M.; MEDEIROS, H. R.; LIMA JÚNIOR, D. M.; ANDRADE, K. D.; MADRUGA, R. C.; BEZERRIL, R. F.; NOVAES, L. P. Body condition score (BCS) and calving order on milk production and composition in zebu cattle. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v. 8, n. 4, p. 247-253, 2014.

RANGEL, A. H. N.; ARAÚJO, V. M.; BEZERRA, K. C.; BARRETO, M. L. J.; MEDEIROS, H. R.; LIMA JÚNIOR, D. M. Avaliação da qualidade do leite cru com base na contagem de células somáticas em rebanhos bovinos comerciais no estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 18, n. 1, p. 40-45, 2013.

RANGEL, A. H. N.; MEDEIROS, H. R.; SILVA, J. B. A.; BARRETO, M. L. J.; LIMA JÚNIOR, D. M. Correlação entre a contagem de células somáticas (CCS) e o teor de gordura, proteína, lactose e extrato seco desengordurado do leite. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 4, n. 3, p. 57-60, 2009.

RIBEIRO NETO, A. C.; BARBOSA, S. B. P.; JATOBÁ, R. B.; SILVA, A. M.; SILVA, C. X.; SILVA, M. J. A.; SANTORO, K. R. Qualidade do leite cru refrigerado sob inspeção federal na região Nordeste. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Lavras, v. 64, n. 5, p. 1343-1351, 2012.

RUEGG, P.L. Managing mastitis and producing high quality milk. In: RISCO, C.; MELENDEZ, P. (Ed.). **Dairy cattle production medicine**. Ames: Wiley-Blackwell Publishing Ltd, 2011. p. 207-232.

RYSANEK, D.; BABAK, V. Bulk tank milk somatic cell count as an indicator of the hygiene status of primary milk production. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 72, n. 4, p. 400-405, 2005.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS Institute®. User's guide: statistics. Version 9.1. 4th ed. Cary: SAS Institute, 2002.

SHARMA, N.; SINGH, N. K.; BHADWAL, M. S. Relationship of somatic cell count and mastitis: an overview. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, Seoul, v. 24, n. 3, p. 429-438, 2011.

UHLER, C. Mastitis in dairy production: estimation of sensitivity, specificity and disease prevalence in the absence of a gold standard. **Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics**, Champaign, v. 4, n. 1, p. 79-98, 2009.

VARGAS, D. P.; NÖRNBERG, J. L.; MELLO, R. O.; SHEIBLER, R. B.; BREDÁ, F. C.; MILANI, M. P. Correlações entre contagem de células somáticas e parâmetros físico-químicos e microbiológicos de qualidade do leite. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 15, n. 4, p. 473-483, 2014.

YOSHIDA, T.; LOPEZ-VILLALOBOS, N.; HOLMES, C.W. Relationships between milk yield, milk composition and electrical conductivity in dairy cattle. **Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production**, Auckland, v. 65, n. 1, p. 143-147, 2005.

ZAFALON, L. F.; NADER FILHO, A.; OLIVEIRA, J. V.; RESENDE, F. D. D. Comportamento da condutividade elétrica e do conteúdo de cloretos do leite como métodos auxiliares de diagnóstico na mamite subclínica bovina. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Seropédica, v. 25, n. 3, p. 159-163, 2005.

CAPÍTULO 18

MICROORGANISMOS BENÉFICOS E SUAS UTILIZAÇÕES EM CULTURAS AGRÍCOLAS

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 10/12/2020

Jéssica Rodrigues de Mello Duarte

Programa de Pós-graduação em Agronomia -
Universidade Federal de Goiás
Goiânia – Goiás
<http://lattes.cnpq.br/8784350456102454>

Geovanni de Oliveira Pinheiro Filho

Programa de Pós-graduação em Agronomia -
Universidade Federal de Goiás
Goiânia – Goiás
<http://lattes.cnpq.br/3021561442905116>

Diogo Castilho Silva

Programa de Pós-graduação em Agronomia -
Universidade Federal de Goiás
Goiânia – Goiás
<http://lattes.cnpq.br/1989427248158310>

Eliana Paula Fernandes Brasil

Programa de Pós-graduação em Agronomia -
Universidade Federal de Goiás
Goiânia – Goiás
<http://lattes.cnpq.br/7324619074753727>

RESUMO: Os microrganismos multifuncionais são organismos como vírus, fungos, bactérias, oomicetos e protozoários, que vivem naturalmente no solo ou em diferentes tecidos das plantas e cumprem múltiplas funções. A interação desses microrganismos com as plantas cultivadas desempenha um importante papel no desenvolvimento de sistemas agrícolas

mais sustentáveis. A utilização desses no manejo agrícola representa uma importante estratégia para o desenvolvimento integrado de práticas sustentáveis, objetivando um melhor aproveitamento de nutrientes, redução de doenças e pragas, diminuição do uso de produtos químicos, bem como melhorar a produtividade das culturas. Foi observado um aumento na eficiência de trocas gasosas e aumento da biomassa de plantas de soja associadas a microrganismos promotores do crescimento. O aumento da produção agrícola em plantas inoculadas com organismos promotores do crescimento vegetal também foi observado em estudos com arroz, feijão, cebolinha, batata, cenoura, alface e couve, onde foram apontados benefícios como melhor absorção de água e nutrientes, proteção contra ataques ao sistema radicular, maior crescimento e diminuição do ciclo de produção. De forma ecológica esses benefícios são resultado da interação simbiótica dentro de um sistema integrado e complexo que deve ser amplamente estudado e que possui um grande potencial de maximizar a eficiência da produção agrícola.

PALAVRAS-CHAVE: Promotores de crescimento vegetal; Rizobactérias.

BENEFICIAL MICRO-ORGANISMS AND THEIR USES IN AGRICULTURAL CROPS

ABSTRACT: Multifunctional microorganisms are organisms such as viruses, fungi, bacteria, oomycetes and protozoa, which live naturally in the soil or in different plant tissues and fulfill multiple functions. The interaction of these

microorganisms with cultivated plants plays an important role in the development of more sustainable agricultural systems. The use of these organisms in agricultural management represents an important strategy for the integrated development of sustainable practices, aiming at better use of nutrients, reduction of diseases and pests, decrease in the use of chemical products, as well as improving crop productivity. It was observed an increase in the efficiency of gas exchange and an increase in the biomass of soybean plants associated with growth-promoting microorganisms. The increase in agricultural production in plants inoculated with organisms that promote plant growth was also observed in studies with rice, beans, chives, potatoes, carrots, lettuce and cabbage, pointing benefits such as better absorption of water and nutrients, protection of attacks against root system, greater growth, decreased production cycle. In an ecological way these benefits are the result of symbiotic interaction within an integrated and complex system that must be extensively studied and which has a great potential to maximize the efficiency of agricultural production.

KEYWORDS: Plant growth promoters; Rhizobacteria.

As plantas podem estabelecer associação com um grande número de microrganismos presentes na rizosfera. Coletivamente chamados de microbioma, esses microrganismos representam um segundo genoma das plantas que tem um grande potencial de exercer efeitos positivos na saúde e produtividade das plantas. Esse microbioma compreende um diverso e funcional grupo genético de microrganismos como vírus, fungos, bactérias, oomicetos e protozoários associados a diferentes tecidos das plantas ou presentes no solo, adjacentes à superfície das raízes (Lakshmanan et al., 2017).

Os microrganismos multifuncionais são um grupo de organismos que vivem naturalmente no solo e cumprem múltiplas funções, como a degradação e/ou transformação de diversos materiais para que possam ser utilizados na nutrição das plantas, e são classificados em grandes grupos funcionais, tais como: grupo do ácido láctico, bactérias fotossintéticas, grupo das leveduras, actinomicetos e grupo dos fungos (Feijoo & Reinaldo, 2016). Desempenham importante papel no desenvolvimento de sistemas agrícolas mais sustentáveis, destacando-se os microrganismos promotores de crescimento que auxiliam no desenvolvimento das plantas e podem promover significativa melhora de produtividade (Barbosa et al., 2018).

Esses microrganismos podem proporcionar diversos benefícios para as plantas, estimulando a produção sustentável, contribuindo para o crescimento de plantas (Sousa et al., 2018) e ajudando na proteção contra patógenos (Mendes et al., 2018). Além disso, pode auxiliar no desempenho agrônomo atuando em características como incremento de biomassa, comprimento radicular (Sousa et al., 2019) e produtividade (Nascente et al., 2019).

A utilização desses no manejo agrícola representa uma importante estratégia para o desenvolvimento integrado de práticas sustentáveis, objetivando um melhor aproveitamento de nutrientes, redução de doenças e pragas, diminuição do uso de produtos químicos,

bem como melhorar a produtividade das culturas (Bhattacharyya et al., 2016). Entretanto, essas interações entre microrganismos e plantas são altamente complexas, simultâneas e dependentes de uma série de fatores, sendo de fundamental importância o estudo das mesmas (Barbosa et al., 2015).

Bactérias de vida livre que são benéficas às plantas são frequentemente referidas como Rizobactérias Promotoras do Crescimento em Plantas (RPCP), e incluem um grande número de bactérias como *Zotobacteria* sp., *Azospirillum* sp., *Pseudomonas* sp., *Acetobacter* sp., *Burkholderia* sp. e *Bacillus* sp. (Ngumbi & Kloepper, 2016). São um grupo heterogêneo de bactérias que podem ser encontrados na rizosfera, em superfícies radiculares e em associação com raízes (Ratz et al., 2017). Influenciam no desenvolvimento das plantas através da secreção de fitormônios essenciais, aumento da absorção de nutrientes e disponibilidade de minerais e nitrogênio no solo (Paramanandham et al., 2017).

As RPCP possuem múltiplas atividades direcionadas à promoção de crescimento de plantas, exibindo potencial de biorremediação por desintoxicação de poluentes como metais pesados e pesticidas e controlando uma variedade de fitopatógenos como biopesticidas (Ahemad & Kibret, 2014). Proporcionam também resultados benéficos no controle de doenças, especialmente de nematoides (Araujo et al., 2012; Silva et al., 2016; Zhou et al., 2016), no incremento ao desenvolvimento de plantas (Bernardino et al., 2018) e também atuam como indutoras de resistência a doenças (Mates et al., 2019).

Podem fixar nitrogênio atmosférico e fornecê-lo em uma forma lábil às plantas; podem sintetizar sideróforos de baixo peso molecular os quais podem solubilizar e sequestrar ferro do solo e ofertar às plantas; sintetizar diferentes fitormônios como ácido indolacético (AIA) que age em diferentes estágios do crescimento das plantas; facilitam a solubilização de minerais como fósforo, tornando-os mais disponíveis para a absorção e crescimento das plantas, e por fim, RPCP podem sintetizar algumas enzimas que modulam o crescimento e desenvolvimento das plantas através da influência nos níveis de fitormônios (Kang et al., 2014). A maioria das rizobactérias que desempenham efeitos benéficos no crescimento das plantas produzem AIA, e a inoculação de várias espécies de plantas com tais bactérias mostraram aumento do crescimento radicular e/ou aumento da formação de raízes secundárias (Dimkpa et al., 2009).

As RPCP podem também desempenhar um importante papel no ajuste osmótico das plantas durante períodos de déficit hídrico. Compostos exsudados pelas bactérias na zona radicular podem agir como substâncias osmoticamente compatíveis. Glicina e betaína produzidas por bactérias osmorreguladoras possivelmente podem agir sinergicamente com a glicina e betaína produzidas pelas plantas em resposta ao estresse, desse modo, aumentando a tolerância à seca. Contudo, os efeitos positivos da osmorregulação potencializada por RPCP em arroz foram mais significantes quando o nível de estresse foi severo (Yuwono et al., 2005).

Os resultados com a utilização de microrganismos em culturas de elevada

importância econômica, como a soja, feijão e arroz, são promissores. Em estudo de Silva et al. (2020), os microrganismos promotores de crescimento melhoraram os parâmetros de troca gasosa e biomassa seca da parte aérea e da raiz de plantas de soja, bem como atuaram positivamente no conteúdo de macronutrientes na parte aérea e nas raízes. Os autores destacam ainda que o pool de microrganismos *T. asperellum*, Ab-V5, 1301 + 32110, 1301 + 32114, 1301 + Ab-V5 e 32110 + Ab-V5 levou a um acúmulo de biomassa total em plantas de soja cerca de 25% superior ao tratamento controle, evidenciando que a utilização de microrganismos benéficos em sistemas de cultivo é muito promissora.

O uso de microrganismos na cultura da soja proporciona também melhor absorção de água e nutrientes, promoção de melhorias morfológicas nas raízes, possibilita melhor desenvolvimento da planta e grãos de maior qualidade, além de trazer a economia com fertilizantes minerais (Nomura et al., 2019). Estudo conduzido por Kath et al. (2017) observou que o fungo *Trichoderma* spp. foi eficiente no controle do *Pratylenchusbrachyurus*, na cultura da soja.

A inoculação de sementes de soja com bactérias diazotróficas mostrou que a altura de plantas e o nitrogênio na parte aérea foram influenciados pelas bactérias e a associação das mesmas promoveu ganhos produtivos na cultura (Bulegon et al., 2016). Hungria, Nogueira e Araujo (2013) observaram que a inoculação da soja com *Bradyrhizobiumjaponicum* aumentou a produção de soja em média 8,4% e a coinoculação com *Azospirillum brasilense* aumentou cerca 16% em relação à produção do controle não inoculado, mostrando assim o potencial do uso de microrganismos na cultura da soja.

Já no feijoeiro, estudo de Márquez-Benavidez et al. (2017) mostrou que a utilização do fungo *Trichoderma harzianum* promoveu o crescimento em plantas da cultura, impediu o ataque de bactérias e fungos fitopatogênicos no sistema radicular da leguminosa e otimizou a fixação de nitrogênio. Entretanto, mesmo se tratando de uma leguminosa como a soja, a utilização de bactérias fixadoras de nitrogênio no cultivo do feijão no Brasil ainda não é uma tecnologia consolidada, sendo necessários mais estudos visto que fatores edafoclimáticos e fatores genéticos podem interferir na resposta da cultura (Franciscon et al., 2014).

Fernandes et al. (2020) analisaram o efeito das rizobactérias *Bacillus* sp., *Azospirillum* sp., *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas* sp., *Pseudomonas fluorescens*, *Burkholderia pyrrocinia*, *Serratia* sp. e um gênero fúngico formando um pool de *Trichoderma asperellum*, aplicados isoladamente ou em consórcio, em relação a tratamento controle (sem adição de microrganismos) na cultura do arroz. Os autores observaram que determinados tratamentos com microrganismos obtiveram aumento de até 123% no número de panículas e de 206% na produtividade de grão do arroz de terras altas com relação à testemunha, e influenciaram também no desempenho morfofisiológico nas plantas de arroz, melhorando a taxa fotossintética, eficiência de carboxilação, número de perfilhos, biomassa seca de parte aérea e teor de nutrientes na parte aérea e raiz das plantas.

Estudo de Romero-Garcia et al. (2016) observou que os microrganismos *Rhizobium*

etlie *Trichoderma harzianum*, tanto individualmente quanto em consórcio, possuem afinidade aos exsudatos das sementes e raízes do feijoeiro, transformando-os em alternativas para o uso de fungicidas químicos e permitindo otimizar em 50% a dose do fertilizante nitrogenado. Microrganismos podem atuar também no efeito supressor a pragas agrícolas. Oliveira et al. (2017) observaram que a rizobactéria *Bacillus subtilis* foi eficaz no controle biológico dos nematoides *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Meloidogyne* spp. e *Rotilenchulusreniformis*.

Observa-se também resultados promissores em olerícolas, por exemplo. Sallin et al. (2017) utilizando probiótico da marca comercial EM-1® (constituído por *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus* e *Saccharomyces cerevisiae*), na folha e no solo concluíram que a combinação de húmus de minhoca aliado a aplicações foliares do preparado de microrganismos eficientes favoreceu o desenvolvimento da cebolinha, com maior altura da parte aérea e menor duração do ciclo da cultura. Neste experimento, as plantas atingiram a altura de 35 cm em 35 dias, diferente dos 55 dias que Filgueira (2007) propõe para cebolinha em propagação vegetativa.

Frutas e hortaliças são suscetíveis ao ataque de vários patógenos após a colheita. Mesmo quando o transporte e armazenamento são realizados de maneira adequada, verificam-se perdas de 5 a 10% da produção. No Brasil e em outros países é muito comum, no campo ou no período pós-colheita, a ocorrência de podridão-mole em hortaliças, principalmente em tomate. Gomes et al. (2005) avaliaram o efeito do cálcio, *Rhodotorula* sp. e *Pseudomonas* sp. fluorescente no controle da infecção causada por *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*. A associação de *Rhodotorula* sp. e *Pseudomonas* sp. fluorescente com CaCl_2 a 8% aumentou a redução da severidade da doença para 93,0. Somente uso de CaCl_2 a redução da severidade da doença foi de 69,46 %.

Pereira & Pelegrini (2020) utilizando a cultivar orquestra de batata (*Solanum tuberosum* L.) com bioativador de solo (sulfato de potássio e enxofre elementar) e *Trichoderma* sp. aplicados no sulco de plantio, obtiveram maior crescimento da parte aérea (número e altura de hastes) e enraizamento que outros tratamentos e testemunha. Além disso, eleva a produtividade e traz uma maior vantagem econômica ao produtor, pois aumentou a produção de tubérculos da classe especial, que é a classe que possui maior valor agregado, produzindo 355 sacas a mais quando comparado ao tratamento controle (usual da fazenda). O uso do *Trichoderma* sp. aumenta o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular, proporcionando melhor aproveitamento da água e maior absorção de nutrientes, devido sua participação na decomposição de matéria orgânica, aumento na produtividade das culturas e resistência das plantas sob influência de estresses causados por fatores ambientais e/ou climáticos, enriquecimento de solos pobres, os ácidos produzidos pelo fungo colaboram para a solubilização de fosfatos, micronutrientes e alguns minerais (Lucon, 2014).

Quiuqui et al. (2019) utilizando aplicação de probiótico natural EM1®, cepas de

microrganismos naturais sem alterações genéticas (*Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus* e *Saccharomyces cerevisiae*) em cultivar de cenoura Brasília, notaram que o acréscimo de peso da parte radicular chegou a 36% em comparação ao tratamento que não houve adição de microrganismos eficientes. Os resultados mostram o efeito desejável acima das 31,6 toneladas por hectare da média nacional registrado pelo Anuário Brasileiro de Hortaliças de 2017, alcançando 66,8 t ha⁻¹ para as plantas cultivadas com EM via solo, 62,3 t ha⁻¹ para a aplicação de EM nas folhas e 48.8 t ha⁻¹ para plantas cultivadas sem adição de EM.

Para uso, os microrganismos do probiótico passaram pelo processo de ativação, pois inicialmente estão em estado de dormência. Para tanto, foi realizada uma mistura de 5% de EM-1®, 5% de melão e 90% de água potável sem cloro, na proporção de 1L:1L:20L respectivamente, em um recipiente posteriormente fechado hermeticamente e armazenado em ambiente fresco e protegido da luz direta, aberto a cada 2 dias para liberação dos gases da fermentação (Quiuqui et al., 2019).

Pais et al. (2016) isolaram 44 microrganismos da rizosfera de melancia para verificar os melhores para as variáveis fenotípicas. Treze isolados de bactérias inoculados nas sementes de melancia antes do plantio promoveram maior crescimento da raiz, tornando a planta mais eficiente na absorção de água e nutrientes. Esta eficiência pode estar associada à presença do ácido indol-3-acético (AIA) que atua no alongamento celular e na formação de raízes adventícias. Outros benefícios também foram observados como aumento do comprimento da parte aérea, massa seca da parte aérea e massa seca da raiz. Considerando as variáveis analisadas, os isolados UNEB 05, UNEB 27, UNEB 53 e UNEB 57 promoveram os maiores incrementos no crescimento da parte aérea, porém o UNEB 55 se destacou em todas as variáveis, portanto, estes isolados podem ser considerados promotores de crescimento em melancia.

Schлиндwein et al. (2008) avaliaram a ação de rizóbios sobre sementes de alface (foram utilizados quatro isolados de *Bradyrhizobium spnoduladores* de acácia-negra (T6-4, T6-12, V-10 e C3) e um de *Rhizobium leguminosarum* biovar *trifolli*, (TV-13) nodulador de trevo-vesiculoso). A inoculação com os isolados de *Bradyrhizobium* sp. resultou em um efeito positivo nas taxas que avaliam o desenvolvimento das plântulas, com valores significativamente superiores nos índices de porcentagem de plântulas normais, crescimento de raiz e parte aérea. Dentre esses isolados, destaca-se o T6-4 com os maiores valores obtidos de plântulas normais e de crescimento de raiz. Por outro lado, as sementes inoculadas com o isolado *Rhizobium leguminosarum* biovar *trifolli* TV-13 diferiram das demais por não desenvolverem plântulas normais, sem emissão de radícula e abertura precoce de cotilédones, além de apresentarem taxas de crescimento com índices reduzidos de maneira drástica, devido a maior produção de AIA por esses rizóbios. De acordo com Biswas et al. (2000), o AIA, assim como outros fitormônios, estimulam o crescimento de plantas apenas dentro de uma faixa estreita de concentração. Fora dessa faixa benéfica,

as concentrações mais baixas são ineficazes e as mais elevadas, são tóxicas.

Cipriano (2013) utilizando rizobactérias promotoras do crescimento de plantas, isoladas de várias plantas, na produção de alface mostraram que o isolado de pseudomona Ps21A solubiliza fosfato e o isolado PsC40 é produtor de ácido hidrocianico (HCN) e ambos favoreceram o crescimento da parte aérea. Pôde-se observar também que nenhum dos isolados que promoveram o crescimento das mudas de alface foi obtido dessa cultura, demonstrando que microrganismos isolados de diferentes culturas podem beneficiar uma cultura diferente de sua origem. Por exemplo, estudos mostram que rizobactérias do gênero *Pseudomonas*, obtidas da rizosfera de soja, aumentaram o crescimento da parte aérea de plantas de alface (Donzeli, 2006). É claro que o fato de alguns isolados não produzirem os metabólitos investigados, não quer dizer que o microrganismo não seja promotor de crescimento pois existem outros mecanismos pelos quais a rizobactéria pode beneficiar o crescimento da planta, como a produção de outros compostos voláteis (Santoro et al., 2011).

Resultados semelhantes em estudos com rizobactérias do gênero *Bacillus*, obtidas de plantas de couve, mostraram que esses microrganismos promoveram o crescimento das mudas de alface, apesar de não terem produzido substâncias indólicas, ácido cianídrico e não solubilizarem fosfato inorgânico (Gomes et al., 2003). Os resultados neste trabalho e em outros mostram que não há especificidade para uma planta hospedeira, de modo que as rizobactérias podem beneficiar culturas diferentes das que foram obtidas, pelo menos no que se refere aos efeitos benéficos de *Bacillus* e *Pseudomonas* (Gomes et al., 2003; Donzeli, 2006)

Os microrganismos benéficos colonizam a rizosfera das plantas e promovem seu crescimento através de vários mecanismos diretos e indiretos. Todavia, o papel dos microrganismos no gerenciamento de estresses bióticos e abióticos está ganhando importância. O termo Tolerância a Indução Sistêmica (TIS) tem sido proposto para Rizobactérias Promotoras do Crescimento que induzem mudanças físicas e químicas que resultam no aumento da tolerância ao estresse abiótico (Lakshmanan et al., 2017). Esses organismos também podem fornecer excelentes modelos para compreensão dos mecanismos de tolerância a estresses que podem, posteriormente, serem projetados para as culturas agrícolas (Grover et al., 2011).

As complexas e dinâmicas interações entre microrganismos, raízes, solo e água na rizosfera induz mudanças nas propriedades físico-químicas e estruturais do solo (Haynes & Swift, 1990). Plantas tratadas com bactérias produtoras de exopolissacarídeos (EPS), também chamados de glicanos, demonstram aumento na resistência ao estresse hídrico devido à melhoria da estrutura do solo. Algumas bactérias como a *Pseudomonas* sp. sobrevivem sob condições de estresse devido à produção de EPS, o que protege os microrganismos do déficit hídrico e das flutuações no potencial hídrico através do aumento na retenção de água e regulação da difusão de fontes de carbono no ambiente microbiano

(Vurukonda et al., 2016). Exopolissacarídeos possuem propriedades únicas de absorção e cimentação, e contribuem para a formação e estabilização de agregados de solo e regulação de nutrientes e fluxo de água através das raízes das plantas através da formação de biofilme (Roberson & Firestone, 1992). A produção de ácido indolacético, giberelinas, e outras substâncias desconhecidas é estimulada por bactérias promotoras do crescimento, resultando no aumento do comprimento de raízes, da superfície radicular e número de extremidades, levando ao incremento da absorção de nutrientes, melhorando a saúde da planta sob condições de estresse (Egamberdieva & Kucharova, 2009).

Embora seja claro que vários microrganismos promotores do crescimento sejam úteis para mitigação do estresse hídrico pelas plantas, os mecanismos envolvidos continuam amplamente especulativos. Para completo entendimento desses mecanismos existe a necessidade de mais estudos sistemáticos e protocolos que permitam que pesquisadores tenham dados acurados sobre o assunto (Ngumbi & Kloepper, 2016).

Os microrganismos funcionais expressam um potencial ainda pouco explorado de maximizar a eficiência da produção agrícola, diminuir o uso de adubos sintéticos e agroquímicos. Os ganhos de produção baseados na integração do uso desses microrganismos em sistemas de cultivo são comprovados cientificamente, e de forma ecológica esses benefícios são resultado da interação simbiótica dentro de um sistema mais integrado e mais complexo que apenas a incorporação de um único fator de correção nutricional do solo ou proteção contra pragas e doenças.

REFERÊNCIAS

AHEMAD, M.; KIBRET, M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. **Journal of King Saud University - Science**, v. 26, n. 1, p. 1-20, 2014.

ARAUJO, F. F.; BRAGANTE, R. J.; BRAGANTE, C. E. Controle genético, químico e biológico de meloidoginose na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 220-224, 2012.

BARBOSA, J.; OLIVEIRA, J.; BARBOSA, J.; MARTINS FILHO, A.; MEDEIROS, E.; KUKLINSKY-SOBRAL, J. Influência de esterco bovino e microrganismos promotores de crescimento na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.), no município de Garanhuns, PE. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, p. 1-7, 2018.

BARBOSA, J. Z.; CONSALTER, R.; VEZZANI, F. M.; MOTTA, A. C. V. Bactérias e fungos benéficos na endosfera das plantas. **Revista Agrogeoambiental**, v. 7, n. 3, p. 99-116, 2015.

BERNARDINO, D. L. M. P.; DAVID, A. M. S. S.; FIGUEIREDO, J. C.; CANGUSSU, L. V. S.; SILVA, C. D.; RIBEIRO, R. C. F. Efeitos de rizobactérias e substratos na qualidade fisiológica de sementes de alface. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 31-40, 2018.

BHATTACHARYYA, P. N.; GOSWAMI, M. P.; BHATTACHARYYA, L. H. Perspective of beneficial microbes in agriculture under changing climatic scenario: A review. **Journal of Phytology**, v. 8, p. 26-41, 2016.

BISWAS, J. C.; LADHA, J. K.; DAZZO, F. B.; YANNI, Y. G.; ROLFE, B. G. Rhizobial inoculation influences seedling vigor and yield of rice. **Agronomy Journal**, v. 92, n. 5, p. 880-886, 2000.

BULEGON, L. G.; RAMPIM, L.; KLEIN, J.; KESTRING, D.; GUIMARÃES, V. F.; BATTISTUS, A. G.; INAGAKI, A. M. Componentes de produção e produtividade da cultura da soja submetida à inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Terra Latinoamericana**, v. 34, n. 2, p. 169-176, 2016.

CIPRIANO, M. A. P. **Utilização de rizobactérias promotoras do crescimento de plantas na produção de alface e crisântemo**. 2013: Tese (Doutorado) - Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agronômico, Campinas, São Paulo, 2009.

DIMKPA, C.; WEINAND, T.; ASCH, F. Plant-rhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions. **Plant, Cell and Environment**, v. 32, n. 12, p. 1682-1694, 2009.

DONZELI, V.P. **Biodiversidade funcional da microbiota e promoção do crescimento de alface por rizobactérias em substrato solarizado**. 2006: Tese (Doutorado em Genética e Biologia Molecular) – Unicamp, Campinas, São Paulo, 2006.

EGAMBERDIEVA, D.; KUCHAROVA, Z. Selection for root colonizing bacteria stimulating wheat growth in saline soils. **Biology and Fertility of Soils**, v. 10, n. 100, p. 73-74, 2009.

FEIJOO, M. A. L.; REINALDO, J. R. M. Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. **Revista Científica Agroecosistemas**, v. 4, n. 2, p. 31-40, 2016.

FERNANDES, J. P. T.; NASCENTE, A. S.; FILIPPI, M. C. C.; LANNA, A. C.; SOUZA, V. S.; SILVA, M. A. Caracterização físico-agronômica do arroz de terras altas inoculado com mix de microrganismos multifuncionais. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 3, p. 679-689, 2020.

FILGUEIRA, F. A. R. 1937. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3 ed.rev. e ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2007.

FRANCISCON, H.; WEBER, P.; ALBRECHT, L. P.; ALBRECHT, A. P.; RAMPIM, L.; YASSUE, R. M. Inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio no feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agronomic Sciences**, v. 3, n. esp., p. 222-235, 2014.

GOMES, A. M. A.; MARIANO, R. L. R.; SILVEIRA, E. B.; MESQUITA, J. C. P. Isolamento, seleção de bactérias e efeito de *Bacillus* spp. na produção de mudas orgânicas de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 699-703, 2003.

GOMES, A. M. A.; SILVEIRA, E. B.; MARIANO, R. L. R. Tratamento pós-colheita com cálcio e microrganismos para controle da podridão-mole em tomate. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 108-111. 2005.

GROVER, M.; ALI, S. Z.; SANDHYA, V.; RASUL, A.; VENKATESWARLU, B. Role of microorganisms in adaptation of agriculture crops to abiotic stresses. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 27, n. 5, p. 1231-1240, 2011.

HAYNES, R. J.; SWIFT, R. S. Stability of soil aggregates in relation to organic constituents and soil water content. **Journal Soil Science**, n. 41, n.1, p. 73-83, 1990.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. **Biology and Fertility of Soils**, v. 49, n. 7, p. 791-801, 2013.

KANG, S. M.; KHAN, A. L.; WAQAS, M.; YOU, Y. H.; KIM, J. H.; KIM, J. G.; HAMAYUN, M.; LEE, I. J. Plant growth-promoting rhizobacteria reduce adverse effects of salinity and osmotic stress by regulating phytohormones and antioxidants in *Cucumis sativus*. **Journal of Plant Interactions**, v. 9, n. 1, p. 673–682, 2014.

KATH, J.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; FERREIRA, J. C. A.; HOMIAK, J. A.; SILVA, C. R. D.; CARDOSO, C. R. Control of *Pratylenchus brachyurus* in soybean with *Trichoderma* spp. and resistance inducers. **Journal of Phytopathology**, v. 165, n. 11-12, p. 791-799, 2017.

LAKSHMANAN, V.; RAY, P.; CRAVEN, K. D. Toward a Resilient, Functional Microbiome: Drought Tolerance-Alleviating Microbes for Sustainable Agriculture In: SUNKAR, R. **Plant Stress Tolerance: methods and protocols**. 2. ed., Oklahoma: Humana Press, 2017. p. 69–85.

LUCON, C. M. M. **Trichoderma**: o que é, para que serve e como usar corretamente na lavoura. Instituto Biológico. 1ª ed. São Paulo. 2014.

MÁRQUEZ-BENAVIDEZ, L.; RIZO-LEÓN, M. Á.; MONTAÑO-ARIAS, N. M.; RUIZ-NÁJERA, R.; SÁNCHEZ-YÁÑEZ, J. M. Respuesta de *Phaseolus vulgaris* a la inoculación de diferentes dosis de *Trichoderma harzianum* con el fertilizante nitrogenado reducido al 50%. **Journal of the Selva Andina Research Society**, v. 8, n. 2, p. 135-144, 2017.

MATES, A. P. K.; PONTES, N. C.; HALFELD-VIEIRA, B. A. *Bacillus velezensis* GF267 as a multi-site antagonist for the control of tomato bacterial spot. **Biological Control**, v. 137, p. 1-8, 2019.

MENDES, L. W.; RAAIJMAKERS, J. M.; HOLLANDER, M.; MENDES, R.; TSAI, S. M. Influence of resistance breeding in common bean on rhizosphere microbiome composition and function. **The ISME Journal**, v. 12, n. 1, p. 212-224, 2018.

NASCENTE, A. S.; FILIPPI, M. C. C.; SOUSA, T. P.; CHAIBUB, A. A.; SOUZA, A. C. A.; LANNA, A. C. Upland rice gas exchange, nutrient uptake and grain yield as affected by potassium fertilization and inoculation of the diazotrophic bacteria *Serratia* spp. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 6, p. 944, 2019.

NOMURA, M.; BARBOSA, G. G. F.; LIMA, C. H.; COSTA, E. M.; VENTURA, M. V. A.; VILARINHO, M. S.; PEREIRA, L. S. Qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas a doses do inoculante *Bradyrhizobium japonicum*. **Ipê Agronomic Journal**, v. 3, n. 1, p. 91-96, 2019.

NGUMBI, E.; KLOPPER, J. Bacterial-mediated drought tolerance: Current and future prospects. **Applied Soil Ecology**, v. 105, p. 109–125, 2016.

OLIVEIRA, G. R. F.; SILVA, M. S.; PROENÇA, S. L.; BOSSOLANI, J. W.; CAMARGO, J. Á.; FRANCO, F. S.; SÁ, M. E. Influência do *Bacillus subtilis* no controle biológico de nematoides e aspectos produtivos do feijoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 11, n. 1, p. 47-58, 2017.

PAIS, A. K. L.; SILVA, J. R.; ALENCAR, F. C.; PEIXOTO, A. R.; SOUZA, J. C.; PAZ, C. D. Seleção de rizobactérias como promotoras de crescimento em melancia. **Scientia plena**, v. 12, n. 4, p. 1-8, 2016.

PARAMANANDHAM, P.; RAJKUMARI, J.; PATTNAIK, S.; BUSI, S. Biocontrol potential against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* and *Alternaria solani* and tomato plant growth due to Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. **International Journal of Vegetable Science**, v. 23, n. 4, p. 294-303, 2017.

PEREIRA, J.; PELEGRINI, L. L. **Utilização de ativos biológicos e de bioativadores de solo na cultura da batata**. 2020: Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrônômica) - Centro Universitário Campo Real, Guarapuava, Paraná, 2020.

QUIUQUI, E.; SALLIN, V. P.; OLIVEIRA, C. L. B.; NETO, R. L.; LIMA, S. S.; SALLIN, M. P. Produção de cenoura com fontes de matéria orgânica e adição de microrganismos eficientes. *In: Seagro: Ciência e Tecnologia Inovando o Campo*, 30., 2019. **Anais**[...]. Alegre, ES: UFES, 2019.

RATZ, R. J.; PALÁCIO, S. M.; ESPINOZA-QUIÑONES, F. R.; VICENTINO, R. C.; MICHELIM, H. J.; RICHTER, L. M. Potencial biotecnológico de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas no cultivo de milho e soja. **Engvista**, v. 19, n. 4, p. 890-905, 2017.

ROBERSON, E.; FIRESTONE, M. Relationship between desiccation and exopolysaccharide production in soil *Pseudomonas* sp. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 58, n. 4, p. 1284–1291, 1992.

ROMERO-GARCÍA, V. E.; GARCÍA-ORTIZ, V. R.; HERNÁNDEZ-ESCARREÑO, J. J.; SÁNCHEZ-YÁÑEZ, J. M. Respuesta de *Phaseolus vulgaris* a microorganismos promotores de crecimiento vegetal. **Scientia Agropecuaria**, v. 7, n. 3, p. 313-319, 2016.

SALLIN, V. P.; XAVIER, A. S.; CAMATTA, L.; FELBERG, H. G. R.; BERILLI, S. S. Desenvolvimento vegetativo de cebolinha em matéria orgânica e aplicações de microrganismos eficientes. *In: Seagro: Ciência e Tecnologia Inovando o Campo*, 28., 2017. **Anais** [...]. Alegre, ES: UFES, 2017.

SANTORO, M. V.; ZYGADLO, J.; GIORDANO, W.; BANCHIO, E. Volatile organic compounds from rhizobacteria increase biosynthesis of essential oils and growth parameters in peppermint (*Mentha piperita*). **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 49, n. 10, p. 1177-1182, 2011.

SCHLINDWEIN, G.; VARGAS, L. K.; LISBOA, B. B.; AZAMBUJA, A. C.; GRANADA, C. E.; GABIATTI, N. C.; PRATES, F.; STUMPF, R. Influência da inoculação de rizóbios sobre a germinação e o vigor de plântulas de alface. **Ciência Rural**, v. 38, n. 3, p. 658-664, 2008.

SILVA, F. J.; RIBEIRO, R. C. F.; XAVIER, A. A.; SANTOS NETO, J. A.; SOUZA, M. A.; DIAS-ARIEIRA, C. R. Rizobactérias associadas a materiais orgânicos no controle de nematoides das galhas em tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 1, p. 59-65, 2016.

SILVA, M. A.; NASCENTE, A. S.; FILIPPI, M. C. C.; LANNA, A. C.; SILVA, G. B.; SILVA, J. F. A. Individual and combined growth-promoting microorganisms affect biomass production, gas exchange and nutrient content in soybean plants. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 3, p. 619–632, 2020.

SOUSA, T. P.; SOUZA, A. C. A.; FILIPPI, M. C. C.; LANNA, A. C.; CORTÊS, M. V.; PINHEIRO, H. A.; SILVA, G. B. Bioagents and silicon promoting fast early upland rice growth. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 4, p. 3657-3668, 2018.

SOUSA, I. M.; NASCENTE, A. S.; FILIPPI, M. C. C.; LANNA, A. C. Agronomic performance of lowland rice plants promoted by beneficial microorganisms. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 4, p. 915-923, 2019.

VURUKONDA, S. S. K. P.; VARDHARAJULA, S.; SHRIVASTAVA, M.; SKZ, A. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. **Microbiological Research**, v. 184, p. 13–24, 2016.

YUWONO, T.; HANDAYANI, D.; SOEDARSONO, J. The role of osmotolerant rhizobacteria in rice growth under different drought conditions. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 56, n. 7, p. 715–721, 2005.

ZHOU, L.; YUEN, G.; WANG, Y.; WEI, L.; JI, G. Evaluation of bacterial biological control agents for control of root-knot nematode disease on tomato. **Crop Protection**, v.84, p. 8-13, 2016.

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 15/12/2020

Mariana Aguiar Silva

Universidade Federal de Goiás (UFG)
Goiânia – Goiás
<https://orcid.org/0000-0003-0297-5576>

Sara Raquel Mendonça

Universidade Federal de Goiás (UFG)
Goiânia – Goiás
<https://orcid.org/0000-0001-6917-6264>

Cristiane Ribeiro da Mata

Universidade Federal de Goiás (UFG)
Goiânia – Goiás
<https://orcid.org/0000-0003-4064-8592>

Eliana Paula Fernandes Brasil

Universidade Federal de Goiás (UFG)
Goiânia – Goiás
<https://orcid.org/0000-0003-4474-4653>

RESUMO: A agricultura sustentável visa desenvolver sistemas agrícolas que sejam produtivos, sustentáveis e que garantem a segurança alimentar e a qualidade dos alimentos. O uso dos microrganismos multifuncionais tem se mostrado a alternativa ideal. Pois esses possuem variadas funções relevantes, entre elas, promover o crescimento vegetal, viabilizar a redução do uso de fertilizantes, ciclagem de nutrientes, degradação de agrotóxicos, entre outros. Essa revisão objetivou tratar de dois grupos de microrganismos multifuncionais, as

rizobactérias promotoras de crescimento vegetal (RPCV) e os fungos do gênero *Trichoderma* spp. As RPCV, são assim chamadas pois atuam principalmente na rizosfera sendo atraídas pelos exsudatos radiculares, que são utilizados como substrato. Podem atuar como biofertilizantes, fitoestimuladores, rizoremediadores, biopesticidas podendo combinar diferentes mecanismos de ação. Já os fungos do gênero *Trichoderma* são capazes de atuar como bioestimulantes do crescimento radicular, promovendo o desenvolvimento de raízes por meio da produção de fitohormônios, e ainda são capazes de acrescentar resistência diante de fatores bióticos não favoráveis. A eficiência dos microrganismos multifuncionais pode ser aumentada por meio da técnica de coinoculação, que proporciona maior desenvolvimento das plantas com reflexos na produtividade de grãos. Essa técnica consiste no uso de diferentes combinações de microrganismos que produzem um efeito sinérgico, ou seja, quando combinados proporciona resultados produtivos melhores do que os obtidos com a aplicação dos microrganismos de forma isolada. A coinoculação é uma tecnologia recente que tem mostrado resultados muito satisfatórios. Mas especialmente em condições de campo, é importante evidenciar a necessidade de aumentar os estudos e conhecimentos sobre esses microrganismos utilizados de forma isolada ou combinada para diferentes culturas agrícolas.

PALAVRAS - CHAVE: Rizobactérias promotoras de crescimento vegetal; *Trichoderma asperellum*; promoção de crescimento, mecanismos de ação, coinoculação.

MULTIFUNCTIONAL MICRO-ORGANISMS: A REVIEW

ABSTRACT: Sustainable agriculture aims to develop agricultural systems that are productive, sustainable and that guarantee food security and food quality. The use of multifunctional microorganisms has proved to be the ideal alternative. They have a variety of relevant functions, including promoting plant growth, enabling the reduction of fertilizer use, nutrient cycling, pesticide degradation, and many other uses. This review aimed to address two groups of multifunctional microorganisms, plant growth promoting rhizobacteria (RPCV) and fungi of the genus *Trichoderma spp.* The RPCV, are so called because they act mainly in the rhizosphere and are attracted by the root exudates, which are used as substrate. They can act as biofertilizers, phyto-stimulators, rhizoremediators, biopesticides and can combine simultaneous actions. Fungi of the genus *Trichoderma*, on the other hand, are capable of acting as biostimulants of root growth, promoting the development of roots through the production of phytohormones, and they are also capable of adding resistance in the face of unfavorable biotic factors. The efficiency of multifunctional microorganisms can be increased by means of the coinoculation technique, which provides greater development of plants with reflexes on grain productivity. This technique consists of using different combinations of microorganisms that produce a synergistic effect, that is, when combined, it provides better productive results than those obtained with the application of the microorganisms in isolation. Coinoculation is a recent technology that has shown very satisfactory results. But especially in field conditions, it is important to highlight the need to increase studies and knowledge about these microorganisms used in isolation or in combination for different agricultural crops.

KEYWORDS: Plant growth-promoting rhizobacteria; *Trichoderma asperellum*; growth promotion, mechanisms of action, coinoculation.

1 | ASPECTOS GERAIS DOS MICRORGANISMOS MULTIFUNCIONAIS

A agricultura sustentável visa desenvolver sistemas agrícolas que sejam produtivos, ao mesmo tempo que economizem energia, que protejam ambientalmente os recursos naturais, como o solo e a água, garantindo assim a segurança e a qualidade dos alimentos (Namasivayam; Bharani, 2012).

As tecnologias alternativas desenvolvidas até o momento para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas incluem, principalmente, a utilização de microrganismos, com funções diversas no sistema solo-planta. As funções dos microrganismos incluem nutrição e proteção das culturas através da decomposição de materiais orgânicos, supressão de patógenos, ciclagem de nutrientes, degradação de agrotóxicos, estruturação do solo e produção de compostos bioativos, como hormônios, vitaminas e enzimas, que estimulam a germinação e o crescimento das plantas (Singh et al, 2011).

Outra função muito importante dos microrganismos multifuncionais é viabilizar a redução do uso de fertilizantes. O uso de microrganismos benéficos, como rizobactérias promotoras de crescimento vegetal (RPCV), vem se tornando uma estratégia popular para a agricultura sustentável (Ahemad; Kibret, 2014; Baris et al., 2014; Sperandio et al., 2017; Nascente et al., 2019). Esses microrganismos podem atuar direta e indiretamente no

desenvolvimento das plantas (Ahemad; Kibret, 2014).

Essa revisão objetiva trazer informações úteis referentes aos microrganismos multifuncionais priorizando os aspectos gerais, as rizobactérias promotoras de crescimento vegetal (RPCV), *Trichoderma asperellum* como promotor de crescimento vegetal, e a coinoculação.

2 I RIZOBACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO VEGETAL (RPCV)

A rizosfera, local do solo que circunda a raiz e está sob a influência do sistema radicular é a região onde ocorre a maior parte das interações entre microrganismos e plantas, pois nela são disponibilizados exsudatos radiculares, compostos que são utilizados como substrato para o crescimento dos microrganismos, especialmente bactérias e fungos (Compant et al., 2005). Dentre esses microrganismos existe uma grande variedade de bactérias que vivem próximas ou associadas às raízes, são as chamadas rizobactérias. Quando apresentam efeitos positivos sobre as culturas, essas bactérias são conhecidas como “rizobactérias promotoras de crescimento vegetal” (RPCV) e merecem destaque pelos vários benefícios que proporcionam às plantas (Ahemad; Kibret, 2014).

Essas bactérias podem ser simbiotes ou saprófitas de vida livre e podem promover o crescimento por diferentes mecanismos de ação, que podem ser diretos ou indiretos (Ahemad; Kibret, 2014). Diretamente podem produzir fitohormônios, solubilizar fósforo e ferro, produzir sideróforos, entre outros (Glick, 2012). Indiretamente, protege a planta frente a estresses abióticos como a seca, luz e metais tóxicos, ou pelo controle biológico de herbívoros, insetos e microrganismos patogênicos (Santoyo et al, 2016). Elas proporcionam maior desenvolvimento do sistema radicular, acarretando em maior acesso e aproveitamento de nutrientes e água pelas plantas (Glick, 2012).

As RPCV caracterizam-se pelas seguintes características inerentes: devem ser proficientes para colonizar a superfície da raiz; devem sobreviver, multiplicar e competir com outra microbiota, pelo menos durante o tempo necessário para exprimir as suas atividades de promoção/proteção do crescimento das plantas e devem promover o crescimento das plantas (Kloepper et al., 1994). Essas bactérias podem ser classificadas com base em suas atividades funcionais como: biofertilizantes (aumentando a disponibilidade de nutrientes à planta), fitoestimuladores (promoção do crescimento de plantas, geralmente através de fitohormônios), rizoremediadores (remediando poluentes orgânicos degradantes) e biopesticidas (controlando doenças, principalmente pela produção de antibióticos e metabólitos antifúngicos). Na maioria dos casos estudados, uma única RPCV frequentemente revela múltiplos modos de ação, incluindo controle biológico (Kloepper, 2003).

Além disso, Gray e Smith (2005) mostraram que as associações RPCV variam no grau de proximidade bacteriana à raiz e intimidade de associação. Em geral, as associações podem ser separadas em extracelular (eRPCV), localizada na rizosfera e no

rizoplano (porção de solo ou fragmentos de rocha aderidos às raízes), ou localizadas nos espaços entre as células do córtex da raiz, denominadas bactérias saprófitas de vida livre e intracelular (iRPCV), que existem dentro das células da raiz, geralmente em estruturas nodulares especializadas (Figueiredo et al., 2001). Alguns exemplos de gêneros de eRPCV são *Azospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Pseudomonas* e *Serratia*. Da mesma forma, alguns exemplos de iRPCV são *Bradyrhizobium*, e *Rhizobium* (Bhattacharyya; Jha, 2012).

As iRPCV são as únicas amplamente utilizadas no Brasil, principalmente pelos produtores de soja, que utilizam inoculantes de *Bradyrhizobium spp.*, para o fornecimento de nitrogênio (N) para a cultura, uma vez que essas bactérias se caracterizam por serem fixadoras de N. Entretanto, outras espécies podem proporcionar efeitos benéficos no desenvolvimento das plantas. Diferentes inóculos de *Bacillus spp.* apresentaram potencial biotecnológico para incrementar o desenvolvimento e a nutrição de plantas de milho e soja (Ratz et al., 2017). Portanto, as RPCV extracelulares também podem ser uma ótima opção para melhoria das culturas de importância econômica e para a intensificação sustentável da agricultura, por isso faz-se necessário ampliar os estudos relacionados a RPCV, buscando compreender melhor seus mecanismos de ação sobre as plantas.

31 TRICHODERMA ASPERELLUM COMO PROMOTOR DE CRESCIMENTO VEGETAL

Além das rizobactérias, existem fungos que podem proporcionar maior desenvolvimento das plantas. Os fungos do gênero *Trichoderma* são capazes de atuar como bioestimulantes do crescimento radicular, promovendo o desenvolvimento de raízes por meio da produção de fitohormônios e assim, incrementar a assimilação de nutrientes, acrescentando a resistência diante de fatores bióticos não favoráveis, além de degradar fontes de nutrientes, facilitando a sua absorção, que serão importantes para o desenvolvimento do vegetal (Machado et al., 2012).

O gênero *Trichoderma* contribui com inúmeros fungos multifuncionais que são encontrados em grande variedade de ecossistema, geralmente em solos florestais e agrícolas (Zin; Badaluddin, 2020). *Trichoderma spp.* e a planta estabelece uma interação simbiótica, onde o *Trichoderma spp.* em troca de sacarose exerce inúmeras influências vantajosas sobre as plantas. *Trichoderma spp.* é atraído por sinais químicos liberados pelas raízes da planta, ocorrendo posterior fixação, penetração e colonização (Sood et al., 2020).

Segundo Mendoza-Mendoza et al. (2017) espécies de *Trichoderma spp.* podem induzir o crescimento das plantas por dois mecanismos, diretos e indiretos. São considerados mecanismos diretos aqueles que interferem e proporcionam diretamente o crescimento vegetal, como solubilização de fósforo, produção de sideróforos e produção de compostos metabólicos, incluindo a síntese de hormônios (Visconti et al., 2020; Eslahi et al., 2020). Os mecanismos indiretos contribuem pra promoção de crescimento vegetal por resultar em plantas mais fortes e saudáveis (Bisen et al., 2015; Mishra et al., 2015), por

agirem como controle biológico de patógenos de plantas e proporcionarem maior tolerância aos estresses abióticos em plantas (Hewedy et al., 2020a; Hewedy et al., 2020b; Elnhas et al., 2020).

Trichoderma spp. contribui para o crescimento de planta, proporcionando efeitos benéficos nas plantas em termos melhoria na absorção de nutrientes (Chagas Júnior et al., 2019), aumento na taxa de germinação de sementes e qualidade das mudas (Sánchez-Montesinos et al., 2020), promoção de crescimento caulinar e radicular (Oliveira et al., 2018) e melhoria na produção (Pohe; Okou, 2020). *Trichoderma spp.* apresentam capacidade de exercer interação com diversas espécies de plantas, como soja, feijão, tomate, pepino e outras (Soheiliara et al., 2020; Sánchez-Montesinos et al., 2020; Sallam et al., 2019, Eslahi et al., 2020).

O gênero *Trichoderma spp.* também é muito utilizado no biocontrole de fitopatógenos de importância econômica, que reduzem o crescimento e o potencial produtivo das plantas cultivadas (Srivastava et al., 2014), podendo reduzir a ação negativa dos patógenos por mecanismos como a competição por nutrientes e espaço, micoparasitismo (atividade degradante de enzimas das paredes das células) e antibiose (relação interespecífica, onde indivíduos de uma população expelem substâncias que impedem ou inibem o desenvolvimento de indivíduos de outra espécie) (Hermosa et al., 2012). O efeito de isolados altamente antagonistas selecionados de *Trichoderma spp.* solo sobre os fungos patogênicos foi considerada eficaz na supressão da incidência da murcha do tomate (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*) em comparação com o controle (Sallam et al., 2019).

Além disso, estudos mostram que o *Trichoderma spp.* possui capacidade de auxiliar a planta na tolerância a estresses abióticos. A planta é acometida frequentemente por condições ambientais adversas que podem prejudicar seu desenvolvimento e produção (Xie et al., 2020). Estudo realizado por Soliman et al. (2020) mostra que a exposição de abrobrinha (*C. pepo*) à salinidade reduziu o comprimento dos brotos e raízes significativamente, e inoculação de *Trichoderma spp.* melhorou consideravelmente o impacto negativo.

4 | COINOCULAÇÃO

A eficiência dos microrganismos multifuncionais pode ser aumentada pela técnica de coinoculação, proporcionando maior desenvolvimento das plantas com reflexos na produtividade de grãos (Dalolio et al., 2018). A coinoculação é uma tecnologia recente, e que entra em sintonia com a abordagem atual da agricultura, que respeita as demandas de altos rendimentos, todavia com sustentabilidade agrícola (Hungria, 2015). Essa técnica consiste no uso de diferentes combinações de microrganismos que produzem um efeito sinérgico, ou seja, quando combinados proporciona resultados produtivos melhores do que os obtidos com a aplicação dos microrganismos de forma isolada (Ferlini, 2006).

A coinoculação com microrganismos multifuncionais como por exemplo *Azospirillum*

brasiliense, *Bacillus spp.*, *Serratia spp.*, *Pseudomonas spp.* e *Trichoderma asperellum* podem favorecer o desenvolvimento das culturas, e conseqüentemente a produção de grãos. Mas atualmente, a técnica de coinoculação das espécies *Bradyrhizobium japonicum* e do gênero *Azospirillum sp.*, é a única que tem sido utilizada no país comercialmente para a cultura da soja e do feijão, e têm sido de grande importância pois estabelece uma relação extremamente harmônica (simbiose) com as plantas (Kumudini, 2010). Galindo et al. (2017), por exemplo, verificaram aumento no número de vagens por planta, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de soja com a coinoculação com *A. brasiliense*, com aumento na produtividade de grãos em 11,2% e aumento em 14,4% na lucratividade obtida.

No entanto, na literatura verifica-se variabilidade de resultados obtidos da inoculação combinada de outros microrganismos em plantas, podendo tanto estimular quanto inibir a o crescimento da planta variando em função do nível de concentração do inóculo e do tipo de inoculação. Além de ser escassas as informações sobre o uso da coinoculação em outras culturas, além da soja e feijão. Autores como Gitti et al. (2012), Zuffo et al. (2015) e Zuffo et al. (2016), não evidenciaram resposta ao uso dessa prática. Dessa forma, constata-se que são necessários mais testes para demonstrar a viabilidade da coinoculação, utilizando, inclusive, a combinação de outros isolados e gêneros de microrganismos, principalmente bactérias e fungos, visando sinergismo na ação deles para proporcionar efeitos positivos à diferentes culturas.

Em pesquisas realizadas em casa de vegetação na Embrapa arroz e feijão com isolados de diferentes gêneros de RPCV (*Burkholderia spp.*, *Serratia spp.*, *Pseudomonas spp.* e *Bacillus spp.*) e a combinação de quatro isolados do fungo *Trichoderma asperellum* (UFRA.T06, UFRA.T09, UFRA.T12, UFRA.T52), denominada pool de *Trichoderma asperellum*, foram observados incrementos significativos nas trocas gasosas, acúmulo de nutrientes e na produção de biomassa de arroz de terras altas (Nascente et al., 2017a; Sperandio et al., 2017) e de arroz irrigado (Nascente et al., 2017b). Em um outro experimento realizado com soja, a coinoculação de um isolado do gênero *Azospirillum brasiliense* (Ab-V5) e do pool de *Trichoderma asperellum* proporcionou maior número de vagens por planta, maior massa de 100 grãos e produtividade 25 % superior ao tratamento controle.

Esses resultados comprovam o efeito positivo dos microrganismos multifuncionais na promoção de crescimento das plantas, principalmente quando utilizados de forma coinoculada e demonstram que eles têm grande potencial para serem utilizados em sistemas agrícolas sustentáveis. Mas evidencia a necessidade de aumentar os estudos e conhecimentos sobre esses microrganismos utilizados de forma isolada ou combinada para diferentes culturas agrícolas, especialmente em condições de campo.

REFERÊNCIAS

- AHEMAD, M. S.; KIBRET, M. **Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective.** Journal of King Saud University, Riade, p. 26, n.1, p. 1-20, 2014.
- Baris, O.; Sahin, F.; Turan, M.; Orhan, F.; Gulluce, M. **Use of Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) Seed Inoculation as Alternative Fertilizer Inputs in Wheat and Barley Production.** Communications in Soil Science and Plant Analysis, Paradise Boulevard, v. 45, n. 18, p. 2457–2467, 2014.
- BHATTACHARYYA, P.N.; JHA, D.K. **Plant growthpromoting rhizobacteria (PGRP): emergence in agriculture.** World Journal of Microbiology and Biotechnology, Van Godewijckstraat, v. 28, n. 4, p. 1327-1350, 2012.
- BISEN, K.; KESWANI, C.; MISHRA, S.; SAXENA, A.; RAKSHIT, A.; SINGH, H. B. **Unrealized potential of seed biopriming for versatile agriculture.** In: RAKSHIT, A.; SINGH, H. B.; SEN, A. (eds) Nutrient Use Efficiency: From Basics to Advances. Springer, New Delhi, p. 193–206, 2015.
- STÉPHANE COMPANT, S.; DUFFY, B.; NOWAK, J.; CLÉMENT, C.; BARKA, E. A. **Use of Plant Growth-Promoting Bacteria for Biocontrol of Plant Diseases: Principles, Mechanisms of Action, and Future Prospects.** Applied and environmental microbiology, Bayreuth, v. 71, n. 9, p. 4951-4959, 2005.
- CHAGAS JÚNIOR, A. F.; CHAGAS, L. F. B.; MILLER, L. O.; OLIVEIRA, J. C. **Efficiency of *Trichoderma asperellum* UFT 201 as plant growth promoter in soybean.** African Journal of Agricultural Research, Nigéria, v. 14, n. 5, p. 263–271, 2019.
- DALOLIO, R. S.; CRUZ, R. M. S.; ALBERTON, O. **Co-inoculação de soja com Bradyrhizobium e Azospirillum.** Journal of Agronomic Sciences, Umuarama, v. 7, n. 2, p.1-7, 2018.
- ELNHAS, G. A.; KOTTB, M. R.; BAKA, Z. A. M.; IBRAHIM, A. H. **Antifungal potentiality and physiological characterization of Trichodermaisolates from Port Said Governorate.** Egyptian Journal of Botany, Cairo Governorate, v. 60, n. 1, p. 55-69, 2020.
- ESLAHI, N.; KOWSARI, M.; MOTALLEBI, M.; ZAMANI, M. R.; MOGHADASI, Z. **Influence of recombinant Trichoderma strains on growth of bean (*Phaseolus vulgaris* L) by increased root colonization and induction of root growth related genes.** Scientia Horticulturae, Viterbo, v. 261, n. 2, p. 1-13, 2020.
- FERLINI, H. A. **Co-inoculación en soja (*Glycine max*) con Bradyrhizobium japonicum y Azospirillum brasilense.** Santa Fé, Engormix, 6p., 2006.
- FIGUEIREDO, M.V.B.; SELDIN, L.; ARAUP, F. F.; MARIANO, P. **Plant growth promoting rhizobacteria: fundamentals and applications D.K. Maheshwari (Ed.), Plant Growth and Health Promoting Bacteria, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, p. 21-42, 2001.**
- GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; SANTINI, J. M. K.; LUDKIEWICZ, M. C. Z.; BAGGIO, G. **Modes of application of cobalt, molybdenium and *Azospirillum brasilense* on soybean yield and profita-bility.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, vol. 21, n. 3, p. 180-185, 2017.

GITTI, D. C.; ARF, O.; KANEKO, F. H.; RODRIGUES, R. A. F. **Inoculação de *Azospirillum brasilense* em cultivos de feijões cultivados no inverno**. Revista Agrarian, Dourados. v. 5, n. 15, p. 36-46, 2012.

GLICK, B. R. **Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications**. Scientifica, Londres, v. 12, n. 5, p. 1-15, 2012.

GRAY, E. J.; SMITH, D. L. **Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant–bacterium signaling processes**. Soil Biology & Biochemistry, Califórnia, v. 37, p. 395-412, 2005.

HERMOSA, R.; VITERBO, A.; CHET, I.; MONTE, E. **Plant beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes**. Microbiology, New York, v. 158, n. 1, p. 17-25, 2012.

HEWEDY, O. A.; ABDEL-LATEIF, K. S.; BAKR, R. A. **Genetic diversity and biocontrol efficacy of indigenous *Trichoderma* isolates against Fusarium wilt of pepper**. Journal of Basic Microbiology, Weinheim, v. 60, n. 2, p. 126-135, 2020.

HEWEDY, O. A.; ABDEL LATEIF, K. S.; SELEIMAN, M. F.; SHAMI, A.; ALBARAKATY, F. M.; EL-MEIHY, R. M. **Phylogenetic Diversity of *Trichoderma* Strains and Their Antagonistic Potential against Soil-Borne Pathogens under Stress Conditions**. Biology, Basel, v. 9, n. 8, p. 1-20, 2020.

HUNGRIA, M.; CHIBEBA, A. M.; GUIMARÃES, M. F.; BRITO, O. R.; ARAÚJO, R. S.; NOGUEIRA, M. A. **Inoculação de soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* promove nodulação precoce**. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, Londrina. 2015. Anais... Londrina, p. 3-4, 2015.

KLOEPPER, J. W. **Plant growth-promoting rhizobacteria (other systems) Y. Okon (Ed.), *Azospirillum/Plant Associations***. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, p. 111-118, 1994.

KLOEPPER, J.W. **A review of mechanisms for plant growth promotion by PGPR**. In: REDDY, M.S., ANANDARAJ, M., EAPEN, S.J., SARMA, Y.R., KLOEPPER, J.W. (Eds.), Abstracts and Short Papers. 6th International PGPR Workshop, 53, Indian Institute of Spices Research, Calicut, India, p. 81–92, 2003.

KUMUDINI, S. **Soybean growth and development**. In: SINGH, G. The Soybean: botany, productions and uses. India-IND, p. 48-73, 2010.

MACHADO, D. F. M.; SILVA, A. C. F.; ANTONIOLLI, Z. I. ***Trichoderma*: o fungo e o bioagente**. Revista de Ciências Agrárias, Lisboa, v. 35, n. 1, jun. 2012.

MENDOZA-MENDOZA, A.; ZAID, R.; LAWRY, R.; HERMOSA, R.; MONTE, E.; HORWITZ, B. A.; MUKHERJEE, P. K. **Molecular dialogues between *Trichoderma* and roots: role of the fungal secretome**. Fungal Biology Reviews, Utrecht, v. 32, n. 2, p. 62-85, 2018.

MISHRA, S.; SINGH, A.; KESWANI, C.; SAXENA, A. SARMA, B.K.; SINGH, H.B. **Harnessing plant–microbe interactions for enhanced protection against phytopathogens**. In: Arora, N.K. (ed.) Plant Microbes Symbiosis: Applied Facets. Springer, New Delhi, pp. 111–125, 2015.

- NASCENTE, A. S.; FILLIPPI, M. C. C.; LANNA, A. C.; SOUZA, A. C. A. **Biomass, gas exchange, and nutrient contents in upland rice plants affected by application forms of microorganism growth promoters.** Environmental Science and Pollution Research, v. 24, n. 3, p. 2956-2965, 2017.
- NASCENTE, A. S.; FILLIPPI, M. C. C.; LANNA, A. C.; SOUZA, T. P.; SOUZA, A. C. A.; LOBO, V. L. S.; SILVA, G. B. **Effects of beneficial microorganisms on lowland rice development.** Environmental Science and Pollution Research, Bordéus, v. 24, n. 32, p.25233-25242, 2017.
- NASCENTE, A. S.; LANNA, A. C.; SOUZA, T. P.; CHAIBUB, A. A.; SOUZA, A. C. A.; FILIPPI, M. C. C. **N Fertilizer Dose-Dependent Efficiency of Serratia spp. For Improving Growth and Yield of Upland Rice (*Oryza sativa* L.).** International Journal of Plant Production, Switzerland, v. 13, n. 5, p.1-10, 2019.
- OLIVEIRA, J. B.; MUNIZ, P. H. P. C.; PEIXOTO, G. H. S.; OLIVEIRA, T. A. S.; DUARTE, E. A.; RODRIGUES, F.; CARVALHO, D. D. C. **Promotion of seedling growth and production of wheat by using Trichoderma spp.** Journal of Agricultural Science, Toronto, v. 10, n. 8, p. 267-276, 2018.
- POHE, J.; OKOU, S. F. F. **Improvement of the production of tomato culture (*Lycopersicon esculentum* Mill.) by use of Trichoderma viride.** Journal of Animal and Plant Sciences, Nairobi, v. 43, n. 3, p.7491-7501, 2020.
- NAMASIVAYAM; S. K. R.; BHARANI, R. S. A. **Effect of Compost Derived From Decomposed Fruit Wastes by Effective Microorganism** In: Technology on Plant Growth Parameters of *Vigna mungo*. J Bioremed Biodeg, Chennai, v. 3, n. 11, p. 1-5, 2012.
- RATZ, R. J.; PALÁCIO, S. M.; ESPINOZA-QUIÑONES, F. R.; VICENTINO, R. C.; MICHELIM, H. J.; RICHTER, L. M. **Potencial biotecnológico de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas no cultivo de milho e soja.** Engevista, Niteroi, v. 19, n. 4, p. 890-905, 2017.
- SALLAM, N. M. A.; ERAKY, A. M. I.; SALLAM, A. **Effect of Trichoderma spp. on Fusarium wilt disease of tomato.** Molecular Biology Reports, Portland, v. 46, n. 7, p. 4463–4470, 2019.
- SÁNCHEZ-MONTESINOS, B.; DIÁNEZ, F.; MORENO-GAVÍRA, A.; GEA, F. J.; SANTOS, M. **Role of Trichoderma aggressivum f. europaeum as Plant-Growth Promoter in Horticulture.** Agronomy, Basel, v. 10, n. 7, p. 1-16, 2020.
- SANTOYO, G. et al. Plant growth-promoting bacterial endophytes. Microbiological Research, v.183, p. 92-9, 2016.
- SANTOYO, G.; MORENO-HAGELSIEB, G.; DEL CARMEN OROZCO-MOSQUEDA, M.; GLICK, B. R. **Plant growth-promoting bacterial endophytes.** Microbiological Research, Geisenheim, v. 183, n. 4, p. 92–99, 2016.
- SILVA, M. A.; NASCENTE, A. S.; FILIPPI, M. C. C.; LANNA, A. C.; SILVA, G. B.; FERNANDES, J. P. T.; ELIAS, M. T. A. **Screening of Beneficial Microorganisms to Improve Soybean Growth and Yield.** Braz. arco. biol. technol., Curitiba, v. 63, p. 1-13, 2020
- SINGH, SULTAN; KUSHWAHA, B. P.; NAG, S. K.; MISHRA, A. K.; BHATTACHARYA, S.; GUPTA, P. K.; SINGH, A. **In vitro methane emission from Indian dry roughages in relation to chemical composition.** Current Science, Bengaluru, v. 101, n. 1, p. 57-65, 2011.

SPERANDIO, E. M.; DO VALE, H. M. M.; DE SOUZA REIS, M.; DE CARVALHO BARROS CORTES, M. V.; LANNA, A. C.; FILIPPI, M. C. C. **Evaluation of rhizobacteria in upland rice in Brazil: growth promotion and interaction of induced defense responses against leaf blast (*Magnaporthe oryzae*)**. *Acta Physiologiae Plantarum*, Kraków, v. 39, n. 12, p. 258-270, 2017.

SOHEILIARA, M.; SHEIKHOLESAMI, M.; ZAMANIZADEH, H. R. **Screening of native isolates of *Trichoderma* spp. for ability to control cucumber damping-off caused by *Phytophthora drechsleri***. *Journal of Crop Protection*, Teerā, v. 9, n. 2, p. 261-274, 2020.

SRIVASTAVA, M.; SHAHID, M.; PANDEY, S.; SINGH, A.; KUMAR, V.; GUPTA, S.; MAURYA, M. ***Trichoderma* genome to genomics a review**. *Data Mining in Genomics & Proteomics*, London, v. 5, n. 3, p. 10162, 2014.

SOLIMAN, M. H.; ALNUSAIRE, T. S.; ABDELBAKY, N. F.; ALAYAFI, A. A.; HASANUZZAMAN, M.; ROWEZAK, M. M.; EL-ESAWI, M.; ELKELISH, A. ***Trichoderma*-Induced Improvement in Growth, Photosynthetic Pigments, Proline, and Glutathione Levels in *Cucurbita pepo* Seedlings under Salt Stress**. *Phyton*, Henderson, v. 89, n. 3, p. 473-486, 2020.

SOOD, M.; KAPOOR, D.; KUMAR, V.; SHETEIWY, M. S.; RAMAKRISHNAN, M.; LANDI, M.; ARANITI, F.; Sharma, A. ***Trichoderma*: The “Secrets” of a Multitalented Biocontrol Agent**. *Plants*, Basel, v. 9, n. 6, p. 1-25, 2020.

VISCONTI, D.; FIORENTINO, N.; COZZOLINO, E.; WOO, S. L.; FAGNANO, M.; ROUPHAEL, Y. **Can *Trichoderma*-based biostimulants optimize N use efficiency and stimulate growth of leafy vegetables in greenhouse intensive cropping systems?** *Agronomy*, Basel, v. 10, n. 1, p. 1-17, 2020.

XIE, Z. J.; GU, S.; CHU, Q.; LI, B.; FAN, K. J.; YANG, Y. L.; LIU, X. **Development of a high-productivity grafting robot for *Solanaceae***. *Int J Agric & Biol Eng*, Pequim, v. 13, n. 1, p. 82–90, 2020

ZIN, N. A.; BADALUDDIN, N. A. **Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications**. *Annals of Agricultural Sciences*, Cairo, v. 65, n. 2, p. 168-178, 2020.

ZUFFO, A. M.; BRUZI, A. T.; REZENDE, P. M.; BIACHI, M. C.; ZAMBIAZZI, E. V.; SOARES, I. O.; RIBEIRO, A. B. M.; VILELA, G. L. D. **Morphoagronomic and productive traits of RR® soybean due to inoculation via *Azospirillum brasilense* groove**. *African Journal of Microbiology Research*, v.10, n.13, p. 438-444. 2016.

ZUFFO, A. M.; REZENDE, P. M.; BRUZI, A. T.; OLIVEIRA, N. T.; SOARES, I. O.; GERALDO NETO, F. G.; CARDILLO, B. E. S.; SILVA, L. O. **Co-inoculation of *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense* in the soybean crop**. *Revista de Ciências Agrárias*, Lisboa, v. 38, n. 1, p. 87-93, 2015.

MONITORAMENTO DE ENTEROBACTERIACEAE RESISTENTE AOS ANTIMICROBIANOS NA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 16/11/2020

Victor Dellevedove Cruz

Universidade Estadual de Londrina
Londrina – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/4835491770133863>

Luís Eduardo de Souza Gazal

Universidade Norte do Paraná
Londrina – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/6421225079734590>

Beatriz Dellevedove Cruz

Universidade Estadual do Norte do Paraná
Bandeirantes - Paraná
<http://lattes.cnpq.br/4871454512678321>

Victor Furlan

Universidade Estadual de Londrina
Londrina – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/3808042970664986>

Gerson Nakazato

Universidade Estadual de Londrina
Londrina – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/2532741243269868>

Renata Katsuko Takayama Kobayashi

Universidade Estadual de Londrina
Londrina – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/3188392520162374>

internacional. Qualidade e baixos custos são fatores que colocam o Brasil como o 3º maior produtor e 1º maior exportador de frangos do mundo. O estado do Paraná é o maior produtor de frangos e o oeste paranaense é responsável por quase metade da produção do estado. A demanda do mercado, cada vez mais crescente, força a criação desses animais em confinamento, o que acarreta um aumento da densidade das aves dentro do galpão, favorecendo assim, surtos de doenças entre as aves e um consequente aumento no uso de antimicrobianos para o tratamento. Atualmente há uma grande preocupação mundial quanto a seleção de bactérias resistentes no ambiente de produção devido ao uso de antimicrobianos e dentre essas bactérias de importância estão as enterobactérias. Desta forma, o objetivo deste estudo foi pesquisar a resistência aos betalactâmicos em enterobactérias isoladas da produção aviária, tanto fenotipicamente quanto genotipicamente, utilizando-se de técnicas bioquímicas para identificação das bactérias, antibiogramas para a parte fenotípica e Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) para a genotípica. Das amostras coletadas, obteve-se 51 isolados, nestes 6 gêneros de bactérias da família Enterobacteriaceae dentre elas *Serratia* spp. foi a mais isolada, seguida pela *Klebsiella* spp., *Salmonella* spp., *Hafnia* spp., *Citrobacter* spp. e *Enterobacter* spp. Das 51 amostras isoladas 30 apresentaram multirresistência, 80% possuíam enzimas do tipo CTX-M, predominantemente entre os resultados está a ESBL CTX-M-2.

RESUMO: O Brasil é consolidado pela alta produtividade da atividade agropecuária, dentro da qual a avicultura se destaca no cenário

PALAVRAS-CHAVE: Enterobactérias; Frango; PCR; Antibiograma;

MONITORING OF RESISTANT ENTEROBACTERIACEAE IN BROILER PRODUCTION

Abstract: Brazil is consolidated by the high productivity of agricultural activity, within which poultry stands out in the international scenario. Quality and low costs are factors that place Brazil as the 3rd largest producer and the world's largest chicken exporter. The state of Paraná is the largest chicken producer and the west of Paraná is responsible for almost half of the state's production. Increasingly, the market demand forces the animals to be raised in confinement, which increases the density of the poultry inside the shed favoring disease outbreaks among poultry and a consequent increase the use of antimicrobials for treatment. Presently their is a major global concern regarding the selection of resistant bacteria in the production environment due to the use of antimicrobials and among these important bacteria are enterobacteria. Therefore the objective of this project was to investigate resistance to beta-lactams in enterobacteria isolated from avian production, both phenotypically and genotypically, using biochemical techniques to identify bacteria, antibiograms for the phenotypic part and Chain Reaction of the Polymerase (PCR) for the genotype. The samples collected 51 isolates were obtained, in these 6 genera of Enterobacteriaceae family bacteria, among them *Serratia* spp. was the most isolated, followed by *Klebsiella* spp., *Salmonella* spp., *Hafnia* spp., *Citrobacter* spp. and *Enterobacter* spp. The 51 samples isolated 30 were multiresistance, 80% had CTX-M type enzymes, predominantly among the results is ESBL CTX-M-2.

KEYWORDS: Enterobacteria; poultry; PCR; Antibiogram;

1 | INTRODUÇÃO

A primeira referência descrita que se tem da chegada de aves domésticas ao Brasil se remete ao nosso “descobrimento” pelos portugueses, na carta de Pero Vaz de Caminha, escrivão da Armada de Pedro Álvarez Cabral. Na carta encaminhada ao rei de Portugal, D. Manuel I, ele descreve: “Mostraram-lhes um papagaio pardo que o capitão traz consigo; tomaram-no logo na mão e acenaram para a terra, como se os houvesse ali. Mostraram-lhes um carneiro; não fizeram caso dele. Mostraram-lhes uma galinha; quase tiveram medo dela, e não queriam pôr a mão. Depois lhe pegaram, mas como espantados.”, mostrando que as primeiras aves chegaram junto às primeiras caravelas que aportaram na Bahia em 1500 (ABPA – 2020).

No começo estas aves eram mestiças, produtos dos cruzamentos aleatórios feitos ao longo dos anos nas casas brasileiras. Com o crescimento populacional e econômico das cidades do interior dado, principalmente, pelo ciclo da mineração do ouro, a necessidade de alimentação para este fim também cresceu e assim o Estado de Minas Gerais, onde as primeiras jazidas de ouro brasileiro foram encontradas, era também o maior produtor de aves no país no século XIX (ABPA – 2020).

Na década de 70 a avicultura industrial passou a se desenvolver de forma

mais efetiva. Esse crescimento foi consequência direta do melhoramento genético, desenvolvimento de vacinas, e avanços na nutrição e investimentos em tecnologia com equipamentos específicos para sua criação (Belusso, 2010).

Dentre os setores agropecuários, a avicultura é o setor que mais investiu na intensificação de sua produção, com o intuito de encontrar resultados para os principais objetivos, como a produção em menor tempo e baixos custos, se tornando uma das indústrias líderes no mundo em questão de produção (YEOM et al. 2017; ERIAN e PHILIPS 2017).

O consumo médio *per capita*/ano de carne de frango no Brasil, em 2019, foi de 42,84 quilogramas por habitante/ano. Em 2019 o Brasil produziu 13,245 milhões de toneladas de carne de frango, conferindo ao país a primeira colocação no ranking mundial de produção avícola. Segundo o relatório de 2020 o Paraná é o Estado com maior porcentagem e exportação de frangos de corte e todo país, com 39,13%, um aumento em relação ao ano anterior (ABPA, 2020).

Para tamanha produção, uma grande quantidade de antimicrobianos (ATM) é utilizada na avicultura. Normalmente, os antimicrobianos são fabricados para controlar as bactérias no corpo dos organismos vivos e ajudar a proteger sua saúde. Esses compostos antimicrobianos administrados à animais, podendo ser via água ou ração, não são utilizados completamente, a maior parte é excretada junto as fezes ou esterco e urina, contaminando o ambiente e proporcionando uma pressão seletiva no local (YEOM et al. 2017).

A utilização de antimicrobianos pode vir a causar resistência por meio da pressão seletiva em bactérias presentes naquele ambiente (ZHANG et al. 2017). Embora a utilização dos ATM, em populações animais e humana, nas últimas décadas tenha permitido o controle e prevenção de infecções causadas por variados microrganismos, auxiliando na promoção da saúde animal e publica, alguns problemas oriundos do emprego em larga escala destes fármacos tem sido identificado em muitos países, com destaque para o aumento no número de gêneros bacterianos que se tornaram resistentes a, ao menos, uma classe de ATM (VAN BOECKEL *et al.*, 2015).

As bactérias multirresistentes nas granjas possuem alto risco de disseminação na cadeia alimentar, podendo contaminar as aves de corte, suas carcaças e órgãos, ovos em aves de postura, culturas agrícolas se utilizada como adubo e água pelos lençóis freáticos (HU et al. 2016). Em todo o mundo, mais de 700.000 de mortes de pessoas por ano foram associadas à resistência aos antibióticos (Xie et al. 2018).

Entre os mecanismos de resistência mais preocupantes atualmente, está a produção de beta-lactamases de espectro estendido (ESBL) e AmpC (LAUBE et al., 2013).

Entre os mecanismos de resistência conhecidos aos β -lactâmicos, o mais prevalente entre as bactérias ocorre pela produção de β -lactamases (LIVEMORE, 2012). As β -lactamases de espectro estendido (ESBL) possuem a capacidade de hidrolisar um amplo espectro de antimicrobianos β -lactâmicos, como as penicilinas, as cefalosporinas

de 3° e 4° geração e o aztreonam, porém são inibidas pelo ácido clavulânico (DIERKX et al., 2013).

Os genes que codificam as enzimas ESBL (*bla*) podem estar inseridos em elementos genéticos móveis, como plasmídeos, integrons e transposons. Entre as várias famílias de ESBL as mais comuns são a SHV (*bla*SHV), TEM (*bla*TEM) e a CTX-M (*bla*CTX-M) (SMET et al., 2009).

As enzimas CTX-M são as mais prevalentes e são agrupadas de acordo com a similaridade da sequência de aminoácidos em cinco grupos, CTX-M-1, CTX-M-2, CTX-M-8, CTX-M-9 e CTX-M-25 (CANTÓN et al., 2008).

As β -lactamases do tipo AmpC conferem à bactéria resistência às penicilinas, cefalosporinas de 2° e 3° geração e não são inibidas pelo ácido clavulânico, entretanto são sensíveis às cefalosporinas de 4° geração e aos carbapenêmicos (DIERKX et al., 2013; EFSA, 2011). São codificadas em genes cromossômicos ou plasmidiais, e atualmente, as AmpC associadas a plasmídeos são divididas em 6 grupos (CIT, MOX, EBC, FOX, DHA e ACC) (JACOBY, 2009).

Segundo Bezerra e colaboradores (2017), não há relatos na literatura sobre a quantidade específica de antimicrobianos consumidos no país na produção animal. Os números exatos para uso mundial de antimicrobianos na produção de alimentos não estão disponíveis, apenas algumas estimativas são relatadas por alguns órgãos e estudos. Demonstrando a necessidade de estudos que possam fornecer dados ao poder público visando políticas públicas que possam combater a resistência aos antimicrobianos.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta, identificação e armazenamento de amostras

As amostras foram coletadas em granjas na região Sul do Brasil (Paraná). As coletas foram realizadas em 5 granjas, em 3 momentos durante o período de crescimento e engorda dos frangos (primeiro dia da produção; entre 20 a 25 dias; e, próximo ao abate). Foram coletadas em cada um dos períodos, amostras de swab cloacal de 10 aves. Amostras do ambiente do aviário em 10 pontos diferentes. Cerca de 200g de cama de frango e de terra do aviário, 500 gramas de ração e 1 litro de água. Também foram coletados 50 besouros (espécie *Alphitobius diaperinus*), conhecidos como “cascudinho”, de diferentes pontos da granja em frascos estéreis.

As amostras semeadas em Ágar MacConkey suplementado com cefotaxima, após um pré enriquecimento em caldo Lúria Bertani (LB) para selecionar possíveis cepas produtoras de ESBL. Após isso foram selecionadas 3 a 5 colônias do crescimento bacteriano para identificação. Realizados testes bioquímicos utilizando os meios de identificação EPM, Mili, Citrato, Caldo Uréia, Vermelho de metila e Voges – Proskauer. As amostras foram ser

estocadas em caldo LB suplementado com 25% de glicerol, a - 80°C.

2.2 Susceptibilidade aos antimicrobianos

A susceptibilidade aos antimicrobianos foi determinada utilizando métodos de Disco Difusão, seguindo as normas do “*Clinical and Laboratory Standards Institute*” (CLSI, 2018). Os antimicrobianos utilizados foram: Ampicilina, Amoxicilina - Ácido Clavulânico, Cefazolina, Cefoxitina, Ceftazidima, Cefotaxima, Cloranfenicol, Gentamicina, Tetraciclina, Ácido Nalidíxico, Ciprofloxacina, Norfloxacin, Enrofloxacin, Sulfametoxazol – Trimetoprim, Imipenem, Aztreonam, Nitrofurantoína. Também se realizou dois testes para detecção de ESBL: o teste de duplo sinergismo (duplo teste de disco difusão).

2.3 Pesquisa genes ESBL/AmpC

A extração do DNA para este teste foi feita por meio da fervura do isolado a 100°C em banho-maria por 10 minutos em eppendorfs. Após a extração foi realizada a detecção de genes de resistência utilizando o método da Reação em Cadeia da Polimerase (PCR).

Se pesquisou em todos os isolados os genes de resistência para ESBL (grupos CTX-M, TEM, SHV) e AmpC (CIT, ACC, FOX, MOX, EBC e DHA) segundo (Piout et al., 2007; Del Castilho et al., 2013) por meio da técnica de PCR, esta reação conterá 1.25U Taq DNA polymerase (Life technologies, Rockville, MD) em 1x PCR buffer (Life technologies, Rockville, MD), 0.2mM de cada dNTP, 2.5mM MgCl₂ e 10M de cada primer (*bla*_{CTX-M1}; *bla*_{CTX-M2}; *bla*_{CTX-M8}; *bla*_{CTX-M9}; *bla*_{CTX-M25}; *bla*_{TEM}; *bla*_{SHV}; CIT; FOX; DHA; MOX). Os amplicons do PCR foram visualizados em gel de agarose 2% corado com GelRed (Biotium, Hayward, CA, USA). Após à eletroforese em gel as imagens foram capturadas utilizando Sistemas de Captura de Imagem (LPixImageHE).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das amostras coletadas, 51 isolados foram considerados (**Tabela 1**), seis gêneros de bactérias da família Enterobacteriaceae foram identificadas. Em relação a Granja 1: foi identificada enterobactéria *Serratia* spp, muito comumente encontrada no ambiente aviário, em 24 isolados, uma amostra de ração do primeiro período e três do terceiro período, além disso, em três isolados do besouro *Alphitobius diaperinus* foram encontrados no primeiro período e dois no segundo e um isolado de água no segundo período. Os besouros *Alphitobius diaperinus* se alimentam de matéria fecal das aves e são considerados uma praga na avicultura, sendo capazes de sobreviver a situações adversas nos aviários (Crippen; Sheffield, 2006).

Na Granja 2 observou-se, três isolados em ração no primeiro período, um isolado de pro-pé no segundo período, duas de besouro no terceiro período, um de água no primeiro período, um isolado de swab cloacal no terceiro período. O isolado de água nesta granja e nos demais isolados não se apresentaram como multirresistentes, cresceram apenas

em meio sem antimicrobiano, podendo se considerar que a água não seria uma fonte de contaminação nesta granja.

Na Granja 3, foram encontradas duas amostras na ração, sendo elas uma no primeiro período e outra no terceiro, dois isolados no pro-pé, um no primeiro período e um no segundo e três isolados de swab cloacal, um no primeiro período, um no segundo e último no terceiro segundo e três isolados de swab cloacal, um no primeiro período, um no segundo e último no terceiro. O crescimento de bactérias multirresistentes na ração das aves levanta uma grande preocupação com o manejo ambiental da produção de frangos de corte, o produtor deve executar a limpeza de silos da mesma forma que faz com os galpões após a saída dos animais para o abate, desta forma diminuindo a chance de contaminação dos próximos lotes e disseminação de doenças e perda na produção e alta mortalidade.

A *Klebsiella* spp., foi observada em 14 isolados, na Granja 1, foi encontrada em três amostras de pro-pé, sendo duas no período 1 e uma no 2, na Granja 2 observou-se nove isolados, quatro em água no primeiro período, dois nos besouros no segundo período e três nas amostras de pro-pé sendo um isolado no primeiro período e duas no segundo. Já na Granja 3, dois isolados de swab cloacal foram coletados no segundo período. Todos os isolados de *Klebsiella* spp. foram considerados multirresistentes, sendo resistentes a três ou mais antimicrobianos e sua importância juntamente com a *E.coli* como bactérias que demonstram a qualidade sanitária da granja, pois estas bactérias ambientais podem muitas vezes servir como reservatório de genes de resistência e transmiti-los à outras.

Foi identificada a enterobactéria *Salmonella* spp. em duas amostras de ração da Granja 1, a *Salmonella* causadora da salmonelose na avicultura é uma bactéria de grande atenção na Saúde Pública mundial. Essas bactérias estão amplamente difundidas na natureza e provocam grandes perdas de produtividade nas granjas, devido a sua alta mortalidade e disseminação, são ainda as maiores responsáveis por toxinfecções alimentares em humanos por contaminação de produtos alimentícios de origem avícola (ALBINO et al., 2017). São mais preocupantes do ponto de vista de saúde pública, pois o microrganismo pode ser introduzido na cadeia alimentar do homem (BACK, 2004). Portanto, as salmoneloses são um assunto não só de importância para os animais, como também para os humanos, sendo um problema em função dos riscos que esse patógeno oferece para as aves e para a saúde pública (FERREIRA et al, 2013).

A enterobactéria mais isoladas foi a *Serratia* spp. com, aproximadamente, 47% sendo que tal número pode ser atribuído por esta bactéria se encontrar no trato digestório das aves como também no ambiente, em praticamente todos os isolados houve resistência à amoxicilina com ácido clavulânico e cefalosporinas e uma parcela significativa (58%) à tetraciclina (**Tabela 1**). Dos isolados de *Serratia* spp., 6 (25%) apresentaram distorção de halo no Teste de Sensibilidade a Antimicrobianos (TSA) para detecção de ESBL.

A segunda enterobactéria mais identificada foi a do gênero *Klebsiella* spp. com, aproximadamente, 27% do total de isolados. Tal número pode-se atribuir por esta

enterobactéria ser encontrada na microbiota intestinal das aves, os resultados do TSA foram muito semelhantes aos da *Serratia* spp. a maioria dos isolados apresentaram resistência à amoxicilina com ácido clavulânico, cefalosporinas, porém menos evidente a tetraciclina. Dos 6 isolados de água, três eram *Klebsiella* spp. na Granja 1.

Foi identificada também a enterobactéria *Hafnia* sp. com aproximadamente 4% do total. Tal gênero é encontrado no ambiente e apresentou resistência a pelo menos 6 classes de antimicrobianos no isolado EntPR 21, ou seja, 12 antimicrobianos dos 17 utilizados, ambos com distorção de halo no TSA.

Em 2% dos isolados foi identificado *Enterobacter* spp. encontradas normalmente na microbiota das aves, apresentou resultados no TSA um pouco diferentes das demais enterobactérias já citadas, com resistência a anfenicóis, fosfomicina, tetraciclina, entre outros, porém não apresentou tal característica a amoxicilina com ácido clavulânico e cefalosporina.

Foram identificados dois isolados (4%) de *Salmonella* spp. na ração da Granja 1, podendo indicar uma contaminação do silo do aviário, ou dos caminhões ou mesmo da própria indústria, sendo uma bactéria recorrente na produção aviária, podendo causar salmonelose, tal bactéria pode trazer prejuízos enormes a produção e também ser transmitida ao homem. Tal gênero tem característica de permanecer por conseguir permanecer muito tempo ambiente e em ambos os isolados não há distorção no halo e observou-se resistência à cefalosporinas, penicilina e tetraciclina principalmente. Tais bactérias como *Salmonella* spp, *E. coli* e *Klebsiella* spp também foram descritas no trabalho de Ezekiel et al. 2011, o qual foi feito um estudo semelhante na Nigéria, *E. coli* também foi isolada nas amostras coletadas nas granjas, porém não é o foco deste estudo.

Dentre os isolados que mais se destacam no TSA estão os de cama de frango, coletados a partir do swab de arrasto feito por toda granja no dia da coleta. Na Granja 2 os isolados obtiveram resistência a pelo menos 11 antimicrobianos dos 17 utilizados representando 64% aproximadamente, seguido pela granja 1 na qual os isolados apresentaram resistência a pelo menos 6 antimicrobianos e na Granja 3 o isolado EntPR 54 apresentou resistência à apenas 3 antimicrobianos diferente do isolado EntPR 52 que apresentou para 8.

Dos 51 isolados de bactérias, 25 apresentaram fenótipo positivo para ESBL (**Tabela 1**), dos quais 21 apresentaram algum gene de resistência aos betalactâmicos. Entretanto, como podemos observar na Tabela 1, em alguns isolados, que não apresentaram fenótipo para ESBL, foi encontrado pelo menos um gene de beta-lactamases. O contrário também ocorreu com alguns fenótipos positivos, como os isolados EntPR 06, 14 e 37, os quais apresentaram o fenótipo para ESBL, mas não apresentaram os genes referentes às beta-lactamases.

Nesse estudo pudemos observar que 80% dos genes identificados foram *bla*_{CTX-M}, o qual é o mais comumente encontrado em isolados de ESBL (Tansawai et al., 2018). Dos

30 isolados que apresentaram genes de resistência, 11 possuíam o gene $bla_{CTX-M-1}$, 12 o $bla_{CTX-M-2}$ e 1 o $bla_{CTX-M-8}$. O $bla_{CTX-M-1}$ é um gene muito disseminado pelo mundo, apresenta um tropismo por animais, havendo relatos em animais destinados a produção de alimentos (Casella et al. 2017).

Outro gene identificado em nosso trabalho foi do bla_{TEM} , o qual, apesar de não ser considerado uma ESBL, apresenta as devidas propriedades. O bla_{TEM} é um dos genes mundialmente encontrados em *E. coli*, mas também podem ser encontrados em bactérias como *Salmonela* e *Klebsiela* (ASHIBOE-MENSAH, DZIVA, et al., 2016).

Um estudo feito por Chedie, Dziva e Akpaka (2017) relataram que isolados de *K. pneumoniae* possuíam os genes bla_{TEM} , bla_{CTX-M} e bla_{SHV} , apresentando característica de resistência múltipla aos antimicrobianos. Similarmente, em nosso trabalho, o isolado EntPR 39 apresentou três genes de resistência: bla_{TEM} , $bla_{CTX-M-1}$ e $bla_{CTX-M-2}$. Chedie, Dziva e Akpaka (2017) também sugerem que esses genes possam ter sido adquiridos por essa bactéria através de transferência de plasmídeos.

As bactérias, atuantes neste estudo estão presentes tanto no ambiente, algumas no interior do animal (frango) e circulam também entre os seres humanos, porém ao serem isoladas, analisando o plasmídeo, observamos a presença de CTX-M-2, CTX-M-8, porém foi possível analisar até mesmo a presença de TEM, sendo esta enzima muitas vezes, produzida em ambientes hospitalares. Estes fatores revelam quão resistentes a bactéria vem se tornando ao longo do tempo, transformando microrganismo simples em patogênicos com grau de complexidade que merecem nossa atenção.

Código	Origem	Granja	Período	Meio	Fenótipo p/ ESBL	Genes ESBL/ AmpC	Susceptibilidade Antimicrobianos
EntPR 01	PRO-PÉ	1	1°	MC/ CTX	+	bla_{CTX-M2}	ATM – CAZ – CEP – CTX – ENO – NOR – CIP – NAL – TET
EntPR 02	PRO-PÉ	1	1°	MC/ CTX	+	bla_{CTX-M2}	AMC – ATM – CAZ – CEP – CTX – ENO – NOR – CIP – NAL – TET
EntPR 03	RAÇÃO	1	1°	MC/ CTX	-		AMC – ATM – CAZ – CEP – CTX – SXT – TET – FOX
EntPR 04	RAÇÃO	1	1°	MC/ CTX	-		AMC – ATM – CAZ – CEP – CTX – SXT – TET – FOX
EntPR 05	RAÇÃO	1	1°	MC/ CTX	-		AMC – ATM – CAZ – CEP – CTX – SXT – TET – FOX -

EntPR 06	PRO-PE	2	1°	MC/ CTX	+		AMC – ATM – CAZ – CEP – CTX – ENO – NOR – CIP – NAL – SXT – TET – GEN
EntPR 07	RAÇÃO	2	1°	MC/ CTX	-		AMC – ATM – CAZ – CTX – NIT – TET – FOX
EntPR 08	RAÇÃO	2	1°	MC/ CTX	-		AMC – ATM – CAZ – CTX – ENO – NAL – TET – FOX
EntPR 09	RAÇÃO	2	1°	MC/ CTX	-		AMC – ATM – CAZ – CEP – CTX – ENO – SXT – TET – FOX
EntPR 10	CASCUDO	1	1°	MC/ CTX	+	<i>blaCTX-M1/</i>	ATM – CAZ – CEP – CTX – ENO – NOR – CIP – NAL – CLO – SXT – TET – GEN – SXT – TET – GEN
EntPR 11	CASCUDINHO	1	1	MC	-		AMC – ENO – NIT – TET
EntPR 12	CASCUDINHO	1	1°	MC	-		AMC – ENO – NIT – TET
EntPR 13	CASCUDINHO	2	1°	MC	-		CLO – NIT – SXT – FOT – TET – FOX
EntPR 14	PRO-PÉ	2	2°	MC/ CTX	+		ATM – CAZ – CEP – CTX – ENO – NOR – CIP – NAL – SXT – FOT – TET – GEN
EntPR 15	PRO-PÉ	2	2°	MC/ CTX	+	<i>blaCTX-M2</i>	AMC – ATM – CAZ – CEP – CTX – ENO – NOR – CIP – NAL – NIT – TET
EntPR 16	PRO-PÉ	2	2°	MC/ CTX	+	<i>blaCTX-M2</i>	
EntPR 17	RAÇÃO	1	2°	MC/ CTX	+	<i>blaCTX-M1/ blaTEM</i>	AMC – ATM – CAZ – CEP – CTX – ENO – NOR – CIP – NAL – NIT – FOX
EntPR 18	CASCUDINHO	1	2°	MC	-		AMC – ENO – NAL – NIT – FOX
EntPR 19	CASCUDINHO	1	2°	MC	-		AMC – ENO – NAL – NIT – FOX
EntPR 21	PRO-PE	2	3°	MC/ CTX	+	<i>blaCTX-M1/ blaCTX-M8</i>	ATM – CAZ – CEP – CTX – ENO – NOR – CIP – NAL – CLO – SXT – FOT – TET
EntPR 23	RAÇÃO	1	3°	MC/ CTX	-		AMC – ATM – CAZ – CEP – CTX – FOX
EntPR 24	RAÇÃO	1	3°	MC/ CTX	-		AMC – ATM – CAZ – CEP – CTX – NIT – FOX

EntPR 25	CASCUDINHO	2	3°	MC/ CTX	+	<i>blaCTX-M1/ blaTEM</i>	AMC – ATM – CAZ – CEP – CTX – ENO – NOR – CIP – NAL – CLO – SXT – FOT – TET – GEN
EntPR 28	SWAB	1	2°	MC/ CTX	+	<i>blaCTX-M1/</i>	AMC – ATM – CAZ – CEP – CTX – ENO – NOR – CIP – NAL – SXT – FOT – TET – GEN – FOX
EntPR 30	ÁGUA	2	1°	MC	-	<i>blaCTX-M1</i>	SXT
EntPR 31	ÁGUA	2	1°	MC	-		-
EntPR 32	ÁGUA	2	1°	MC	-		-
EntPR 33	ÁGUA	2	1°	MC	-		AMC – ENO – NIT
EntPR 34	ÁGUA	2	1°	MC	-		-
EntPR 35	ÁGUA	1	2°	MC	-		AMC – NIT
EntPR 37	PRO-PE	1	2°	MC/ CTX	+		AMC – ATM – CAZ – CTX – CEP – ENO – NOR – CIP – NAL – CLO – NIP – FOT – TET – GEN – FOT
EntPR 38	PRO-PE	1	2°	MC/ CTX	+	<i>blaCTX-M2</i>	AMC – ATM – CAZ – CEP – CTX – ENO – CIP – NAL – CLO – TET
EntPR 39	PRO-PE	1	3°	MC/ CTX	+	<i>blaCTX-M1/ blaCTX-M2/ blaTEM</i>	AMC – ATM – CAZ – CEP – CTX – NAL – FOT
EntPR 40	PRO-PE	1	3°	MC/ CTX	-		AMC – ATM – CAZ – GEP – CTX – FOX
EntPR 41	RAÇÃO	1	3°	MC/ CTX	-		AMC – ATM – CAZ – CEP – CTX – NIT – FOT
EntPR 42	RAÇÃO	2	2°	MC/ CTX	+	<i>blaCTX-M2</i>	ATM – CAZ – CEP – CTX – ENO – NOR – CIP – NAL – NIT – TET
EntPR 43	CASCUDINHO	2	2°	MC/ CTX	+	<i>blaCTX-M2</i>	AMC – ATM – CAZ – CEP – CTX – ENO – NOR – CIP – NAL – NIT – SXT – TET
EntPR 44	CASCUDINHO	2	3°	MC/ CTX	+	<i>blaCTX-M2</i>	ATM – CEP – CTX – ENO – CIP – NAL – CLO – SXT
EntPR 45	SWAB	2	3°	MC/ CTX	+	<i>blaCTX-M1</i>	ATM – CEP – CTX – ENO – NOR – CIP – NAL – NIT – SXT – FOT – TET – FOX
EntPR 46	SWAB	3	1°	MC/ CTX	+	<i>blaCTX-M1/ blaTEM</i>	AMC – ATM – CAZ – CEP – CTX – NIT – SXT – FOX

EntPR 47	PRO-PR	3	1°	MC/ CTX	+	<i>blaCTX-M1/ blaTEM</i>	AMC – ATM – CAZ – CEP – CTX – NAL – NIT – SXT – FOT – GEN – FOX
EntPR 48	RAÇÃO	3	2°	MC/ CTX	+	<i>blaCTX-M2</i>	CEP – CTX – NAL – TET – GEN
EntPR 49	SWAB	3	2°	MC/ CTX	+	<i>blaCTX-M1/ blaTEM</i>	AMC – ATM – CAZ – CEP – CTX – ENO – NOR – CIP' – NAL – SXT – TET
EntPR 50	SWAB	3	2°	MC/ CTX	+	<i>blaCTX-M2</i>	ATM – CAZ – CEP – CTX – NAL – TET
EntPR 51	SWAB	3	2°	MC/ CTX	-		AMC – ATM – CAZ – CTX – ENO – NAL – CLO – SXT – TET – FOX
EntPR 52	PRO-PE	3	2°	MC/ CTX	-	<i>blaTEM</i>	AMC – ATM – CAZ – CEP – CTX – CLO – TET – FOT
EntPR 53	RAÇÃO	3	3°	MC/ CTX	+		ATM – CEP – CTX – NAL – NIT – SXT
EntPR 54	PRO-PE	3	3°	MC/ CTX	+	<i>blaCTX-M2</i>	CEP – CTX – NAL
EntPR 57	ÁGUA	3	1°	MC	-		AMC – NIT – FOT – FOX

Tabela 1. Caracterização fenotípica e genotípica de cepas de enterobactérias isoladas de granjas do Paraná.

4 | CONCLUSÃO

A bactéria mais isolada foi a *Serratia* ssp. (47%), seguida da *Klebsiella* ssp. (27%), sendo que ambas apresentaram resistência a amoxicilina associada ao ácido clavulânico e a cefalosporinas, sendo que houve uma diminuição na sensibilidade quando testada com a tetraciclina, demonstrando assim a grande importância dessas bactérias ambientais, sendo que é possível elas serem reservatórios de genes de resistência e transmiti-los a outras bactérias como *E. coli* aumentando a dificuldade no tratamento de possíveis doenças que possam surgir. Foi possível observar que 80% da ESBL predominante era de caráter CTX-M, comumente encontrado nos casos foi o CTX-M-2.

O Brasil é considerado o maior exportador mundial de frango e por apresentar um mercado internacional exigente, precisa estar atento e se adequar a área clínica em relação aos antibióticos e a resistência bacteriana, afim de garantir melhor qualidade do animal e preservação da saúde da população consome este produto.

Há necessidade de estudos mais abrangentes que estabeleçam medidas para o uso de antibióticos em relação a área clínica, garantindo a prática adequada por meio dos profissionais, visando diminuir os impactos referentes ao uso de antimicrobianos, para que então haja uma tentativa de reverter o quadro em relação a resistência bacteriana existente.

REFERÊNCIAS

ALBINO, L.F.T.; BARROS, V.R.S.M.; MAIA, R.C.; TAVERNARI, F.C. et al. **Produção e Nutrição de Frangos de Corte**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 360 p, 2017.

ASHIBOE-MENSAH, Sandra et al. **Characterization of Multidrug Resistant Escherichia coli Isolates Recovered from Humans and Chickens, Trinidad and Tobago**. *Advances in Infectious Diseases*, v. 6, n. 04, p. 145, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). Aves. Disponível em <http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/a-avicultura-brasileira>. Acesso em 11 Novembro. 2020.

BACK, A. Doenças Bacterianas. In: BACK, A. **Manual de Doenças de Aves**. Cascavel: Coluna do Saber, p.57-60, 2004.

BELUSSO, D. **A evolução da avicultura industrial brasileira e seus efeitos territoriais**. *Revista Percurso – NEMO*, v.2, n.1, p. 25 – 51, 2010.

BEZERRA, W. G. A. et al. **Archivos de Zootecnia Antibióticos no setor avícola : uma revisão sobre a resistência microbiana**. *Archivos de Zootecnia*. 2017.

CANTÓN, R., NOVAIS, A., VALVERDE, A., MACHADO, E., PEIXE, L., BAQUERO, F., COQUE, T. M. **Prevalence and spread of extended-spectrum β lactamase-producing Enterobacteriaceae in Europe**. *Clinical Microbiology and Infection*, v. 14, suppl. 1, p. 144 – 153, jan. 2008.

CASELLA, Tiago et al. **High prevalence of ESBLs in retail chicken meat despite reduced use of antimicrobials in chicken production, France**. *International journal of food microbiology*, v. 257, p. 271-275, 2017.

CHEDDIE, Paul; DZIVA, Francis; AKPAKA, Patrick Eberechi. **Detection of a CTX-M group 2 beta-lactamase gene in a Klebsiella pneumoniae isolate from a tertiary care hospital, Trinidad and Tobago**. *Annals of clinical microbiology and antimicrobials*, v. 16, n. 1, p. 33, 2017.

CLSI. **Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing. Twenty-Fifth Informational Supplement CLSI Document M100**. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute. 28th ed, 2018.

CRIPPEN, T. L., SHEFFIELD, C. 2006. **External surface disinfection of the lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae)**. *Journal of Medical Entomology*, 43(5), 916-923.

DIERIKX, C., GOOT, J., FABRI, T., ESSEN-ZANDBERGEN, A., SMITH, H., MEVIUS, D. **Extended-spectrum- β -lactamase-and AmpC- β -lactamase-producing Escherichia coli in Dutch broilers and broiler farmers**. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, v. 68, n. 1, p. 60-67, 2013.

Ezekiel, Chibundu & Olarinmoye, Ayodeji & Oyinloye, Josiah Mofoluwaso & Olaoye, O.B. & Edun, A. **Distribution, Antibiogram and Multidrug Resistance in Enterobacteriaceae from Commercial Poultry Feeds in Nigeria**. *African Journal of Microbiology Research (AJMR)*. 5. 294-301. 10.5897, 2011.

FERREIRA, L.L.; MENDES, F.R.; SANTOS, B.M.; ANDRADE, M.A; CAFÉ, M.B. **Salmonelose em sanidade avícola e saúde pública**. Revista Eletrônica Nutritime, [s.l.], Artigo 213 – v. 10, n. 5, p. 2716–2751, 2013.

JACOBY, G. A. **AmpC β -lactamases**. Clinical Microbiology Reviews, v. 22, n. 1, p. 161 – 182, jan. 2009.

LIVERMORE, D. M. **Current epidemiology and growing resistance of gramnegative pathogens**. The Korean Journal of Internal Medicine, v. 27, n. 2, p. 128, 2012.

SMET, A., MARTEL, A., PERSOONS, D., DEWULF, J., HEYNDRICKX, M., HERMAN, L., HAESEBROUCK, F., BUTAYE, P. **Broad-spectrum β -lactamases 52 among Enterobacteriaceae of animal origin: molecular aspects, mobility and impact on public health**. FEMS Microbiology reviews, v. 34, n. 3, p. 295-316, 2009.

TANSAWAI, Uttapoln et al. **Occurrence of extended spectrum β -lactamase and AmpC genes among multidrug-resistant Escherichia coli and emergence of ST131 from poultry meat in Thailand**. Food control, v. 84, p. 159-164, 2018.

VAN BOECKEL T.P. *et al.* **Global trends in antimicrobial use in food animals**. PNAS. v.112, n. 18, p. 1-6, 2015.

XIE WY, SHEN Q, ZHAO FJ. **Antibiotics and antibiotic resistance from animal manures to soil: a review**. Eur J Soil Sci. 69(1):181–195, 2018.

YEOM JR, YOON SU, Kim CJ. **Quantification of residual antibiotics in cow manure being spread over agriculture land and assessment of their behavioral effects on antibiotics resistance bacteria**. Chemosphere. 182:771–780, 2017.

CAPÍTULO 21

POTENCIALIDADES QUÍMICAS E BIOATIVAS DO USO DA PLANTA E DO ÓLEO ESSENCIAL DE ALFAVACA (*OCIMUM GRATISSIMUM L.*)

Data de aceite: 01/02/2021

Daniely Alves Souza

Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, IFMS,
Campus Coxim;

João Vítor de Andrade dos Santos

Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, IFMS,
Campus Coxim;

Angela Kwiatkowski

Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, IFMS,
Campus Coxim;

Ramon dos Santos Minas

Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, IFMS,
Campus Coxim;

Geilson Rodrigues da Silva

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,
UFMS;

Gleison Nunes Jardim

Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, IFMS,
Campus Coxim;

Dalany Menezes Oliveira

Instituto Federal da Paraíba – IFPB, Campus
Souza;

RESUMO: A alfavaca (*Ocimum gratissimum L.*) é uma planta muito conhecida no Brasil, devido ao seu uso como ornamental em jardins, condimento alimentar e na medicina popular. Sua composição química e características físicas variam conforme local de cultivo e tratamentos culturais. Na pesquisa,

a atenção às análises experimentais, ocorrem devido ao destaque no conteúdo de eugenol, predominante no óleo essencial. Desta forma, a atual pesquisa objetivou-se em realizar um levantamento bibliográfico de trabalhos científicos que apresentam as potencialidades químicas, bioquímicas, antimicrobianas, antiparasitárias e larvicidas da planta alfavaca. Para realização deste trabalho foi realizado um levantamento da literatura científica sobre alfavaca (*Ocimum gratissimum L.*), nas plataformas e ferramentas de buscas eletrônicas do “SciELO” e “Google Acadêmico”, durante o período compreendido entre os anos de 2000 a 2020. Como resultados foram selecionados e analisados 30 artigos científicos, que destacaram o uso da planta e do óleo essencial em parâmetros químicos e farmacológicos. Desta forma a pesquisa atingiu com êxito o seu objetivo, indicando as potencialidades do uso da alfavaca e seu óleo essencial.

PALAVRAS - CHAVE: *Atividade antioxidante, antimicrobiana, antifúngico, compostos bioativos.*

ABSTRACT: The alfavaca (*Ocimum gratissimum L.*) is a very well-known plant in Brazil, due to its use as an ornamental in gardens, food seasoning and in popular medicine. Its chemical composition and physical characteristics vary according to the place of cultivation and cultural treatment. In research, attention to experimental analysis occurs due to the emphasis on the content of eugenol, predominant in essential oil. In this way, the current research aimed to carry out a bibliographical survey of scientific works that present the chemical, biochemical and

antimicrobial, antiparasitic and larvicidal potentials of the alfavaca plant. In order to carry out this work, a survey of the scientific literature on alfavaca (*Ocimum gratissimum* L.) was carried out on the “SciELO” and “Google Acadêmico” platforms and electronic search tools, during the period from 2000 to 2020. As results were selected and 30 scientific articles were analyzed, which highlighted the use of the plant and essential oil in chemical and pharmacological parameters. In this way, the research has successfully achieved its objective, indicating the potential of using the alfavaca and its essential oil.

KEYWORDS: *Antioxidant, antimicrobial, antifungal activity, bioactive compounds.*

1 | INTRODUÇÃO

A alfavaca (*Ocimum gratissimum* L.) é uma planta do tipo arbusto, eudicotiledônia, pertencente ao gênero *Ocimum* e à família Lamiaceae (FLORA DO BRASIL, 2018). Essa espécie foi introduzida no Brasil pelos africanos e propagou-se de forma exponencial pelo fato de ser espalhada em diversas regiões, por se adaptar em regiões tropicais, com intuito de garantir a preservação cultural da medicina popular (PEREIRA; MAIA, 2007).

A alfavaca, também conhecida como alfavaca-cravo, alfavacão e manjericão, é uma planta perene (Figura 1), que pode ser cultivada como planta ornamental em jardins ou quintais e/ou em hortas, podendo atingir até um metro de altura, utilizada na forma *in natura* ou desidratada, participando da alimentação humana em pratos culinários como condimento ou como planta para infusões ou chás (VOSTROWSKY et al., 1990).



Figura 1. Planta da alfavaca com inflorescência.

Fonte: Autores (2020).

As flores ou inflorescências são pequenas, de coloração roxo-pálidas, dispostas em racemos paniculados eretos e geralmente em conjunto de três flores. Os frutos são do tipo cápsula, pequenos, possuindo quatro sementes esféricas (LORENZI; MATOS, 2008).

Adapta-se bem a qualquer tipo de solo, podendo ser propagada a partir de sementes e por meio de estacas no espaçamento de 0,80 m entre fileiras e 0,40 m entre plantas. O sistema de irrigação deve ser realizado diariamente, por aproximadamente dois meses, período em que ocorre a floração. A colheita das folhas pode ser realizada pela manhã ou entre 11 e 13 horas, período em que o teor de eugenol (Figura 2), um composto químico fenilpropanóide, se apresenta em elevadas concentrações (MATOS, 2000).

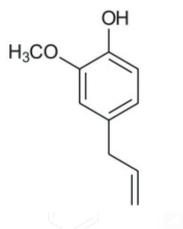


Figura 2. Estrutura química do eugenol.

Fonte: Gazolla et al. (2018).

Na Tabela 1 pode ser observado a presença de vários componentes químicos na folha, parte aérea e flores de alfavaca. A maioria desses compostos apresentam atividade bioativa.

<i>Folhas</i>	<i>Parte aérea</i>	<i>Inflorescência</i>
Ácido Ursólico	Quercetina 3-O-glucosídeo	Alcaloides
Ácido Rosmarínico	Rutina	Flavonois
3-O-Glicosídeos de Quercetina	Canferol	Terpenos
Catequinas	3-O-rutinosídeo	Triterpenos
Ácido cafeico	Vicenina-2	-
Epicatequina	Metoxilado agliconas flavona	-

Tabela 1. Componentes químicos da alfavaca.

Fonte: Ministério da Saúde (2015); Braga et al. (2007).

Na Tabela 2 estão os compostos químicos presentes no óleo essencial extraído da alfavaca. Pode-se observar que o eugenol é um composto presente nos óleos essenciais de todas as partes da planta. O eugenol está presente na planta, mas só é extraído nas frações de óleos essenciais, devido as características químicas dos solventes e técnicas utilizadas. Ressaltamos que os teores dos componentes presentes no óleo essencial, variam conforme local de cultivo da planta, tratos culturais, tipo de solo, entre outros. Exemplificamos que o óleo apresenta conteúdo aproximado de 43,70 à 68,80% de eugenol; 4,10 à 32,80% de

1,8-Cineol; β -Elemeno 10,9%; 7,47% de Cis-Ocimeno; 4,49% de β -Cariofileno; 4,25 de Germacreno D; 4,10% de Trans-cariofileno; 4,00% de β -Selineno; 2,12% de α -Tujeno; e, 1,10% de β -Pino.

<i>Folhas</i>	<i>Parte aérea</i>	<i>Inflorescência</i>
Eugenol	Eugenol	Eugenol
(Z)- α -bisaboleno	1,8-Cineol	Terpinolene
Cis-Ocimeno	Trans-cariofileno	γ -Muuroleno
Germacreno D	β -Selineno	Germacreno D
β -Pino	β -Cariofileno	β -Cariofileno
Trans-Cariofileno	α -Terpineno	α -Tujeno
4-Terpineol	γ -Terpinoleno	α -Copaeno
α -pino	Boneol	β -Elemeno
(E)- β -Ocimeno	Hidrato trans-sabineno	δ -Cadineno

Tabela 2. Componentes químicos extraídos no óleo essencial da alfavaca.

Fonte: Silva et al. (1999); Lemos et al. (2005); Silva (2010); Tamgue et al. (2011); Joshi, (2013); Ministério da Saúde (2015); Smitha; Tripathy (2016).

Assim, o objetivo desta pesquisa foi realizar um levantamento bibliográfico de trabalhos científicos que apresentam as potencialidades químicas, bioquímicas, antimicrobianas, antiparasitárias e larvicidas da alfavaca (*Ocimum gratissimum*).

2 I MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em novembro de 2020 nas bases de dados de periódicos científicos. Para realização deste trabalho foi realizado um levantamento da literatura que continham informações científicas a respeito do uso de qualquer parte da planta alfavaca (*Ocimum gratissimum* L.), como folhas e flores *in natura* ou desidratadas e o óleo essencial. Deixou-se em relevância os artigos que destacaram os valores químicos, atividade antioxidantes, atividade antiparasitária, atividade antibacteriana, atividade antifúngica ou antimicrobiana de extratos da planta alfavaca.

Foram excluídos os estudos que envolviam as buscas pelas palavras-chaves “alfavaca” e “*Ocimum gratissimum*” que não apresentaram dados referente a temática da pesquisa.

Para este levantamento de informações científicas foi utilizado a pesquisa de artigos em periódicos de algumas plataformas e ferramentas de buscas eletrônicas como Scielo, Google Acadêmico, no período compreendido entre os anos de 2000 a 2020, todos trabalhos desenvolvidos no Brasil com a espécie *Ocimum gratissimum* L (Figura 3).

Os resultados foram analisados e organizados para leitura em tabelas por ordem cronológica, indicando o local de coleta e/ou estudo da planta ou do óleo essencial da alfavaca, assim como avaliações experimentais envolvidas e local de publicação (periódico científico) e os autores envolvidos na pesquisa.

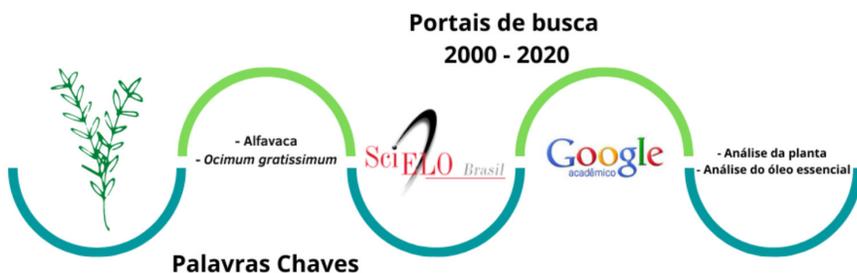


Figura 3. Esquemática da metodologia utilizada no trabalho.

Fonte: Os autores (2020).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao todo foram analisados 30 trabalhos que citam a alfavaca (*Ocimum gratissimum* L.). Os resultados deste importante estudo podem ser visualizados na Tabela 3 e 4, que apresentam as citações científicas com determinações das propriedades da planta. Para este estudo foram destacados 13 trabalhos científicos que estudaram extratos da planta (Tabela 3) e 17 que avaliaram a ação dos óleos essenciais (Tabela 4).

Local de cultivo/coleta ¹ ou estudo ²	Autores	Local de publicação	Ano de publicação	Característica ou potenciais usos*
Goiânia- GO ¹	Lemos et al.	Memorias do Instituto Oswaldo Cruz	2005	Atividade antifúngica
Viçosa-MG ¹	Pereira e Maia	Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos	2007	Análise química/ Atividade antioxidante
Eldorado do Sul – RS ¹	Passos; Carvalho e Wiest	Revista Brasileira de Plantas Medicinais	2009	Atividade antimicrobiana
Montes Claros – MG ²	Silva et al.	Ciência e Agrotecnologia	2009	Atividade antifúngica
Crato-CE ¹	Matias et al.	Revista Brasileira de Biociências	2010	Análise química/ Atividade antibacteriana
Eldorado do Sul – RS ¹	Passos; Carvalho e Wiest	Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos	2010	Atividade antimicrobiana
Crato-CE ¹	Coutinho et al.	Biomédica	2011	Análises químicas/Atividade antibacteriana
Goiânia-GO ¹	Moraes et al.	Journal of Pharmacy Research	2011	Análises químicas
Crato-CE ¹	Braga et al	African Journal of Pharmacy and Pharmacology	2011	Análises químicas/Atividade antibacteriana
Ceilândia e Guarã -DF ¹	Costa; Ferreira e Fazzio	Revista de Divulgação Científica Sena Aires	2012	Atividade antioxidante
Juiz de Fora – MG ¹	Hocayen e Pimenta	Revista Brasileira de Plantas Medicinais	2013	Atividade anticarrapaticida
Viçosa – MG ¹	Gontijo; Fietto e Leite	Revista Brasileira de Plantas Medicinais	2014	Análise Química/ Atividade antioxidante/ Atividade antimutagênica/ Atividade toxicológica
Fortaleza-CE ²	Martins e Santos	Revista Ciência Agronômica	2016	Atividade antiparasitária ³

Tabela 3. Quantificação de trabalhos, publicados no formato de artigo ou semelhante, de estudo da caracterização e potenciais usos devido aos componentes químicos da planta de alfavaca.

¹Local onde foi cultivado e coletada as amostras para análises.

² Local onde foi realizado o estudo, no caso de revisão bibliográfica ou semelhante.

³ Parasitas de plantas (tomateiro).

Foram observados que dos 13 trabalhos científicos que analisaram a planta e seus extratos, foram realizados em cinco estados brasileiros, com destaque para Minas Gerais (MG), com quatro trabalhos publicados, e Ceará (CE), também com quatro trabalhos

publicados. Ainda, as pesquisas se concentraram em aproximadamente 60% com análises antimicrobianas, antifúngicas e antibacterianas.

Como a alfavaca é uma planta que pode ser utilizada na medicina popular, como chás, infusões e xaropes, entre outros, mas também é utilizada como condimento em alguns pratos culinários brasileiros, os periódicos científicos que publicaram as pesquisas são da área de plantas medicinais, agrônômica e tecnologia em alimentos.

Na Tabela 4 estão os estudos publicados relacionados com análises do óleo essencial da alfavaca, no período de 2003 a 2019. No total, foram levantados, 17 artigos científicos de nove estados brasileiros, que realizaram coleta e/ou estudo do óleo essencial da planta. Destacamos que o estado de Minas Gerais (MG) teve cinco artigos publicados.

Ainda, podemos visualizar que o ano de 2012 apresentou maior número de trabalhos publicados sobre o óleo essencial.

Entre os periódicos que publicizaram os artigos científicos destacamos os da área de estudo de plantas medicinais, agrônômica, tecnologia em alimentos e farmácia/biomédica.

Sobre as análises realizadas no óleo essencial, 12 artigos realizaram análises químicas do óleo essencial de alfavaca, totalizando 70% dos trabalhos apresentados.

Também foi possível observar que 10 trabalhos relatam sobre a atividade antimicrobiana, antifúngica e antibacteriana, que concentra, aproximadamente, 59% das análises realizadas nas pesquisas. Entre os microrganismos estudados encontram-se as bactérias *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* e os fungos *Colletotrichum gloeosporioides*, *Corynespora cassiicola*, *Botryosphaeria rhodina*, *Rhizoctonia* sp., *Alternaria* sp., *Penicillium chrysogenum*, *P. chrysogenum*, *Cryptococcus neoformans*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum*, *F. oxysporum* f. sp. *cubense*, *Rhizoctonia solani*, *Candida tropicalis*, entre outros. Assim como na análise da planta, os pesquisadores também avaliaram a atividade anticarrapaticida no óleo essencial.

Local de cultivo/ coleta ¹ ou estudo ²	Autores	Local de publicação	Ano de publicação	Característica ou potenciais usos*
Maringá-PR ¹	Holetz et al.	Acta Protozoologica	2003	Atividade antiparasitária
Goiânia- GO ¹	Lemos et al.	Memorias do Instituto Oswaldo Cruz	2005	Análise química/ Atividade antifúngica
Londrina-PR ¹	Faria et al.	Brazilian Archives of Biology and Technology	2006	Análise química/ Atividade antifúngica
Fortaleza-CE ¹	Trevisan et al.	Journal of Agricultural Food Chemistry	2006	Análises químicas/Atividade antioxidante
Viçosa-MG ¹	Pereira e Maia	Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos	2007	Análise química/ Atividade antioxidante
Montes Claros – MG ²	Silva et al.	Ciência e Agrotecnologia	2009	Atividade antifúngica

Santa Maria-RS ¹	Silva et al.	Revista Brasileira de Farmacognosia	2010	Análise química/ Atividade antibacteriana/ Toxicidade
Montes Claro e Viçosa-MG ¹	Aquino et al.	Revista Brasileira de Fruticultura	2012	Análises químicas/ Atividade Antifúngica
Lavras e Belo Horizonte-MG ¹	Borges et al.	Revista Brasileira de Plantas Mediciniais	2012	Análise química
Areia-PA ²	Silva et al.	Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal	2012	Atividade antimicrobiana
Juiz de Fora - MG ¹	Hocayen e Pimenta	Revista Brasileira de Plantas Mediciniais	2013	Atividade anticarrapaticida
Crato-CE ¹	Pereira et al.	Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia	2014	Análise química/ Atividade larvicida/ Atividade antibacteriana
Fortaleza-CE ¹	Oliveira et al.	Revista Brasileira de Plantas Mediciniais	2016	Atividade antifúngica
Dois Vizinhos - PR ¹	Mohr et al.	Genetics and Molecular Research	2017	Análises químicas/ Atividade antifúngica
Parnaíba-PI ¹	Castro et al.	Brazilian Journal of Veterinary Parasitology	2018	Análise química/ Atividade anticarrapaticida
São Luis-MA ¹	Castro et al.	Journal Brazilian Chemical Society	2019	Análise Química/ Atividade Antioxidante/ Atividade antifúngica
Jequié-BA ¹	Meira et al.	Debate e Reflexão das Novas Tendências da Biologia	2019	Análise química/ Atividade antioxidante

Tabela 4. Quantificação de trabalhos, publicados no formato de artigo ou semelhante, de estudo da caracterização e potenciais usos devido aos componentes químicos de óleo essencial de alfavaca.

¹Local onde foi cultivado e coletada as amostras para análises.

² Local onde foi realizado o estudo, no caso de revisão bibliográfica ou semelhante.

4 | CONCLUSÕES

Podemos concluir que a alfavaca apresenta grande potencial de pesquisas no Brasil. Desta forma, a presente pesquisa atingiu com êxito seu objetivo de apontar o quantitativo de trabalhos acadêmicos científicos que abordam a temática das potencialidades e uso da alfavaca, devido à presença de componentes químicos bioativos.

Os extratos da planta, assim como o óleo essencial, apresentam aplicações na área

de saúde humana e animal, e qualidade na produção vegetal.

A aplicabilidade da alfavaca também ocorre na área de pesquisa de ciência e tecnologia de alimentos, visto que alguns trabalhos relatam seu uso como condimento alimentar.

REFERÊNCIAS

AQUINO, C. F.; SALES, N. D. L. P.; SOARES, E. P. S., MARTINS, E. R. Ação e caracterização química de óleos essenciais no manejo da antracnose do maracujá. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, n.4, p. 1059-1067, 2012.

BORGES, A. M., PEREIRA, J., CARDOSO, M. G., ALVES, J. A., LUCENA, E. M. P. Determinação de óleos essenciais de alfavaca (*Ocimum gratissimum* L.), orégano (*Origanum vulgare* L.) e tomilho (*Thymus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.14, n.4, p. 656-665, 2012.

BRAGA, F.G.; BOUZADA, M.L.M.; FABRI, R.L.; MATOS, M. O.; MOREIRA, F.O.; SCIO, E.; COIMBRA; E.S. Antileishmanial and antifungal activity of plants used in traditional medicine in Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, v.111, n.2, p.396-402, 2007.

CASTRO, J. A.; MONTEIRO, O. S.; COUTINHO, D. F.; RODRIGUES, A. A.; SILVA, J. K.; MAIA, J. G. Seasonal and circadian study of a thymol/γ-terpinene/p-cymene type oil of *Ocimum gratissimum* L. and its antioxidant and antifungal effects. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.30, n.5, p. 930-938, 2019.

CASTRO, K. N. D. C.; CANUTO, K. M.; BRITO, E. D. S.; COSTA-JÚNIOR, L. M.; ANDRADE, I. M. D.; MAGALHÃES, J. A.; BARROS, D. M. A. In vitro efficacy of essential oils with different concentrations of 1, 8-cineole against *Rhipicephalus (Boophilus)* microplus. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.27, n.2, p. 203-210, 2018.

COSTA, D. D.; FERREIRA, T. C.; FAZZIO, D. M. G. Análise das propriedades antioxidantes da *Ocimum gratissimum* e seu papel no processo de antienvhecimento. **Revista de Divulgação Científica Sena Aires**, v. 1, n. 2, p. 141-146, 2013.

COUTINHO, H. D.; MATIAS, E. F.; SANTOS, K. K.; SANTOS, F. A.; MORAIS-BRAGA, M. F. B.; SOUZA, T. M.; FALCÃO-SILVA, V. S. Modulation of the norfloxacin resistance in *Staphylococcus aureus* by *Croton campestris* A. and *Ocimum gratissimum* L. **Biomédica**, v.31, n.4, p. 608-612, 2011.

FARIA, T. D. J.; FERREIRA, R. S.; YASSUMOTO, L.; SOUZA, J. R. P. D.; ISHIKAWA, N. K.; BARBOSA, A. D. M. Antifungal activity of essential oil isolated from *Ocimum gratissimum* L. (eugenol chemotype) against phytopathogenic fungi. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.49, n.6, 867-871, 2006.

FLORA DO BRASIL. **Lamiaceae**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB23332>>. Acesso em: 19 nov. 2020.

GAZOLLA, P. A. R.; TEIXEIRA, R. R.; SILVA, A. M.; VAZ, B. G.; VASCONCELOS, G. A.; SIQUEIRA, R. P.; GONÇALVES, V. H. S.; PEREIRA, H. S.; BRESSAN, G. C. Síntese e avaliação da atividade citotóxica de derivados do eugenol contendo núcleos 1,2,3-triazólicos. **Química Nova**, v.41, n. 5, p. 497-506, 2018.

GONTIJO, D.C.; FIETTO, L.C.; LEITE, J.P.V. Avaliação fitoquímica e atividade antioxidan e, antimutagênica e toxicológica do extrato aquoso das folhas de *Ocimum gratissimum* L. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.16, n.4 p.874-880, 2014.

HOCAYEN, P. A. S.; PIMENTA, D. S. Extrato de plantas medicinais como carrapaticida de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.15, n.4, p. 627-631, 2013.

HOLETZ, F. B.; UEDA-NAKAMURA, T.; DIAS FILHO, B. P.; CORTEZ, D. A. G.; MORGADO-DIAZ, J. A.; NAKAMURA, C. V. Effect of essential oil of *Ocimum gratissimum* on the trypanosomatid *Herpetomonas samuelpessoai*. **Acta Protozoologica**, v. 42, n.4, p. 269-276, 2003.

JOSHI, R. Chemical composition, In vitro antimicrobial and antioxidant activities of the essential oils of *Ocimum gratissimum*, *O. sanctum* and their major constituents. **Indian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.75, n.4, p.457-461, 2013.

LEMOES, J. A.; PASSOS, X. S.; FERNANDES, O. F.; PAULA, J. R.; FERRI, P. H.; SOUZA, L.K.H.E.; LEMOS, A.A.; SILVA, M.R.R. Antifungal activity from *Ocimum gratissimum* L. towards *Cryptococcus neoformans*. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v.100, n.1, p.55-58, 2005.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 544 p.

MARTINS, M. D. C. B.; SANTOS, C. D. G. Ação de extratos de plantas medicinais sobre juvenis de *Meloidogyne incognita* raça 2. **Revista Ciência Agronômica**, V.47, n.1, p. 135-142, 2016.

MATIAS, E. F.; SANTOS, K.; ALMEIDA, T. S.; COSTA, J. G.; COUTINHO, H. D. Atividade antibacteriana In vitro de *Croton campestris* A., *Ocimum gratissimum* L. e *Cordia verbenacea* DC. **Revista Brasileira de Biociências**, v,8, n.3, 2010.

MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais - guia de seleção e emprego de plantas usadas em fitoterapia no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: Imprensa Universitária/UFC, 2000. 344p.

MEIRA, C. L. C.; DE OLIVEIRA, D. M.; LEITE, J. L.; AGUIAR, R. M.; JESUS, V. D. S. Identificação dos constituintes químicos voláteis de *Ocimum* sp. e determinação do seu potencial antioxidante pelo método do radical ABTS. Identificação dos constituintes químicos voláteis de *Ocimum* sp. e determinação do seu potencial antioxidante pelo método do radical ABTS. In.: OLIVEIRA JUNIOR, J. M. B.; CALVÃO, L. B. **Debate e reflexão das novas tendências da biologia**. Ponta Grossa-PR: Atena. p. 44 – 52. 2019 (CAP. 6).

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Monografia de espécie *Ocimum gratissimum* L. (alfava)**. Brasília, 2015. 89p. Disponível em: <<https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2017/setembro/11/Monografia-Ocimum-vers--o-pdf.pdf>>. Acesso em 19 nov. 2020.

MOHR, F. B. M.; LERMEN, C.; GAZIM, Z. C.; GONÇALVES, J. E.; ALBERTON, O. Antifungal activity, yield, and composition of *Ocimum gratissimum* essential oil. **Genetics and Molecular Research**, v.16, p. 1-10, 2017.

MORAES, C. S.; MARTINS, F. S.; BARRA, M. T. F.; PAULA, J. R., CONCEIÇÃO, E. C. Characterization and quality control of *Ocimum gratissimum* L. leaf powder and development of a standardized ethanolic extract. **Journal of Pharmacy Research**, v.4, n10, p. 3256-3258, 2011.

OLIVEIRA, L. B. S.; BATISTA, A. H. M.; FERNANDES, F. C.; SALES, G. W. P.; NOGUEIRA, N. A. P. Atividade antifúngica e possível mecanismo de ação do óleo essencial de folhas de *Ocimum gratissimum* (Linn.) sobre espécies de Candida. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.18, n.2, p. 511-523, 2016.

PASSOS, M. G.; CARVALHO, H. H.; WIEST, J. M. Inativação bacteriana e sensorialidade em bebidas formuladas a partir de extrato reconstituído de *Ocimum gratissimum* L. (Alfavaca) - Labiatae - (Lamiaceae). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.30, n.2, p.414-420, 2010.

PASSOS, M.G.; CARVALHO, H.; WIEST, J.M. Inibição e inativação in vitro de diferentes métodos de extração de *Ocimum gratissimum* L. ("alfavacão", "alfavaca", "alfavaca-cravo") - Labiatae (Lamiaceae), frente a bactérias de interesse em alimentos. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v.11, n.1, p. 71 – 79, 2009.

PEREIRA, C. A. M.; MAIA, J. F. Estudo da atividade antioxidante do extrato e do óleo essencial obtidos das folhas de alfavaca (*Ocimum gratissimum* L.). **Food Science and Technology**, 27(3), 624-632, 2007.

PEREIRA, V. S.; SARAIVA, C. R. N.; ROCHA, J. E.; DA COSTA LOPES, J., DO NASCIMENTO SILVA, M. K.; BANDEIRA, S. M. F.; COSTA, J. G. M. Estudo químico, toxicidade e atividade antibacteriana do óleo essencial de *Ocimum gratissimum*. **Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia**, v. 2, n. 4, 2014.

SILVA, A. C. D.; SALES, N. D. L. P.; ARAÚJO, A. V. D.; CALDEIRA JÚNIOR, C. F. In vitro effect of plant compounds on the fungus *Colletotrichum gloeosporioides* Penz: isolated from passion fruit. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33 (SPE), p. 1853-1860, 2009.

SILVA, L. L.; HELDWEIN, C. G.; REETZ, L. G. B.; HÖRNER, R.; MALLMANN, C. A.; HEINZMANN, B. M. Composição química, atividade antibacteriana in vitro e toxicidade em *Artemia salina* do óleo essencial das inflorescências de *Ocimum gratissimum* L., Lamiaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.20, n.5, p.700-705, 2010.

SILVA, M. G. V.; CRAVEIRO, A. A.; MATOS, F. J. A.; MACHADO, M.I.L.; ALENCAR, J.W. Chemical variation during daytime of constituents of the essential oil of *Ocimum gratissimum* leaves. **Fitoterapia**, v.70, n.1, p.32-34, 1999.

SILVA, T. R. G. D.; MARTINS, T. D. D.; SILVA, J. H. V.; SILVA, L. D. P. G. D.; PASCOAL, L. A. F.; OLIVEIRA, E. R. A. D.; BRITO, M. S. Inclusão de óleos essenciais como elementos fitoterapicos na dieta de suínos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.1, p. 181-191, 2012.

SMITHA, G.R.; TRIPATHY, V. Seasonal variation in the essential oils extracted from leaves and inflorescence of different *Ocimum* species grown in Western plains of India. **Industrial Crops and Products**, v.94, p.52–64, 2016.

TAMGUE, O.; BENGYELLA, L.; NGUEFACK, J.; DONGMOA, J. B. L.; DAKOLEA, C.D. Synergism and antagonism of essential oil fractions of *Cymbopogon citratus*, *Ocimum gratissimum* and *Thymus vulgaris* against *Penicillium expansum*. **International Journal of Plant Pathology**, v.2, n.2, p.51-62, 2011.

TREVISAN, M. T. S.; SILVA, M. G. V.; PFUNDSTEIN, B., SPIEGELHALDER, B.; OWEN, R. W. Characterization of the volatile pattern and antioxidant capacity of essential oils from different species of the genus *Ocimum*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v54, n.12, p. 4378-4382, 2006.

VOSTROWSKY, O.; GARBE, W.; BESTMANN, H. J.; MAIA, J. G. Essential Oil of Alfavaca, *Ocimum gratissimum*, from Brazilian Amazon. **Zeitschrift für Naturforschung**, v.45, n. (Complement), p. 1073-1076, 1990.

CAPÍTULO 22

SPONDIAS SPP. COMO REPOSITÓRIOS NATURAIS DE PARASITOIDES NATIVOS DE MOSCAS-DAS-FRUTAS NO CARIRI CEARENSE

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 07/12/2020

Francisco Roberto de Azevedo

Universidade Federal do Cariri - Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade, Crato-CE.

<http://lattes.cnpq.br/7232754070890745>

Elton Lucio de Araújo

Universidade Federal Rural do Semiárido – Departamento de Fitossanidade, Mossoró-RN.

<http://lattes.cnpq.br/1455726768450040>

Itamizaele da Silva Santos

Fazenda Gabrielle – Petrolina-PE
<http://lattes.cnpq.br/0431071433063562>

Nayara Barbosa da Cruz Moreno

Universidade Federal do Cariri - Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade, Crato-CE.

<http://lattes.cnpq.br/3116691642785793>

Maria Leidiane Lima Pereira

Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará, Parambu-CE.

<http://lattes.cnpq.br/4714139339785662>

Raul Azevedo

Universidade Federal do Cariri - Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade, Crato-CE.

<http://lattes.cnpq.br/4787424464714424>

Antônio Carlos Leite Alves

Multicrop Pesquisa e Desenvolvimento, Barreiras-BA

<http://lattes.cnpq.br/8588665338425704>

RESUMO: O gênero *Spondias* abriga diversas espécies frutíferas de interesse econômico exploradas de forma extrativista no entorno de pomares de goiabeiras, com importância socioeconômica para a região Nordeste. Seus frutos são consumidos *in natura* ou processados, de excelente qualidade e alto valor comercial, tornando viável a exploração. Estas plantas nativas hospedam mais parasitoides por fruto que as goiabeiras e poucos estudos têm sido realizados para compreender suas relações com hospedeiros nativos, bem como, as interações tritróficas entre tefritídeos, suas plantas hospedeiras e parasitoides associados. Objetivando determinar a diversidade de espécies de mosca-das-frutas e seus parasitoides nativos em *Spondias* spp. do entorno dos pomares de goiabeiras do Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha, coletaram-se semanalmente frutos de *Spondias* das árvores e do solo, de fevereiro a maio de 2014. No laboratório foram contados e depositados no interior de bandejas sobre uma camada de vermiculita umedecida com água destilada. As bandejas foram cobertas com organza e, em seguida, colocadas em prateleiras. Após sete a dez dias, a vermiculita era peneirada para obter os pupários. Estes foram contados e colocados em placas de Petri revestida com papel filtro umedecido, onde permaneceram até o surgimento dos adultos de moscas-das-frutas e/ou parasitoides. Os adultos emergidos foram armazenados em recipientes de plástico com álcool a 70% até a identificação das espécies. Foram calculadas as taxas de infestação das moscas-das-frutas, parasitismo natural e frequência de indivíduos de espécies

de parasitoides. Os frutos de cajá, umbu, seriguela, umbuquela e cajarana hospedam *Anastrepha obliqua* e *A. zenilidae*, sendo a primeira a mais infestada nos meses de março e abril. Assim sendo, as *Spondias* devem ser conservadas em seu ambiente natural para garantir a manutenção das populações de parasitoides e, se possível, devem ser cultivadas nos entornos dos pomares de goiabeiras para reduzir as populações de *Anastrepha* spp.

PALAVRAS - CHAVE: Fruticultura, frutas do Nordeste, seriguela, cajá, umbu.

SPONDIAS SPP. AS NATURAL REPOSITORIES OF NATIVE PARASITOIDS OF FRUIT FLIES IN CARIRI CEARENSE

ABSTRACT: The genus *Spondias* have several fruit species of economic interest exploited of extractive manner in the surroundings of guava orchards, with socioeconomic importance for the Northeast region. Its fruits are consumed in natura or processed, of excellent quality and high commercial value, making exploitation viable. These native plants host more parasitoids per fruit than guava trees and few studies have been carried out to understand their relationship with native hosts, as well as, the tritrophic interactions between tefritids, their host plants and associated parasitoids. Aiming to determine the diversity of species of fruit flies and their native parasitoids in *Spondias* spp. from the surroundings of the guava orchards of Crato, Juazeiro do Norte and Barbalha, fruits of *Spondias* were collected weekly from trees and soil, from February to May 2014. In the laboratory, they were counted and deposited inside trays on a layer of vermiculite moistened with distilled water. The trays were covered with organza and then placed on Petri dishes. After seven to ten days, the vermiculite was sifted to obtain pupae. These were counted and placed in Petri dishes coated with filter paper, where they remained until the adult emergence of fruit flies and/or parasitoids. The emerged adults were stored in plastic containers with 70% alcohol until identification. of species. The rates of infestation of fruit flies, natural parasitism and frequency of individuals of parasitoid species were calculated. The fruits of cajá, umbu, seriguela, umbuquela and cajarana host *Anastrepha obliqua* and *A. zenilidae*, the first being the most infested in March and April. Therefore, *Spondias* should be preserved in their natural environment to ensure the maintenance of parasitoid populations and, if possible, they should be cultivated around guava orchards to reduce *Anastrepha* spp populations.

KEYWORDS: Fruit growing, fruits of the Northeast, seriguela, cajá, umbu.

1 | INTRODUÇÃO

O gênero *Spondias* abriga diversas espécies frutíferas de interesse econômico como o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara); a cajazeira (*S. mombin* L.); a serigueleira (*S. purpurea* L.); a cajaraneira (*S. dulcis* Forst) e os híbridos naturais cajá-umbuzeiro, o umbu-cajazeira, cajagueleira e umbugueleira, endêmicas do Nordeste brasileiro. Todas são frutíferas arbóreas, exploradas de forma extrativista ou em pomares domésticos, com importância socioeconômica para as regiões Norte e Nordeste do Brasil. Seus frutos são consumidos na forma *in natura* ou processados, como polpas, sucos, geléias, néctares e sorvetes, de excelente qualidade e alto valor comercial, o que torna viável a exploração

(FONSECA, 2017).

Plantas nativas em estado silvestres abrigam significativamente mais parasitoides por fruto que plantas cultivadas (Aluja et al., 2003) e poucos estudos em áreas com vegetação nativa têm sido realizados para uma melhor compreensão de suas relações com hospedeiros nativos e/ou silvestres, bem como sobre as interações tritróficas entre tefritídeos, suas plantas hospedeiras e parasitoides associados nesses ambientes (Jesus-Barros et al., 2012).

Os parasitoides têm despertado grande interesse no controle biológico de tefritídeos e observamos que os frutos de *Spondias* spp., infestados por mosca-das-frutas, multiplicam-se várias espécies de parasitoides que podem reduzir a população do inseto-praga. Essas vespas, especialmente aquelas pertencentes à família Braconidae, exercem importante papel no controle biológico natural de moscas-das-frutas consideradas pragas (Ovruski et al., 2000).

Portanto, a preservação ou o cultivo de plantas hospedeiras silvestres, que proporcionem elevado índice de parasitismo de larvas das moscas-das-frutas, tem despertado bastante interesse (ALUJA, 1999). No Brasil, há pouca informação sobre espécies de parasitoides associados a tefritídeos em frutos de *Spondias* (BOMFIM et al., 2010).

Assim sendo, o objetivo desta pesquisa foi determinar a diversidade de espécies de mosca-das-frutas e seus parasitoides nativos, em frutos de *Spondias* spp. do entorno dos pomares de goiabeiras do Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha, na região do Cariri cearense.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Devido a sazonalidade de ocorrência das *Spondias* no Cariri cearense, os frutos foram coletados semanalmente, aleatoriamente e de acordo com o período de desenvolvimento dos frutos, de fevereiro a maio de 2014, coletando todos os frutos das árvores e do solo, que apresentassem boas condições para o desenvolvimento das larvas das moscas. O tamanho da amostra variou dependendo da disponibilidade dos frutos no dia da coleta. Em seguida, as amostras foram devidamente rotuladas (frutos, data e local) e levados para o Laboratório de Entomologia Agrícola, da Universidade Federal do Cariri (UFCA), Crato-CE.

No laboratório, os frutos foram contados e depositados no interior de bandejas de plástico brancas com 42 x 27 sobre uma camada de vermiculita de cinco centímetros, umedecida com água destilada, mantendo-a úmida durante todo o período de observação. As bandejas foram cobertas com tecido de organza branco, presos com tiras elásticas e, em seguida, foram colocadas em prateleiras de aço em uma sala sob condições controladas (temperatura $\pm 26^{\circ}\text{C}$, umidade relativa $\pm 60\%$ e fotofase de 12 horas).

Após um período de sete a dez dias, a vermiculita era peneirada para obter os

pupários. Quanto aos frutos, depois de abertos, eles eram substituídos por vermiculita se ainda tivessem larvas.

Os pupários foram contados e colocados em placas de Petri com 10 cm de diâmetro e revestido com papel de filtro umedecido, onde permaneceram até o surgimento dos adultos (moscas-das-frutas e/ou parasitoides). Os adultos emergidos foram armazenados em recipientes de plástico com álcool a 70% até o processo de identificação da espécie.

A identificação das moscas-das-frutas e seus parasitoides foram realizadas no Laboratório de Entomologia Aplicada da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), em Mossoró (RN), por um especialista, de acordo com as chaves taxonômicas elaboradas por Zucchi (2000) e Canal; Zucchi (2000), respectivamente.

As moscas-das-frutas foram identificadas pelo padrão de bandas das asas, padrão torácico e principalmente pela morfometria do seu acúleo feminino. Os parasitoides foram identificados pelas características de suas peças bucais (mandíbula e clipeo), asas e base do propódeo.

As taxas de infestação das moscas-das-frutas (I), parasitismo natural (P) e frequência de indivíduos de espécies de parasitoides (F) foram calculadas através das seguintes fórmulas:

$I = \text{Número de pupários obtidos} / \text{Número de frutos coletados}$

$P = \text{Número de parasitoides emergidos} / \text{Número de moscas emergidas} + \text{número de parasitoides emergidos} \times 100$

$F = \text{Número de indivíduos de uma determinada espécie} / \text{Número total de parasitoides emergidos} \times 100$

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo dos meses de coleta dos frutos de Spondias nos entornos dos pomares de goiabeiras do Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha, coletaram-se 3.338 frutos e destes obtiveram-se 5.341 pupários (Tabela 1). Foram encontradas mais seriguelas em março com 685 frutos, seguida da cajarana com 408, neste mesmo mês. No período estudado, março choveu mais no Cariri, com uma precipitação média mensal de 464,5 mm, seguido do mês de abril, com 200,8 mm e temperatura em torno de 20°C (Figura 1). Segundo Azevedo et al. (2010), o período de maior incidência de moscas-das-frutas em pomares de goiaba no Cariri é o chuvoso e com temperaturas amenas, o que vai de encontro com os resultados obtidos na presente pesquisa.

Spondias	Mês	Nº de frutos	Nº de pupários
Umbu (<i>Spondias tuberosa</i> L.)	Fevereiro	77	230
	Março	51	78
	Abril	295	304
	Maio	0	0
Umbuguela (<i>Spondias</i> sp.)	Fevereiro	80	51
	Março	308	314
	Abril	98	204
	Maio	-	-
Seriguela (<i>Spondias purpurea</i> L.)	Fevereiro	162	600
	Março	685	1.214
	Abril	190	361
	Maio	36	36
Cajarana (<i>Spondias cytherea</i> Sonn.)	Fevereiro	0	0
	Março	408	436
	Abril	342	582
	Maio	36	36
Cajá (<i>Spondias mombin</i> L.)	Fevereiro	0	0
	Março	46	168
	Abril	368	490
	Maio	156	237
Total		3.338	5.341

Tabela 1. Número de frutos de Spondias e pupários encontrados, durante o período de fevereiro até maio de 2014.

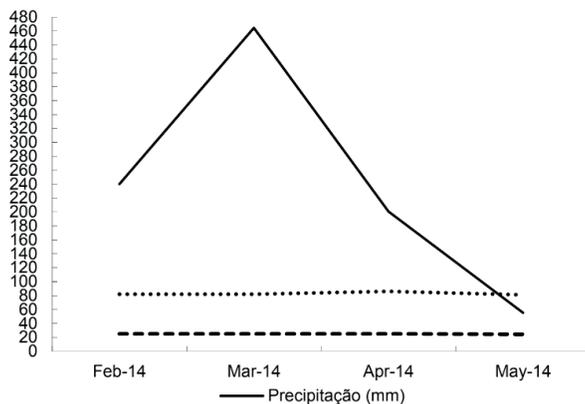


Figura 1. Fatores climáticos obtidos na estação de Barbalha para os meses de fevereiro a maio de 2014.

Observou-se a presença de cinco espécies de *Spondias* hospedando duas espécies de moscas-das-frutas nos entornos dos pomares das goiabeiras (Tabela 2).

Spondias	Mês	<i>Anastrepha obliqua</i>	<i>Anastrepha zenilidae</i>
Umbu	Fevereiro	8	0
	Março	7	0
	Abril	44	0
	Maió	0	0
Umbuguela	Fevereiro	4	0
	Março	52	0
	Abril	42	0
	Maió	0	0
Seriguela	Fevereiro	55	0
	Março	174	0
	Abril	85	3
	Maió	0	4
Cajarana	Fevereiro	0	0
	Março	20	0
	Abril	10	0
	Maió	0	0
Cajá	Fevereiro	0	0
	Março	15	0
	Abril	5	0
	Maió	1	0
	Total	522	7

Tabela 2. Espécies de *Spondias* spp. hospedeiras de espécies de moscas-das-frutas, encontradas no entorno de pomares de goiabeiras do Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha.

A espécie mais abundante foi *Anastrepha obliqua* (Macquart, 1835) com 522 indivíduos (98,7%) e a *Spondia* que hospedou mais esta espécie foi a seriguela com 174 e 85 indivíduos, respectivamente, nos meses de março e abril. Sousa et al. (2016), também observaram que *A. obliqua* foi a espécie mais abundante nos municípios de Oiapoque (n = 85) e Porto Grande (n = 42), no Estado do Amapá. *A. zenilidae* Zucchi (1979) teve menor abundância (n = 7) (1,3%) e também foi encontrada na seriguela em abril e maio com 3 e 4 indivíduos, respectivamente. Já no norte de Minas Gerais o umbu é o mais infestado por moscas-das-frutas (ALVARENGA et al., 2009).

O índice de infestação médio mensal foi maior no cajá (2,17%), seguido pela seriguela (2,09%) (Tabela 3). Já no Estado do Piauí, Araújo et al. (2014) constataram uma infestação de 178,4 pupários/kg de cajá.

Spondias	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Índice (I) médio
Umbu	2,99	1,53	1,03	0	1,85
Umbuguela	0,64	1,02	2,08	0	1,25
Seriguela	3,70	1,77	1,90	1,00	2,09
Cajarana	0	1,07	1,70	1,00	1,26
Cajá	0	3,65	1,33	1,52	2,17

Tabela 3. Índice médio mensal de infestação das Spondias de fevereiro a maio de 2014.

No Brasil, *A. obliqua* é a segunda espécie mais polífaga, infestando 48 hospedeiros de pelo menos oito famílias botânicas, especialmente Anacardiaceae (ZUCCHI, 2008). Os maiores índices de infestação são registrados em espécies do gênero Spondias (CARVALHO et al., 2010).

Além das moscas-das-frutas, ocorreram quatro espécies de parasitóides: *Doryctobracon areolatus* (Szépligeti, 1911) (78,5%), *Asobara anastrephae* (Muesebeck, 1958) (10,9%), *Opius bellus* (Gahan, 1930) (10%) e *Utetes anastrephae* (Viereck, 1913) (0,5%), todos pertencentes à família Braconidae (Tabela 4). Azevedo et al. (2018) também constataram porcentagens de ocorrências semelhantes destes parasitoides em goiabas de um pomar comercial em Barbalha-CE, sendo *D. areolatus* com 75, *A. anastrephae*, 18,4, *U. anastrephae*, 5,3 e *O. bellus*, 0,6% o que demonstra uma boa relação entre as populações de parasitoides nativos entre as goiabeiras e Spondias para as condições do Cariri Cearense, Nordeste do Brasil.

O mês de maior abundância e riqueza destes parasitoides também ocorreu em março, possivelmente devido a uma maior abundância de moscas-das-frutas (Tabela 2). Essas espécies já foram registradas na região do Cariri em goiabas (AZEVEDO et al., 2013; AZEVEDO et al., 2018), além disso, *Doryctobracon areolatus* é a espécie de maior distribuição geográfica no Brasil (TAIRA et al., 2013).

		Parasitoides				
Spondias	Mês	<i>Doryctobracon areolatus</i>	<i>Asobara anastrephae</i>	<i>Opius bellus</i>	<i>Utetes anastrephae</i>	Total
Umbu	Fevereiro	2	0	13	0	15
	Março	0	0	1	0	1
	Abril	2	0	4	0	6
	Mai	0	0	0	0	0
Umbuguela	Fevereiro	12	0	2	0	14
	Março	63	22	8	0	93
	Abril	59	2	7	0	68
	Mai	0	0	0	0	0
Seriguela	Fevereiro	20	0	0	0	20
	Março	193	2	2	0	197
	Abril	47	1	0	0	48
	Mai	0	0	0	0	0
Cajarana	Fevereiro	0	0	0	0	0
	Março	25	9	21	0	55
	Abril	11	2	1	2	16
	Mai	0	0	0	0	0
Cajá	Fevereiro	0	0	0	0	0
	Março	19	18	0	1	38
	Abril	6	5	0	0	11
	Mai	2	3	0	0	5
Total		461	64	59	3	587

Tabela 4. Espécies de parasitoides encontrados nas Spondias, nos entornos dos pomares de goiabeiras do Cariri de fevereiro a maio de 2014.

Esta espécie também foi a mais frequente em fevereiro e março, com 100 e 97,97% de frequência, respectivamente, com média mensal de 98,63 na seriguela, seguido de *O. bellus* com 86,67 e 100%, respectivamente, com média mensal de 84,44 em umbu (Tabela 5).

		Frequência (E) nos meses estudados				
Spondias	Espécie	Fev	Mar	Abr	Mai	Média mensal
Umbu	<i>D. areolatus</i>	13,33	0	33,33	0	23,33
	<i>O. bellus</i>	86,67	100	66,67	0	84,44
Umbuguela	<i>D. areolatus</i>	85,71	67,74	86,76	0	80,07
	<i>O. bellus</i>	14,29	8,6	10,29	0	11,06
	<i>A. anastrephae</i>	0	23,66	2,94	0	13,3
Seriguela	<i>D. areolatus</i>	100	97,97	97,92	0	98,63
	<i>O. bellus</i>	0	1,02	0	0	1,02
	<i>A. anastrephae</i>	0	1,02	2,08	0	1,55
Cajarana	<i>D. areolatus</i>	0	45,45	68,75	0	57,1
	<i>O. bellus</i>	0	38,18	6,25	0	22,22
	<i>A. anastrephae</i>	0	16,36	12,5	0	14,43
	<i>U. anastrephae</i>	0	0	12,5	0	12,5
Cajá	<i>D. areolatus</i>	0	50	54,55	40	48,18
	<i>A. anastrephae</i>	0	47,37	45,45	60	50,94
	<i>U. anastrephae</i>	0	2,63	0	0	2,63

Tabela 5. Frequência de cada parasitoide (E) por mês de estudo em cada Spondia.

Os maiores índices de parasitismo ocorreram no mês de março e a Spondia onde houve maior parasitismo foi o cajá com 60,32% e índice médio mensal de 46,69% (Tabela 6). Adaime et al. (2018) constataram um índice médio de parasitismo em frutos de cajá de 50% dos pupários de moscas-das-frutas no Amapá, resultado este, semelhante ao da presente pesquisa.

Spondias	Índice P (%)				Média mensal
	Fev	Mar	Abr	Mai	
Umbu	55,56	10	4,84	0	17,60
Umbuguela	66,67	47,69	41,72	0	39,02
Seriguela	15,27	35,24	24	0	18,63
Cajarana	0	58,51	39,02	0	24,38
Cajá	0	60,32	55	71,43	46,69

Tabela 6. Índice de parasitismo natural das larvas de *Anastrepha* spp. nas Spondias de fevereiro a maio de 2014.

A espessura da polpa dos frutos atua como barreira ao parasitismo de larvas de moscas-das-frutas por espécies de Hymenoptera: Braconidae e condiciona um baixo parasitismo de larvas em frutos de polpa espessa (HICKEL, 2002). Como o cajá tem uma casca fina, conforme este autor, isso possibilitou uma maior oviposição dos parasitoides na polpa da fruta, possibilitando assim, maior parasitismo das larvas de *Anastrepha* spp.

Adaime et al. (2018) ao discutirem o potencial de três espécies vegetais nativas da Amazônia em atuar na manutenção ou incremento da população de parasitoides de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha*, dentre elas, o cajá, chegaram a conclusão de que estas espécies devem ser conservadas em seus ambientes de ocorrência natural para garantir a manutenção da população de parasitoides e podem ser cultivadas nas bordas dos pomares de fruteiras. Assim, as plantas contribuiriam para a redução das populações das moscas-das-frutas, mas estudos sobre a fenologia das espécies vegetais nos locais de ocorrência natural, detalhando o período de frutificação, o número de frutos produzidos

por planta, a consequente infestação por moscas-das-frutas e o correspondente índice de parasitismo ao longo do ano devem ser realizados.

4 | CONCLUSÕES

Os frutos de cajá, umbu, seriguela, umbuquela e cajarana hospedam *Anastrepha obliqua* e *A. zenilidae*, sendo a primeira a mais infestada nos meses de março e abril para as condições do Cariri cearense.

Estas *Spondias* devem ser conservadas em seus ambientes de ocorrência natural para garantir a manutenção das populações de parasitoides.

Elas também devem ser cultivadas nos entornos dos pomares de goiabas, pois contribuem para reduzir as populações de *Anastrepha* spp.

REFERÊNCIAS

ADAIME R.; LIMA A.L.; SOUSA M.S.M. Controle biológico conservativo de moscas-das-frutas na Amazônia brasileira. **Innovations Agronomiques**, v.64, p.47-59, 2018.

ALUJA, M. Fruit fly (Diptera: Tephritidae) research in Latin America: myths, realities and dreams. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.28, p.565-594, 1999.

ALUJA M., RULL, J.; SIVINSKI, J.; NORRBOM, A.L.; WHARTON, R.A.; MACÍAS-ORDÓÑEZ R.; DÍAZ-FLEISCHER F.; LÓPEZ M. Fruit flies of the genus *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) and associated native parasitoids (Hymenoptera) in the Tropical Rainforest Biosphere Reserve of Montes Azules, Chiapas, Mexico. **Environmental Entomology**, v.32, p.1377-1385, 2003.

ALVARENGA, C.D.; MATRANGOLO, C.A.R.; LOPES, G.N.; SILVA, M.A.; LOPES, E.N.; ALVES, D.A.; NASCIMENTO, A.S.; ZUCCHI, R.A. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e seus parasitoides em plantas hospedeiras de três municípios do norte do Estado de Minas Gerais. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.76, n.2, p.195-204, 2009.

ARAÚJO, A.A.R.; SILVA, P.R.R.; QUERINO, R.B.; SOUSA, E.P.S.; SOARES, L.L. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) associadas às frutíferas nativas de *Spondias* spp. (Anacardiaceae) e *Ximenia americana* L. (Olacaceae) e seus parasitoides no Estado do Piauí, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.4, p.1739-1750, 2014.

AZEVEDO, F. R.; GUIMARÃES, J. A.; SIMPLÍCIO, A. A.F.; SANTOS, H.R. Análise faunística e flutuação populacional de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em pomares comerciais de goiaba na região do Cariri cearense. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.77, n.1, p. 33-41, 2010.

AZEVEDO, F.R.; SANTOS, C.A.M.; NERE, D.R.; MOURA, E.S. Incremento do controle biológico natural de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em pomar de goiaba com valas. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v.23, n.1, p.46-55, 2013.

AZEVEDO, F.R.; ARAUJO, E.L.; SANTOS, I.S.; MORENO, N.B.C.; PEREIRA, M. L. L.; AZEVEDO, R.; ALVES, A.C.L. Fruit flies and parasitoids associated with guava in Barbalha, Ceará, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.13, n.4, e5586, 2018.

BOMFIM, Z.V.; CARVALHO, R. da S.; CARVALHO, C.A.L. de. Relações interespecíficas entre parasitoides nativos de mosca-das-frutas e o braconídeo exótico *Diachasmimorpha longicaudata* em frutos de 'umbu-cajá'. **Ciência Rural**, v.40, p.77-82, 2010.

CANAL, N. A.; ZUCCHI, R.A. **Parasitoides - Braconidae**. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2000. p.119-126.

CARVALHO, R.S.; SOARES FILHO, W.S.; RITZINGER, R. Uumbu-cajá como repositório natural de parasitoide nativo de moscas-das-frutas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n.10, p. 1222-1225, 2010.

FONSECA, N.; MACHADO, C. de F.; SILVA JUNIOR, J. F. da; CARVALHO, R. da S.; RITZINGER, R.; ALVES, R. M.; MAIA, M. C. C. **Uumbu: cajá e espécies afins: *Spondias* spp.** Buenos Aires: IICA/ PROCISUR, 2017. 29 p.

HICKEL, E.R. Espessura da polpa como condicionante do parasitismo de mosca-das-frutas (Diptera: Tephritidae) por Hymenoptera: Braconidae. **Ciência Rural**, v. 32, n.6, p.1005-1009, 2002.

JESUS-BARROS C.R., ADAIME R., OLIVEIRA M.N., SILVA W.R., COSTA-NETO S.V., SOUZA-FILHO M.F. *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) species, their hosts and parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) in five municipalities of the state of Amapá, Brazil. **Florida Entomologist**, v.95, p.694-705, 2012.

OVRUSKI, S.M.; ALUJA, M.; SIVINSKI, J.; WHARTON, R.A. Hymenopteran parasitoids on fruit-infesting Tephritidae (Diptera) in Latin America and the Southern United States: diversity, distribution, taxonomic status and their use in fruit fly biological control. **Integrated Pest Management Reviews**, v.5, p.81-107, 2000.

SOUSA, M.S.M.; BARROS, C.R.J.; YOKOMIZO, G.K.; LIMA, A.L.; ADAIME, R. Ocorrência de moscas-das-frutas e parasitoides em *Spondias mombin* L. em três municípios do Estado do Amapá, Brasil. **Biota Amazônia**, v.6, n.2, p. 50-55, 2016.

TAIRA, T.L.; ABOT, A.R.; NICÁCIO, J.; UCHÔA, M.A.; RODRIGUES, S.R.; GUIMARÃES, J.A. Fruit flies (Diptera, Tephritidae) and their parasitoids on cultivated and wild hosts in the Cerrado-Pantanal ecotone in Mato Grosso do Sul, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.57, n.3, p.300-308, 2013.

ZUCCHI, R.A. **Taxonomia**. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2000. p.13-24.

ZUCCHI, R.A. **Fruit flies in Brazil - *Anastrepha* species and their host plants**. 2008. Disponível em: <http://www.lea.esalq.usp.br/anastrepha>. Acesso em 14 nov. 2020.

SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NO GERENCIAMENTO DE UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL: UMA BREVE REVISÃO

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 06/11/2020

CCAE -UFES/ Departamento de Agronomia,
Alegre- Espírito Santo, <http://lattes.cnpq.br/0919266514567845>.

Alana das Chagas Ferreira Aguiar

Universidade Federal do Maranhão, 65080-805, São Luís, Maranhão, Brasil. <https://orcid.org/0000-0002-1439-4720>.

Larissa Brandão Portela

Universidade Federal do Maranhão, 65080-805, São Luís, Maranhão, Brasil. <https://orcid.org/0000-0003-0212-224X>.

Joab Luhan Ferreira Pedrosa

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias – CCAE -UFES/ Departamento de Agronomia, Alegre- Espírito Santo, <http://lattes.cnpq.br/2092444642938737>.

Gustavo André de Araújo Santos

Departamento de Engenharia e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (FCAV – UNESP), Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s / n, 14884-900 Jaboticabal, São Paulo, Brasil. <https://orcid.org/0000-0002-7922-9902>

Anagila Janenis Cardoso Silva

Universidade Federal do Maranhão, 65080-805, São Luís, Maranhão, Brasil. <https://orcid.org/0000-0003-0581-0179>.

Conceição de Maria Batista de Oliveira

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias – CCAE -UFES/ Departamento de Agronomia, Alegre- Espírito Santo, <http://lattes.cnpq.br/4474403224136026>.

Diogo Ribeiro de Araújo

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias –

RESUMO: Sustentar a produção de alimentos para a população mundial em crescimento, com baixo impacto ambiental retrata um dos maiores desafios do século XXI, tanto que, a utilização de práticas sustentáveis na agricultura está entre os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da Organização das Nações Unida (ONU). Nesse aspecto, novas tecnologias que visem promover uma agricultura sustentável, são necessárias. Uma solução para ajudar neste processo é a utilização substâncias húmicas. Essas substâncias são de grande relevância, pois são responsáveis pela melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo. Portanto, o objetivo com esta revisão foi demonstrar o estado da arte na utilização de substancias húmicas no gerenciamento de uma agricultura sustentável. Observou-se que a aplicação de substâncias húmicas dentro dos sistemas agrícolas pode ser utilizada para auxiliar a absorção de nutrientes pelas plantas, contribuindo assim, para um desenvolvimento de sustentável. Vários trabalhos relatam os efeitos benéficos aplicados diretamente na cultura, como precocidade, aumento no teor de hormônios e melhor desenvolvimento radicular. No entanto, como a maioria das substâncias húmicas

utilizados na agricultura são atualmente derivadas de fontes não renováveis recursos como o carvão, a promoção desta tecnologia também requer o desenvolvimento de novas fontes sustentáveis de produtos húmicos como a utilização de resíduos orgânicos.

PALAVRAS - CHAVE: Bioestimulantes, matéria orgânica, agricultura sustentável, aplicações.

HUMIC SUBSTANCES IN THE MANAGEMENT OF SUSTAINABLE AGRICULTURE: A BRIEF REVIEW

ABSTRACT: Sustaining food production for the growing world population, with low environmental impact, portrays one of the greatest challenges of the 21st century, so much so that the use of sustainable agriculture practices is among the 17 sustainable development objectives (SDGs) of the Organization of the Nations United (UN). In this regard, new technologies that aim to promote sustainable agriculture are necessary. One solution to help in this process is to use humic substances. These substances are of great relevance, as they are responsible for improving the physical, chemical, and biological characteristics of the soil. Therefore, this review aimed to demonstrate the state of the art in the use of humic substances in the management of sustainable agriculture. It was observed that the application of humic substances within agricultural systems can be used to assist the absorption of nutrients by plants, thus contributing to sustainable development. Several studies report the beneficial effects applied directly to the culture, such as precocity, increased hormone content, and better root development. However, as the majority of humic substances used in agriculture are currently derived from non-renewable resources such as coal, the promotion of this technology also requires the development of new sustainable sources of humic products such as the use of organic waste.

KEYWORDS: Biostimulation, organic matter, sustainable agriculture, applications.

1 | INTRODUÇÃO

O desafio do século XXI é adaptar a produção de alimentos saudáveis à uma população em crescimento e, simultaneamente, proteger o meio ambiente. A demanda por alimentos deverá aumentar 2-5 vezes em 2030 e a produção de alimentos deverá aumentar em 60% nas próximas décadas para atender a essas demandas (SINGH et al., 2017).

No século passado, a intensificação da agricultura foi impulsionada por fertilizantes sintéticos. Embora a utilização desses fertilizantes aumente o rendimento das culturas, essa prática, quando utilizada de maneira inadequada e em grandes quantidades também resulta em poluição, perda de biodiversidade e erosão do solo. (SHAH et al., 2019)

Os impactos negativos provenientes da produção de alimentos feita de forma não sustentável continuam a crescer a um ritmo acelerado mesmo com o surgimento de técnicas ou sistemas de produção agrícolas que visem reduzir os impactos ambientais (PORTELA et al., 2018; KOPITTKKE, 2019; SANTOS et al., 2019; PEDROSA., 2020).

Além disso, é amplamente reconhecido que um aumento nas atividades agrícolas assegurado pelo desmatamento de florestas nativas, o uso de fertilizantes sintéticos

e a queima de combustíveis fósseis vão agravar ainda mais os impactos negativos das mudanças climáticas globais levando a uma maior incerteza na segurança alimentar (LAL et al., 2011; KOGO et al., 2020). Portanto, as práticas agrícolas insustentáveis atuais precisam ser inovadas a fim de se tornarem ambientalmente sustentáveis.

O novo desafio é a construção de sistemas de produção de alimentos com base em estratégias alternativas de intensificação ecológica, que promovam a eficiência do uso de nutrientes, reduzam as doenças e a necessidade de controle de pragas, aumente a eficiência do uso da água e sua conservação, e que restaure a fertilidade do solo (XIE et al., 2019). Intensificação ecológica visa reduzir a dependência de insumos externos, mantendo altos níveis de produtividade (GEHRING et al., 2013; KLEIJN, 2019; SENA et al., 2020).

Dentro deste contexto, as substâncias húmicas surgem como produto alternativo feito à base de húmus que podem promover o crescimento das plantas (SCOTTI et al., 2015), com melhor absorção de nutrientes nos diferentes estágios de crescimento e adaptando as plantas às novas formas de produção de alimentos e tendo como principal resposta o aumento da produtividade (EKIN, 2019; WADAS et al., 2020). Diante disso, o objetivo com esta revisão foi demonstrar o estado da arte na utilização de substâncias húmicas no gerenciamento de uma agricultura sustentável.

2 | METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do presente artigo, foi realizada uma revisão de literatura sobre substâncias húmicas na agricultura. A revisão de literatura é uma modalidade de estudo e análise de documentos que possuem natureza científica e remetem as contribuições de diferentes pesquisadores que estudam o tema (DAI et al., 2018). Nessa perspectiva, a pesquisa se baseou em diferentes bases de dados como: Redalyc, Google Scholar, Periódicos Capes, Science Direct, Scopus e Scielo. Como palavras chave foram utilizadas: bioestimulantes, substâncias húmicas matéria orgânica, associações, agricultura sustentável, aplicações. Os artigos científicos citados foram publicados entre o período de 2011/2020.

3 | REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Substâncias húmicas

As substâncias húmicas são produtos resultantes da decomposição microbiana e degradação química da biota do solo, consideradas moléculas orgânicas encontradas em abundância e naturalmente na terra, sendo estas, componentes da matéria orgânica do solo (RASHID et al., 2016). Curiosamente, são dissolvidas também em corpos de água doce, onde foi demonstrado a interação com os organismos presente na água (SUDDARTH., 2019).

No solo, apresentam capacidade de desempenhar importante papel em várias funções, como controlar a disponibilidade de nutrientes, trocas de carbono e oxigênio entre o solo e a atmosfera, e transformação e transporte de produtos químicos tóxicos (JACOBY et al., 2017). Além disso, afetam a fisiologia vegetal e a composição e função dos microrganismos da rizosfera.

Suas atividades estão relacionadas com as suas características estruturais, a categoria geral de substâncias húmicas que inclui:

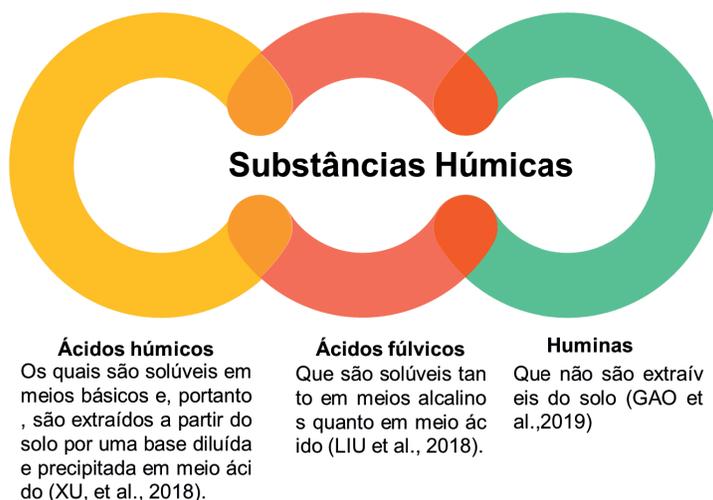


Figura 1. Principais substâncias húmicas.

Além de outras diferenças, por exemplo entre ácidos húmicos e fúlvicos, os húmicos são de elevado peso molecular, enquanto os ácidos fúlvicos são de baixo peso molecular (MOODY, 2020). Nardi et al., (2018) sugerem que a humina deve ser descrita como uma substância que contém ácido húmico, em vez de uma substância húmica separadamente, porque é composta de um agregado de materiais húmicos e não húmicos.

Historicamente, substâncias húmicas foram descritas como, compostos orgânicos refratários de cor escura heterogênea produzida como subprodutos do metabolismo microbiano (URBANOWSKA, 2018) As características estruturais específicas de ácidos húmicos e fúlvicos são ajustadas de acordo com o material orgânico de origem e o momento da sua transformação (RIGOBELLO et al., 2017).

Compreensão da química das substâncias húmicas tem prosperado consideravelmente durante as últimas duas décadas. As substâncias húmicas inicialmente produzidas podem ser modificadas por polimerização, resultando em uma diversidade de pesos moleculares que variam de 500 a 1000000 D (Piccolo et al., 2002). Piccolo et al.,

(2019), relata que a visão tradicional de que substâncias húmicas estão presentes em solos como polímero foi desafiada.

A alternativa apresentada foi a de que substâncias húmicas eram associações supramoleculares de moléculas heterogêneas, relativamente pequenas. Testes de ressonância magnética confirmaram que agregações de misturas moleculares das substâncias húmicas variam nos solos (Al., 2020).

Baveye et al., (2019) acrescentaram que os agregados moleculares das substâncias húmicas incluem estruturas micelares, que são arranjos de moléculas orgânicas em soluções aquosas que formam exteriores hidrofílicos e interiores hidrófobos. O significado funcional deste entendimento estrutural das substâncias húmicas é que qualquer molécula que está intimamente associada com a estrutura micelar não pode ser separada por meios físicos ou químicos (KLEBER et al., 2019).

Lipczynska-Kochany (2018) relatou que substâncias húmicas extraídas do solo continham proteínas, hidratos de carbono, biopolímeros e lignina, que representam as principais classes de compostos em plantas e micróbios. De acordo com esta teoria, estudos anteriores sugeriram que as substâncias húmicas têm apenas um tamanho aparente de massa molecular, que pode ser reversivelmente interrompida por tratamento de soluções húmicas com baixas concentrações de mono-, di-, e tri carboxílicos (PICCOLO et al., 2019).

Mais recente, estudos demonstraram que as propriedades anfífilas dos ácidos orgânicos em exsudatos de raízes podem dissociar-se em tamanho molecular baixo e peso molecular elevado (GERKE, 2018; LIPCZYNSKA-KOCHANY, 2018; OLAETXEA et al., 2018).

Esta nova interpretação suporta a hipótese de que o comportamento conformacional de húmus dissolvido na rizosfera é, portanto, também a interação de componentes húmicos com células radiculares de plantas, e pode ser controlada pela presença de raiz-exsudado ou micróbio liberado de ácidos orgânicos na solução do solo (PICCOLO ET AL., 2019).

3.2 Ácidos Húmicos

Os ácidos húmicos (AHs) são formados por transformações químicas e biológicas da matéria vegetal e animal e de metabolismo microbiano, e representam o principal grupo de carbono orgânico na superfície da terra. Eles contribuem para a regulação de muitos processos ecológicos e ambientais. (GMACH et al., 2020).

Por exemplo, AHs podem sustentar o crescimento das plantas e vida terrestre, em geral, regulamentar tanto carbono do solo e ciclo do nitrogênio, o crescimento das plantas e microrganismos, o destino e o transporte de compostos antropogênicos derivado e metais pesados, bem como a estabilização da estrutura do solo (PICCOLO et al., 2019).

De acordo, com os autores em solução, AHs são descritos como um conjunto de diversos componentes, de massa molecular relativamente baixo que formam associações dinâmicas estabilizada por interações hidrófobas e ligações de hidrogênio, a relação

hidrofílica / hidrofóbico rege a sua reatividade ambiental.

O fracionamento dos AHs as está baseado na sua solubilidade e foi introduzido pela primeira vez em 1837 (LI et al., 2015). Materiais de húmus que são solúveis em soluções aquosas alcalinas, precipitam quando o pH é ajustado para 1-2. Em contraste, os ácidos fúlvicos (AF) permanecem em solução, após os extratos alcalinas aquosas são acidificadas. Esta definição clássica persiste na literatura científica mais velhos, mas quimicamente AHs não são nada mais do que um produto de uma reação de saponificação por extração alcalina de solos e sedimentos.

Os AF como associações de pequenas moléculas hidrófilas em que há um número suficiente de grupos funcionais de ácido para manter os aglomerados fúlvicos dispersos em solução a qualquer pH, enquanto que os AHs são feitos de associações de compostos predominantemente hidrofóbicos (cadeias polymethylenic, ácidos gordos, compostos esteroides) que são estabilizados a um pH neutro por forças hidrofóbicas dispersivos (ZANIN et al., 2019).

Segundo os mesmos autores suas conformações crescem progressivamente de tamanho quando ligações de hidrogênio intermoleculares são formadas com menor pH até matérias húmicas. Nova formação de ligações de hidrogênio intermoleculares e alteração de interações hidrofóbicas pré-existentes explica a interrupção das associações supramoleculares originais da matéria húmicos.

Esta interpretação implica que associações húmicas solúveis são estabilizadas principalmente por forças fracas e que os ácidos orgânicos excretado-radulares (tipicamente presentes na solução do solo). Podem afetar a estabilidade de conformações húmicas e, conseqüentemente, os seus efeitos sobre os processos de plantas (CANELLAS., 2020).

Este conceito sugere que a complexidade molecular húmica pode ser reduzida pela rotura progressiva das interações inter e intra moleculares que estabilizam os complexos supra estruturas, assim, libertando as moléculas individuais húmicos que podem ser isoladas e identificadas por técnicas analíticas combinadas.

Este campo da química analítica foi denominado humeomics (NEBBIOSO et al, 2011). E permite uma avaliação holística dos constituintes químicos das assembleias húmicas, assim, fornecendo a base para a identificação AHs que influenciam o desempenho da planta. Por exemplo, os efeitos de AHs sobre os processos metabólicas específicos das plantas podem agora ser melhor compreendida através humeomics abrindo o caminho para o desenvolvimento de produtos direcionados (bioestimulante de AHs) para uso na agricultura.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

As substâncias húmicas nos solos são produtos da síntese de substâncias fenólicas que formam radicais (moléculas com um elétron livre não pareado) que polimerizam. Eles têm a capacidade única de incorporar uma variedade de moléculas e elementos orgânicos e inorgânicos, incluindo aminoácidos, peptídeos, açúcares, fragmentos de lignina.

Representam importância papel no solo, melhoram características físicas, químicas e biológicas. Físicas, no condicionamento de altas taxas de matéria orgânica adicionada ao solo. Tanto a matéria orgânica fresca quanto a estável que fornecem benefícios, como melhora do cultivo, retenção de água e reservatório de nutrientes.

Químicas, com aumento do crescimento das plantas, relacionado ao aumento da disponibilidade de micronutrientes e, concentrações de metais reduzidas a níveis não tóxicos. No sentido biológico, pode fornecer uma fonte de carbono (C) para os microrganismos do solo, assim como, as substâncias húmicas podem apresentar efeito hormonal nas plantas, e funcionam como um inibidor da urease e um inibidor da nitrificação em algumas circunstâncias.

Além disso, acredita -se que as substâncias húmicas podem ser usadas para adequar fertilizantes, com alta eficiência de uso. Assim como, existe evidências que as substâncias húmicas são caracterizadas por alterações estruturais e fisiológicas em raízes relacionado com absorção de nutrientes, assimilação e de distribuição (traços de eficiência de utilização de nutrientes). Tal como, podem induzir mudanças no metabolismo primário da planta e metabolismo secundário relacionado à tolerância ao estresse abiótico que coletivamente modula o crescimento das plantas.

REFERÊNCIAS

AI, Y. et al. Coagulation mechanisms of humic acid in metal ions solution under different pH conditions: A molecular dynamics simulation. **Science of The Total Environment**, v. 702, p. 135072, 2020.

BAVEYE, P. C. et al. The (bio) chemistry of soil humus and humic substances: Why is the “new view” still considered novel after more than 80 years. **Frontiers in Environmental Science**, v. 7, p. 27, 2019.

CANELLAS, L. P. et al. Plant chemical priming by humic acids. **Chemical And Biological Technologies In Agriculture**, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 1-13, 25 jun. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s40538-020-00178-4>.

DAI, T. et al. Explore semantic topics and author communities for citation recommendation in bipartite bibliographic network. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, v. 9, n. 4, p. 957-975, 2018.

Ekin, Z. Integrated use of humic acid and plant growth promoting rhizobacteria to ensure higher potato productivity in sustainable agriculture. **Sustainability**, 11(12), p.3417. 2019.

GAO, X. et al. Diversity in the mechanisms of humin formation during composting with different materials. **Environmental science & technology**, v. 53, n. 7, p. 3653-3662, 2019.

Gehring, C. et al. Ecological intensification of rice production in the lowlands of Amazonia—options for smallholder rice producers. **European journal of agronomy**, v. 46, p. 25-33, 2013.

GERKE, J. Concepts and Misconceptions of Humic Substances as the Stable Part of Soil Organic Matter: a review. **Agronomy**, [S.L.], v. 8, n. 5, p. 76-85, 17 maio 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy8050076>.

GMACH, M. R. et al. Processes that influence dissolved organic matter in the soil: a review. **Scientia Agricola**, [S.L.], v. 77, n. 3, p. 1-12, 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992x-2018-0164>.

JACOBY, R. et al. The role of soil microorganisms in plant mineral nutrition—current knowledge and future directions. **Frontiers in plant science**, v. 8, p. 1617, 2017.

KLEBER, M. et al. Humic substances extracted by alkali are invalid proxies for the dynamics and functions of organic matter in terrestrial and aquatic ecosystems. **Journal of Environmental Quality**, v. 48, n. 2, p. 207-216, 2019.

KLEIJN, D. et al. Ecological intensification: bridging the gap between science and practice. **Trends in ecology & evolution**, v. 34, n. 2, p. 154-166, 2019.

KOGO, B. K. et al. Climate change and variability in Kenya: a review of impacts on agriculture and food security. **Environment, Development and Sustainability**, p. 1-21, 2020.

KOPITKE, Peter M. et al. Soil and the intensification of agriculture for global food security. **Environment international**, v. 132, p. 105078, 2019.

Lal R, et al., Management to mitigate and adapt to climate change. **J Soil Water Conserv** 66:276 285, (2011).

LI, C. et al. CHARACTERIZATION OF BULK SOIL HUMIN AND ITS ALKALINE-SOLUBLE AND ALKALINE-INSOLUBLE FRACTIONS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 39, n. 1, p. 120-126, fev. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbcsc20150294>.

LIPCZYNSKA-KOCHANY, E. Humic substances, their microbial interactions and effects on biological transformations of organic pollutants in water and soil: A review. **Chemosphere**, v. 202, p. 420-437, 2018.

LIU, P. et al. Structure-property relationship, rheological behavior, and thermal degradability of poly (lactic acid)/fulvic acid amide composites. **Polymers for Advanced Technologies**, v. 29, n. 8, p. 2192-2203, 2018.

MOODY, C. S. A comparison of methods for the extraction of dissolved organic matter from freshwaters. **Water Research**, v. 184, p. 116114, 2020.

NARDI, S. et al. Hormone-like activity of the soil organic matter. **Applied Soil Ecology**, v. 123, p. 517-520, 2018.

- NEBBIOSO, A. et al. Basis of a Humeomics Science: chemical fractionation and molecular characterization of humic biosuprastructures. *Biomacromolecules*, [S.L.], v. 12, n. 4, p. 1187-1199, 11 abr. 2011. **American Chemical Society** (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/bm101488e>.
- OLAETXEA, M. et al. Hypothetical framework integrating the main mechanisms involved in the promoting action of rhizospheric humic substances on plant root- and shoot- growth. **Applied Soil Ecology**, [S.L.], v. 123, p. 521-537, fev. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.06.007>.
- PEDROSA, Joab Luhan Ferreira et al. Yacon potato propagation from herbaceous cuttings with different numbers of buds. **International Journal of Agriculture and Natural Resources**, v. 47, n. 1, p. 46-57, 2020.
- PICCOLO, et al. Soil washing with solutions of humic substances from manure compost removes heavy metal contaminants as a function of humic molecular composition. **Chemosphere**, v. 225, p. 150-156, 2019.
- Portela, L. B., et al., Decomposition and Nutrient Release of Tree Legumes in an Agroforest System. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 8, 2018.
- RASHID, M. et al. Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils. **Microbiological Research**, v. 183, p. 26-41, 2016.
- RIGOBELLO, E. et al. Comparative characterization of humic substances extracted from freshwater and peat of different apparent molecular sizes. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, n. 5, p. 774-785, 2017.
- SANTOS, G. A.A., et al. Effects of long-term no-tillage systems with different succession cropping strategies on the variation of soil CO₂ emission. **Science of the total environment**, v. 686, p. 413-424, 2019.
- SCOTTI, R. et al. Humic acids and compost tea from compost for sustainable agriculture management. In III International Symposium on Organic Matter Management and Compost Use in Horticulture 1146 (pp. 115-120). 2015, April.
- SENA, V.G. et al. Ecosystem services for intensification of agriculture, with emphasis on increased nitrogen ecological use efficiency. **Ecosphere**, 11(2), p.e03028. 2020.
- SHAH, Syed Mahboob et al. Energy-based valuation of agriculture ecosystem services and dis-services. **Journal of Cleaner Production**, v. 239, p. 118019, 2019.
- SINGH, R. et al. Traditional agriculture: a climate-smart approach for sustainable food production. **Energy, Ecology and Environment**, v. 2, n. 5, p. 296-316, 2017.
- SUDDARTH, S et al. Can humic substances improve soil fertility under salt stress and drought conditions. **Journal of Environmental Quality**, v. 48, n. 6, p. 1605-1613, 2019.
- URBANOWSKA, A. et al. Isolation and fractionation of humic substances present in water with the use of anion-exchange resins and ultrafiltration. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 35, n. 4, p. 1211-1217, 2018.

WADAS, Wanda; DZIUGIEŁ, Tomasz. Quality of New Potatoes (*Solanum Tuberosum* L.) in Response to Plant Biostimulants Application. **Agriculture**, v. 10, n. 7, p. 265, 2020.

XIE, H. et al. Prospects for agricultural sustainable intensification: A review of research. **Land**, v. 8, n. 11, p. 157, 2019.

XU, X. et al. Structure, performance and crystallization behavior of poly (lactic acid)/humic acid amide composites. **Polymer-Plastics Technology and Engineering**, v. 57, n. 18, p. 1858-1872, 2018.

ZANIN, L. et al. Humic Substances Contribute to Plant Iron Nutrition Acting as Chelators and Biostimulants. **Frontiers In Plant Science**, [S.L.], v. 10, p. 1-13, 22 maio 2019. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2019.00675>.

TRIAGEM FITOQUÍMICA DE PLANTAS ABORTIVAS DO CERRADO: BARBATIMÃO, BUCHINHA - DO - NORTE, PANÃ, FAVA D'ANTA E TAMBORIL

Data de aceite: 01/02/2021

Janine Kátia dos Santos Alves e Rocha

Centro Universitário Funorte
Montes Claros-Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/0357236214114539>

Neide Judith Faria de Oliveira

Universidade Federal de Minas Gerais, Núcleo
de Ciências Agrárias- ICA/UFMG
Montes Claros-Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/0345263821497163>

Raphael Rocha Wenceslau

Escola de Veterinária da Universidade Federal
de Minas Gerais-UFMG
Belo Horizonte-Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/0891400653799988>

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho caracterizar qualitativamente grupos de metabólitos secundários de cinco espécies de plantas nativas do Cerrado. As amostras das espécies “barbatimão”, “fava d’anta”, “panã”, e “tamboril”, foram coletadas na região do município de Montes Claros, Minas Gerais, Brasil. Os exemplares de “buchinha - do - Norte” foram adquiridos no mercado municipal da referida cidade. O material vegetal foi composto por frutos e sementes, coletados de abril a maio de 2016. Exsiccatas foram preparadas e depositadas no Herbário da Universidade Estadual de Montes Claros para identificação botânica. Os extratos aquosos foram submetidos a reações de caracterização fitoquímica para

identificação de fenóis, taninos, flavonoides, saponinas, esteroides, triterpenos, cumarinas e alcaloides. Os resultados foram considerados positivos por formação de precipitados e surgimento de coloração e espuma e, negativos por ausência dessas características. A partir da triagem Fitoquímica nas espécies analisadas, foi possível verificar a presença de metabólitos secundários, como taninos, flavonoides, cumarinas, triterpenos, esteroides, saponinas e alcaloides que, provavelmente são os principais ativos responsáveis pela ação farmacológica e tóxica das espécies estudadas.

PALAVRAS - CHAVE: Fitoterápicos, intoxicação, metabólitos secundários, plantas tóxicas.

PHYTOCHEMICAL SCREENING OF CERRADO'S ABORTIVE PLANTS: BARBATIMÃO, BUCHINHA - DO - NORTE, PANÃ, FAVA D'ANTA AND TAMBORIL

ABSTRACT: The objective of this work was to qualitatively characterize groups of secondary metabolites of five species of plants native to the Cerrado. Samples of the species *S. adstringens*, *D. mollis*, *A. crassiflora* and *E. contortisiliquum*, were collected in the region of the municipality of Montes Claros, Minas Gerais, Brazil. The *L. operculata* specimens were purchased in the municipal market of that city. The plant material was composed of fruits and seeds, collected from April to May 2016. Exsiccates were prepared and deposited in the Herbarium of the State University of Montes Claros for botanical identification. The aqueous extracts were submitted to phytochemical characterization reactions to

identify phenols, tannins, flavonoids, saponins, steroids, triterpenes, coumarins and alkaloids. The results were considered positive by formation of precipitates and appearance of staining and foam, and negatives due to the absence of these characteristics. From the phytochemical screening in the analyzed species, it was possible to verify the presence of secondary metabolites, such as tannins, flavonoids, coumarins, triterpenes, steroids, saponins and alkaloids, which are probably the main assets responsible for the pharmacological and toxic action of the studied species.

KEYWORDS: Phytotherapics, intoxication, secondary metabolites, toxic plants.

1 | INTRODUÇÃO

No Brasil, o uso da Fitoterapia é amplamente difundido e, na maioria dos casos, a escolha de uma terapia baseada em plantas medicinais ocorre sem orientação médica. Um dos principais problemas dessa utilização é a crença de que produtos de origem vegetal são isentos de reações adversas e efeitos tóxicos (GALLO; KOREN, 2001; CLARKE *et al.*, 2007).

Os vegetais possuem substâncias com propriedades naturais, físicas, químicas ou físico-químicas, capazes de alterar o conjunto funcional e orgânico, em vista da incompatibilidade vital ou condução do organismo às reações biológicas diversas, sendo o grau de toxicidade dependente da dosagem e do indivíduo. Além da função de proteção contra a predação por micro-organismos, insetos e herbívoros, os princípios ativos fitoquímicos exercem efeitos sobre os organismos, podendo ser benéficos ou tóxicos (FERREIRA *et al.*, 2006).

Conforme Rodrigues *et al.* (2013), dentre as reações adversas mais graves causadas pelo uso indiscriminado de plantas medicinais estão os efeitos teratogênico, embriotóxico e abortivo, pois os constituintes desses vegetais podem atravessar a placenta, chegar ao feto e gerar problemas deletérios. Há diversas espécies da flora brasileira com ação abortiva conhecida, como *Stryphnodendron adstringens*, *Luffa operculata*, *Annona crassiflora*, *Dimorphandra mollis* e *Enterolobium contortisiliquum*, entre outras (SOUZA *et al.*, 2007).

A triagem fitoquímica dos extratos aquosos desses vegetais pode revelar metabólitos secundários como fenóis, taninos, flavonoides, saponinas, esteroides, triterpenos, cumarinas e alcaloides que, provavelmente, são responsáveis pela ação abortiva conferida às espécies (SOUZA *et al.*, 2007). Objetivou-se com esse estudo determinar o perfil fitoquímico de *Stryphnodendron adstringens*, *Dimorphandra mollis*, *Luffa operculata*, *Annona crassiflora* e *Enterolobium contortisiliquum*, para identificar a presença de compostos com possível ação abortiva. Após análise de dados, faz-se necessário obter informações sobre os compostos presentes nesses fitoterápicos para que sirvam de referência para futuros trabalhos científicos e contribuam para utilização de maneira segura e eficaz tanto na medicina veterinária quanto na agricultura.

2 | MATERIAIS E METODOS

As amostras das espécies *Stryphnodendron adstringens*, *Dimorphandra mollis*, *Annona crassiflora* e *Enterolobium contortisiliquum*, foram coletadas na comunidade Planalto Rural, situada a aproximadamente 20 km da cidade de Montes Claros, às margens da BR-135, integrando a região Serra Velha. Os exemplares de *Luffa operculata* foram adquiridos no mercado municipal da referida cidade. O material vegetal foi composto por frutos e sementes, coletados de setembro a outubro de 2017. Em seguida, exsiccatas foram preparadas e depositadas no Herbário da Universidade Estadual de Montes Claros para identificação botânica.

O desenvolvimento da extração aquosa dos compostos ativos da planta, a avaliação da granulometria do pó, os processos de filtração e as identificações fitoquímicas do extrato aquoso (Simões *et al.*, 2010; Barbosa *et al.*, 2001; Farmacopeia Brasileira II, 2010) ocorreram no Laboratório de Farmacognosia do Curso de Farmácia das Faculdades Unidas do Norte de Minas (FUNORTE), em Montes Claros - MG. A presença ou ausência dos grupos de metabólitos secundários de *S. adstringens*, *D. mollis*, *A. crassiflora*, *E. contortisiliquum* e *L. operculata* foi verificada de forma qualitativa, a partir da observação das reações químicas características, indicando a presença de resultado positivo ou negativo para cada grupo e constituinte analisado.

Os extratos aquosos foram submetidos a reações seriadas de caracterização fitoquímica: **fenóis e taninos**, reação com cloreto férrico, gelatina, acetato de cobre e chumbo; **flavonoides**, reação com magnésio granulado e ácido clorídrico; **saponinas**, teste de espuma-agitação; **esteroides e triterpenos**, extração com clorofórmio anidrido acético e ácido sulfúrico; **cumarinas**, em observação sob a luz ultravioleta e para **alcaloides**, utilizou-se reativo de Dragendorff. Antes da operação extrativa do pó, das sementes e cascas de frutos de *S. adstringens*, *D. mollis*, *E. contortisiliquum*, *A. crassiflora*, *L. operculata*, procedeu-se à pulverização integral das amostras vegetais, em moinho de facas do tipo *Willey*, em sistema contínuo (SONAGLIO *et al.*, 2007).

Após a moagem, o material foi embalado em envelopes de cartolina e acondicionado em bandejas de polipropileno. As bandejas permaneceram armazenadas por período integral, em estantes, com temperatura constante, 25°C ± 2°C, ao abrigo de luz e umidade até o momento do uso. Padronizou-se o diâmetro das partículas, com tamis oficial correspondente a 425 µm, facilitando a extração por solvente (água destilada) na proporção de 100g/1000 mL por aumentar a superfície de contato entre as fases da suspensão (BARDAL, 2011).

Os extratos foram preparados a partir da pesagem de 100 g do pó das sementes e cascas do fruto de cada espécie vegetal. O material foi separado, sendo 40g suspensos em 200 mL de água destilada e colocado em banho-maria a 70°C por 10 minutos, com agitação realizada entre 10 a 15 minutos, filtrando em gaze e, logo após em papel filtro com poros.

Em seguida, os extratos obtidos foram acondicionados em vidros âmbar, armazenados por 72 horas, protegidos da luz e sob refrigeração de $5 \pm 3^\circ\text{C}$ para evitar interferências de possíveis reações de oxidações, reduções e modificações dos constituintes polifenólicos por polimerização (GABBARDO, 2009).

Procedeu-se a identificação fitoquímica dos extratos aquosos de *S. adstringens*, *D. mollis*, *E. contortisiliquum*, *A. crassiflora* e *L. operculata*, sempre em triplicata. A identificação e diferenciação dos taninos foi determinada por constituição qualitativa inespecífica da planta (FARMACOPEIA BRASILEIRA II, 2010; MELLO, 2010; SOUZA *et al.*, 2007).

Realizaram-se reações dos extratos vegetais, nas quais os compostos tânicos precipitaram soluções proteicas de gelatina a 2,5% (p/v) e complexaram com íons metálicos, como acetato de cobre a 4% (p/v), acetato de chumbo a 10% (p/v) e cloreto férrico a 1% (p/v) (MONTEIRO *et al.*, 2005).

A adição de duas gotas da solução de gelatina em cada tubo de ensaio, com os diferentes extratos, indicou reação positiva caracterizada por turvação e/ou precipitação. Posteriormente, foram adicionadas três gotas de solução acetato de cobre a 4% e acetato de chumbo a 10% (p/v) aos extratos, avaliando a turvação e precipitação das amostras (BARBOSA *et al.*, 2001).

Para diferenciar taninos hidrolisáveis e condensados, empregaram-se os métodos qualitativos específicos: reação com cloreto férrico (FeCl_3) a 2% (p/v) em metanol, para identificar taninos hidrolisáveis; reação com a vanilina a 1% (p/v) em meio metanólico e ácido, a qual indica taninos condensados (FARMACOPEIA BRASILEIRA II, 2010; MELLO, 2010). Em tubos de ensaio contendo dois mL de cada extrato, adicionaram-se três gotas de solução alcoólica de FeCl_3 , agitando fortemente. A coloração verde ou azul nos tubos de ensaio será indicativo de acordo com a espécie estudada (FARMACOPEIA BRASILEIRA II, 2010).

Para a identificação de flavonoides, utilizou-se a reação de Shinoda, cloreto de alumínio e Pew. Para a reação de Shinoda, adicionou-se dois mL dos extratos alcoólicos nos tubos de ensaio e seis fragmentos de Magnésio (Mg) metálico em cada um. Em seguida, acrescentou-se um mL de ácido clorídrico (HCl) concentrado (MIRANDA *et al.*, 2013). Procedeu-se à análise utilizando-se a reação de cloreto de alumínio (AlCl_3), umedecendo áreas diferentes de tiras de papel de filtro com os extratos aquosos. Colocou-se sobre as bordas do papel uma gota de solução de cloreto de alumínio a 5%, comparando fluorescência sob luz ultravioleta. A pesquisa será positiva para presença de flavonoides se houver a intensificação de fluorescência com presença de coloração verde amarelada (BARBOSA, 2001).

Para a reação de Pew, foram adicionados três mL das amostras vegetais em cinco cápsulas de porcelana e levados ao banho-maria até desidratação total. Logo após, adicionou-se três mL de metanol e transferiu-se o conteúdo das cápsulas para tubos de ensaio. Acrescentou-se cinco fragmentos de zinco metálico e três gotas de HCl concentrado.

Poderá ser observado o desenvolvimento lento de coloração vermelha, indicativo para reação positiva de flavonoides (MIRANDA *et al.*, 2013).

Para identificação de saponinas os testes foram considerados positivos por causa da formação permanente de espuma ou colarinho após a solução ser aquecida e, posteriormente agitada por 15 segundos. Essa característica ocorre em função da ausência da tensão superficial da água e da natureza anfifílica da molécula saponosídica (SIMÕES *et al.*, 2010).

A reação de Liebermann - Burchard, anidrido acético - ácido sulfúrico foi utilizada para determinação de esteroides e triterpenos presentes nos extratos aquosos dos vegetais. Em tubos contendo os extratos das plantas em estudo, foram adicionados dois mL de clorofórmio para a dissolução dos mesmos. Após esse processo, a solução clorofórmica foi filtrada em funil fechado com algodão e transferida para outro tubo. Em seguida, adicionou-se um mL de anidrido acético, agitando suavemente. Logo após, foram acrescentadas três gotas de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) sob agitação e observado o desenvolvimento de coloração azul e verde características da reação (MACEDO *et al.*, 2007).

Preparou-se a solução extrativa com cinco mL do extrato vegetal em 20 mL de água fervida a 100 °C. Após filtração, adicionou-se HCl 1 M, até que fosse alcançado pH igual a 1. A solução acidificada foi submetida à partição líquido-líquido com 10 mL de éter etílico. A fase etérea foi concentrada até metade de seu volume inicial e aplicada em duas manchas na borda do papel filtro. Em uma das manchas foi adicionada uma gota de NaOH 1M, sendo esta observada à luz UV (365 nm); na outra nada foi aplicado. O aparecimento de fluorescência, no primeiro caso, será indicativo da presença de cumarinas (BARBOSA *et al.*, 2001).

Para confirmação do resultado, em tubo de ensaio colocaram-se dois mL da solução metanólica, tampou-se com papel filtro impregnado em solução 10% de NaOH e levou-se a banho-maria a 100°C, por cinco min. Removeu-se o papel de filtro e examinou-se sob luz UV. A fluorescência amarela poderá confirmar a presença de cumarinas.

Para a identificação de alcaloides, dividiu - se os filtrados de cada amostra vegetal em duas porções denominadas A e B. Desenvolveu-se a pesquisa direta na porção A, com distribuição do filtrado de cada planta em dois tubos de ensaio de 10 mL, gotejando os reagentes, 1 a 2 gotas, fazendo comparação com o branco (PEREIRA; OLIVEIRA; LEMOS, 2004).

A pesquisa confirmatória foi feita com a porção B dos extratos aquosos, adicionando-se hidróxido de amônio (NH_4OH) diluído até que o pH ficasse básico entre oito e nove. Posteriormente, foram acrescentados sete mL de clorofórmio ($CHCl_3$) com extração cautelosa por 10min. Após decantação, a camada clorofórmica foi transferida para cápsula de porcelana, aquecida em banho-maria até secura total do material. Dissolveu-se o resíduo em cinco mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) a 1%, distribuiu-se a mistura em oito tubos de ensaio e gotejou - se os reagentes e observou-se. O resultado será positivo

quando houver turvação e precipitação, com aparecimento de cor alaranjada a vermelho (PEREIRA; OLIVEIRA; LEMOS, 2004).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes realizados com sementes e cascas de frutos das espécies foram positivos por causa da formação de precipitados e surgimento de coloração e espuma e, negativos quando não foi possível observar tais características (Tabela 1).

PLANTAS ESTUDADAS			CLASSE DE METABÓLITO PESQUISADA							
Nome Científico	Nome Popular	Partes	Fenóis	Taninos		Flavonoides	Saponinas	Esteroides/ triterpenos	Cumarinas	Alcaloides
				Condensados	Hidrolizáveis					
<i>S. adstringens</i> (HMC 5769)	Barbatimão	Sementes	+	+	-	+	+	-	+	+
		Cascas de frutos	+	+	-	+	+	-	+	+
<i>D. mollis</i> (HMC 314)	Fava d'anta	Sementes	+	-	+	+	+	+	+	+
		Cascas de frutos	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>E. contortisiliquum</i> (HMC 554)	Tamboril	Sementes	+	-	+	+	+	+	+	+
		Cascas de frutos	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>A. crassiflora</i> (HMC 326)	Panã	Sementes	+	+	-	+	+	+	+	+
		Cascas de frutos	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>L. operculata</i> (HMC 5770)	Buchinha - do - Norte	Sementes	+	-	+	-	+	+	-	+
		Cascas de frutos	+	-	+	-	+	+	-	+

Tabela 1-Triagem fitoquímica dos extratos aquosos de *S. adstringens*, *D. mollis*, *E. contortisiliquum*, *A. crassiflora* e *L. operculata*

Legenda: (+) Presença da classe dos compostos secundários; (-) ausência das classes dos compostos secundários.

Observou-se a presença de taninos totais nos extratos das plantas, pela formação de precipitados e decantados nítidos. Os tubos contendo os extratos de sementes e cascas de frutos de “panã” e “barbatimão” indicaram a presença de taninos condensados

ou catéquicos (Tabela 1). Os resultados desse estudo foram semelhantes aos verificados por Souza *et al.* (2007) e Mello *et al.* (2010). No entanto, os extratos de “fava d’anta”, “buchinha-do-norte” e “tamboril” apresentaram taninos hidrolisáveis ou gálicos. No que refere à aplicação terapêutica, os taninos previnem a peroxidação de lipídios e degradação de nucleotídeos (PIETTA, 2000), e aceleram o processo de cicatrização (PANIZZA *et al.*, 1988).

O desenvolvimento das colorações laranja e avermelhada na presença do reativo de Shinoda indicaram flavonoides nos extratos de “barbatimão”, “fava d’anta”, “panã” e “tamboril”, não sendo esses metabólitos encontrados nos extratos de sementes e cascas de frutos de buchinha-do-Norte.

Conforme Macedo *et al.* (2007), os flavonoides são de interesse econômico, principalmente farmacológico, pois possuem atividades antiinflamatórias, antioxidantes e antivirais, entre outras. Esses compostos naturais estão entre os mais disseminados no reino vegetal, registrando-se aproximadamente a dois mil compostos, no estado livre ou como glicosídeos. As funções são variadas, constituindo substâncias do estresse de metabólitos ou moléculas sinalizadoras presentes nas plantas. Segundo o mesmo autor, é possível observar efeito cardioprotetor capaz de reduzir a mortalidade por doenças coronárias, atividade antiperoxidativa em nível das membranas celulares do fígado, ação antibacteriana; inibição da atividade da tirosina kinase dos produtos oncogênicos e da síntese de DNA nas células tumorais, impedindo assim a proliferação celular anormal. Ainda, apresenta ação antidiarreica, proteção solar, estrogênica e benzodiazepínica (COSTA, 2013).

A formação de espuma estável em tubo de ensaio, por intermédio de agitação vigorosa dos extratos, revelou a presença de saponina espumídica em todas as amostras (Tabela 1). Plantas que apresentam esses compostos possuem ações farmacológicas, tais como hipocolesterolemiantes, expectorantes e cicatrizantes (LOPES *et al.*, 2009). As saponinas também têm sido associadas às atividades hemolítica, antiviral, antiinflamatória (SIMÕES *et al.* 2010) e na redução da falha congestiva cardíaca por inibição do efluxo celular de íons sódio (Na^+) (SCHNEIDER; WOLFLING, 2004).

Os resultados para esteroides e triterpenoides foram negativos para os extratos do barbatimão, quando em comparação com o extrato bruto, após a reação de Lieberman - Burchard. No entanto, foram positivos para sementes e cascas de frutos das outras espécies analisadas nesse trabalho. Não foi possível observar cumarinas no extrato aquoso de buchinha – do - Norte, porém foram identificadas em *S. adstringens*, *D. mollis*, *E. contortisiliquum* e *A. crassiflora*.

4 I CONCLUSÃO

Nas plantas estudadas, os constituintes fitoquímicos identificados foram fenóis, taninos, flavonoides, saponinas, cumarinas, esteroides, terpenoides e alcaloides, que sugerem potencialidade tóxica, podendo também estar associados a atividades farmacológicas como antiinflamatória, antifúngica, antioxidante e antimicrobiana. Nesse sentido, é importante o desenvolvimento de novas pesquisas para quantificar e avaliar os metabólitos presentes nos vegetais, que possuem efeitos tóxicos sobre a reprodução animal, a fim de direcionar ações preventivas e reduzir casos de intoxicação.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, W. L. R. *et al.* **Manual para análise fitoquímica e cromatográfica de extratos vegetais.** Edição revisada, Belém: Editora UFPA, 2001, p. 19.

BARDAL, D. **Atividade antimicrobiana de barbatimão *Stryphnodendron adstringens* (Martius) Coville em agentes causadores da mastite.** 2011. 180 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros. 2011. Disponível em: <bibliotecadigital.ufmg.br>. Acesso em: 14 out. 2015.

BRASIL. **Farmacopéia Brasileira.** Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: ANVISA, v. 2, p. 671 - 675, 2010.

CLARKE, J.H.R. *et al.* **Um alerta sobre o uso de produtos de origem vegetal na gravidez.** Infarma, Brasília, v.19, n.1/2, p.41-8, 2007. Disponível em:< revistas. Cff . Org . br/?journal = infarma & page = article & op = view & path % 5B%5D=223&path%5B%5D=211>. Acesso em: 15 out. 2015.

COSTA, M. A. *et al.* **Acute and chronic toxicity of an aqueous fraction of the stem bark of *Stryphnodendron adstringens* (Barbatimão) in Rodents.** Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, New York, v. 1, n.2, p. 1-9, 2013.Disponível em:< journals/ecam/2013 /841580 /ref />. Acesso em: 15 out. 2015.

FERREIRA, E. V. *et al.* **Poisoning by *Stryphnodendron fissuratum* (Mimosoideae) in cattle.** Pesquisa Veterinária Brasileira, Rio de Janeiro, v. 29, n. 11, p. 951 - 957, 2006. Disponível em: < pdf / pvb /v2 9n11/a15 v2911. pdf>. Acesso em 20 de jun. 2017.

GABBARDO, M. **Borras finas e manoproteínas na maturação de vinho tinto Cabernet Sauvignon.** 2009. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia Agroindustrial) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2009. Disponível em: <livros01.livrosgratis.com.br/cp128271.pdf>. Acesso em: 08 de out. 2015.

GALLO, M.; KOREN, G. **Can herbal products be used safely during pregnancy? Focus on *Echinacea*.** Canadian Family Physician, Toronto, v. 47, p.1727 - 8, 2001. Disponível em: <nbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2018561/pdf/11570295.pdf>. Acesso em: 08 de out. 2015.

LOPES, G. C. *et al.* **Determinação quantitativa de taninos em três espécies de *Stryphnodendron* por cromatografia líquida de alta eficiência.** Brazilian Journal Of Pharmaceutical Sciences, São Paulo, v. 45, n. 1, p. 135-143, 2009. Disponível em: <org/1 0 1 5 9 0 / S 1 9 8 4-8 2 5 0 2 0 0 9 0 0 100017>. Acesso em: 18 out. 2015.

MACEDO, F. M. *et al.* Triagem **fitoquímica do barbatimão** [*Stryphnodendron adstringens* (Mart) Coville]. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 1166 - 1168, 2007. Disponível em: <ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/download/1026/765>. Acesso em: 18 de out. 2015.

MELLO, R. R. *et al.* **Características farmacobotânicas, químicas e biológicas de *Syzygium alaccense* (L.)**. *Revista Brasileira de Farmácia*, São Paulo, v. 90, n. 4, p. 298 - 302, 2010. Disponível em: <files/pag298302caracteristicasfarmacobotanicas22090-4.pdf>. Acesso em: 18 out. 2015.

MIRANDA, G. S. *et al.* **Atividade antibacteriana in vitro de quatro espécies vegetais em diferentes graduações alcoólicas**. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, Campinas, v. 15, n. 1, p. 104 - 111, 2013. Disponível em: <scielo.br/pdf/rpmv15n1/a5v15n1.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2016.

MONTEIRO, J. M. *et al.* **Taninos: uma abordagem da química à ecologia**. *Química Nova*, São Paulo, v. 28, n. 5, p. 892 - 896, 2005. Disponível em: <pdf/qn/v28n5/25920.pdf>. Acesso em: 18 out. 2016.

PANIZZA, S. *et al.* *Stryphnodendron barbadetiman* (vellozo) **martius: teor em tanino na casca e sua propriedade cicatrizante**. *Revista de Ciências Farmacêuticas*, v. 10, n. 1, p. 101-106, 1988. Disponível em: <projetos.Extras.ufg.br/conpeex/20062-TalitaDayanePereiraeSilva.pdf>. Acesso em: 10 out. 2016.

PEREIRA, R. C.; OLIVEIRA, M. T. R.; LEMOS, G. C. S. **Plantas utilizadas como medicinais no município de Campos de Goytacazes, Rio de Janeiro**. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 14, n. 1, p. 37-40, 2004. Disponível em: <pdf/rbfar/v14s0/a15v14s0.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2016.

PIETTA, P.G. 2000. **Flavonoids as antioxidants**. *Journal of Natural Products*, Washington, v. 63, n. 7, p. 1035-1042. Disponível em: <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/np9904509>. Acesso em: 22 abr. 2016.

RODRIGUES, D. F. *et al.* **O extrato da casca de barbatimão, *Stryphnodendron Adstringens* (Martius) Coville, na cicatrização de feridas em animais**. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 1583 – 1601, 2013. Disponível em: <enciclop/2013a/agrarias/o%20extrato%20da%20casca.pdf>. Acesso em: 08 out. 2015.

SCHNEIDER, G.; WOLFLING, J. **Synthetic cardenolides and related compounds**. *Current Organic Chemistry*, Budapeste, v. 8, n. 14, p. 1381- 1403, 2004.

SIMÕES, C. M. O. *et al.* **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6. ed. Santa Catarina: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010. p. 1102 - 1112.

SONAGLIO, D. *et al.* **Desenvolvimento tecnológico e produção de fitoterápicos**. In: SIMÕES, C. M. O. **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 6. ed. Santa Catarina: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. p. 289 - 326.

SOUZA, T. M. *et al.* **Bioprospecção de atividade antioxidante e antimicrobiana da casca de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Leguminosae - Mimosoidae)**. *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada*, Araraquara, v. 28, n. 2, p. 221-226, 2007. Disponível em: <serv-bib.fcfa.unesp.br/seer/index.php/Cien_Farm/article/viewFile/334/320>. Acesso em: 02 out. 2015.

CAPÍTULO 25

UMA REVISÃO SOBRE O CULTIVO DA MANDIOCA NO MARANHÃO, BRASIL

Data de aceite: 01/02/2021

Nítalo André Farias Machado

Universidade Federal do Maranhão
Chapadinha – Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/3622313041986385>

João Pedro Santos Cardoso

Universidade Federal do Maranhão
Chapadinha – Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/1057085207810749>

Misael Batista Farias Araújo

Universidade Federal do Maranhão
Chapadinha – Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/4063600565908413>

Hosana Aguiar Freitas de Andrade

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza – Ceará
<http://lattes.cnpq.br/5602619125695519>

Kleber Veras Cordeiro

Universidade Federal do Maranhão
Chapadinha – Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/7585883012639032>

Edson Dias de Oliveira Neto

Universidade Federal do Piauí
Teresina – Piauí
<http://lattes.cnpq.br/0352200936030311>

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos

Universidade Federal do Maranhão
Chapadinha – Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/0720581765268326>

Jorge Ricardo Dos Santos Faro

Agência Estadual de Pesquisa Agropecuária e
Extensão Rural do Maranhão
Santana do Maranhão – Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/6774105276796906>

RESUMO: A geração de conhecimento para ganhos na produção de mandioca em pequenas comunidades no Maranhão pode representar uma poderosa ferramenta de transformação social, geração de renda e segurança alimentar. Nesse contexto, o objeto do presente estudo foi elaborar uma revisão sistemática de literatura sobre o cultivo de mandioca, com ênfase na produção no estado do Maranhão, Brasil. Assim, são abordados sobre as práticas de manejo relacionadas ao cultivo da mandioca, desde o preparo do solo, passando pelo plantio, tratamentos fitossanitários e adubação e colheita. Espera-se com esse estudo fornecer informações básicas para incentivar e facilitar o cultivo da mandioca, especialmente para o Leste Maranhense.

PALAVRAS - CHAVE: agricultura familiar, manejo, *Manihot esculenta* C.

ABSTRACT: The generation of knowledge for gains in cassava production in small communities in Maranhão can represent a powerful tool for social transformation, income generation and food security. In this context, the object of the present study was to elaborate a systematic review of the literature on the cultivation of cassava, with an emphasis on production in the state of Maranhão, Brazil. Thus, we are approached about the management practices related to the cultivation

of cassava, from the preparation of the soil, through planting, phytosanitary treatments and fertilization and harvesting. This study is expected to provide basic information to encourage and facilitate the cultivation of cassava, especially for the East of Maranhão.

KEYWORDS: family farming, management, *Manihot esculenta* C.

1 | INTRODUÇÃO

No Brasil, o cultivo da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é considerada uma das culturas de maior importância socioeconômica, especialmente para região nordeste, onde é explorada por muitos agricultores familiares (SILVA et al., 2017). Sua exploração ocorre basicamente em duas modalidades, os cultivos destinados à subsistência e/ou consumo animal e as lavouras comerciais com grandes extensões, cujo consumo principal é das fecularias ou farinhas, com faturamento em torno de 12 bilhões de reais (COELHO, 2018).

No estado do Maranhão a exploração vegetal configura-se como uma das principais alternativas de renda para de diversas famílias, e por isso pode ser considerada uma ferramenta importante para o desenvolvimento econômico de pequenas comunidades que pratiquem sistemas de produção ajustados para atender o mercado interno, contribuindo para a geração de emprego e renda local. Uma das principais culturas exploradas pelos agricultores maranhenses é a da mandioca (SOUZA et al., 2008).

Uma das principais particularidades do cultivo da mandioca no Maranhão consiste sob o ponto de vista alimentar, sobre sua ocupação de mão-de-obra agrícola ser familiar e na sua maioria com alto grau de analfabetismo, e pelo fato de que, no estado do Maranhão aproximadamente 85% da produção de mandioca é colhida em propriedades de até 50 hectares (IBGE, 2012), ou seja, em pequenas áreas.

A maior parte das áreas cultivadas de mandioca no Maranhão caracterizam-se pela utilização da agricultura itinerante de derruba-queima ou como é popularmente conhecida a roça no toco, um sistema de uso do solo bastante controverso no ponto de vista da qualidade ambiental, com baixo uso de insumos e mão de obra estritamente familiar. Nesse contexto, o objeto do estudo foi realizar um levantamento sistematico de literatura sobre o cultivo de mandioca, com ênfase na produção no estado do Maranhão, Brasil.

2 | REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Mandiocultura

2.1.1 Aspectos Gerais

O nome científico da mandioca é *Manihot esculenta* Crantz, da família Euphorbiaceae, que é originária de seu maior produtor sul americano, o Brasil; é amplamente usada na

alimentação humana e animal. Ela é cultivada em outros países da América do Sul e em outros continentes, como o africano, cujo maior produtor é a Nigéria; e no continente asiático, sendo a Tailândia, a maior produtora (LODY, 2013).

O Brasil é o quarto maior produtor de mandioca do mundo, a nível regional, o Nordeste se destaca como o maior produtor, sendo que a Bahia, junto com a produção do Pará e Paraná representaram quase metade da produção nacional (CONAB, 2017). A produção brasileira esteve estacionada ao redor de 25 milhões de toneladas anuais nos últimos 30 anos, enquanto que em outros países a produção aumentou de forma significativa, principalmente, para alimentação humana e, também, industrial.

Segundo dados do IBGE (2018) os principais estados produtores são: Pará (3.760.148 toneladas), Paraná (3.480.812 toneladas), Bahia (1.527.575 toneladas), Maranhão (1.254.916 toneladas) e São Paulo (1.075.953 toneladas). A cultura da mandioca é explorada em duas modalidades, os cultivos destinados à subsistência e/ou consumo animal e as lavouras comerciais com grandes extensões, cujo consumo principal é das feculares ou farinheiras.

A Região norte guarda muita semelhança com o Nordeste do Brasil, pois ambas destinam suas produções principalmente para o consumo humano, através de uso “in natura”, e a maior parte, em farinha, gomas, beijus, tapiocas, entre outros. No Nordeste os principais produtores são a Bahia, Maranhão e Ceará, já na região Norte o estado do Pará tem maior destaque (FELIPE et al., 2010; MUNIZ, 2018).

No caso da Região Sudeste que apesar de ser menos representativa, com pouco mais de 10% da produção brasileira, possui o principal polo de comercialização do país, localizado na cidade de São Paulo. O estado de Minas Gerais, com suas fábricas de polvilho azedo, se destaca na região do Triângulo Mineiro, cujo produto se destina ao consumo humano, em especial nas fábricas de pão de queijo e de bolachas (SEAB/DERAL, 2012).

A região Sul conta com o maior número de indústrias, principalmente as de fécula, consideradas em sua maioria de médio e grande porte. O Estado do Paraná é o principal produtor, responde em média por 70% da produção agrícola na Região Sul e contribui com cerca de 60% a 65% do volume brasileiro de fécula. Santa Catarina é considerado pioneiro na industrialização de fécula e, atualmente, sua participação é bastante reduzida, pois muitas de suas indústrias de fécula foram transferidas para o Estado do Paraná, durante a década de 80 (MUNIZ, 2018).

2.1.2 Contexto do Maranhão

No Maranhão, o cultivo da mandioca é uma atividade de grande importância social, visto congregar um contingente de trabalhadores e produtores que mantêm vivas suas tradições e relações familiares. É produzida principalmente por produtores familiares com pouco uso de tecnologias (PINHEIRO, 2019).

A mandioca na região Nordeste do Brasil representa a principal fonte de energia para uma grande parcela da população. A concentração na produção de produtos derivados de suas raízes corresponde a 25% da produção nacional, sendo que o Maranhão ocupa a 2ª posição no nordeste em área plantada (SAGRIMA, 2016; GOMES, 2018).

Segundo IBGE (2020), em 2019 a estimativa da produção de mandioca foi de 20,2 milhões de toneladas, evidenciando um aumento de 4,2% quando comparado ao ano anterior (2018). Esforços do governo estadual com o plano mais IDH e parcerias público/privado para facilitar a comercialização do amido da mandioca para produção de cervejas podem ser apontadas com os fatores dos ganhos em produção.

No entanto, a produtividade média é muito abaixo se comparado ao potencial produtivo da cultura, o que pode ser relacionado ao manejo inadequado, utilização de material de plantio de baixa qualidade e falta de insumos (CARVALHO et al., 2009). De acordo com Vieira et al. (2015) o cultivo de mandioca é realizado com baixo grau tecnológico e falta de melhoramento genético, o que favorece a susceptibilidade a doenças, baixos níveis produtivos e na qualidade da produção.

2.2 Manejo

A mandioca é cultivada em todas as regiões brasileiras, é uma espécie adaptada às mais diversas condições edafoclimáticas, resistente à seca e tem boa produção em solos ácidos de baixa fertilidade (ARAÚJO et al., 2019). Por esse motivo, vem sendo explorada, basicamente, por pequenos produtores, em áreas marginais de agricultura, devido à sua rusticidade e à capacidade de produzir relativamente bem em condições em que outras espécies sequer sobreviveriam (FIALHO; VIEIRA, 2011; STAUT, 2012).

A mandioqueira tolera bem solos ácidos, porque suporta alto nível de saturação com alumínio, mas é muito susceptível à salinidade e; a faixa ideal de pH para o cultivo da mandioca situa-se entre 5 e 6 (ABREU et al., 2008). Como o principal produto da mandioca são as raízes, necessita-se de solos profundos e friáveis (soltos), sendo ideais os solos arenosos ou de textura média, por possibilitarem um fácil crescimento das raízes, pela boa drenagem e pela facilidade de colheita (MATTOS; CARDOSO, 2003).

Os solos argilosos são indesejáveis para o cultivo, especialmente por serem compactados, o que dificulta o crescimento das raízes, bem como apresenta um maior risco de encharcamento, o que pode provocar o apodrecimento das raízes. Além disso, solos argilosos resultam em um processo de colheita com maior dificuldade, principalmente se a mesma coincidir com a época seca do ano (SOUZA; SOUZA, 2001).

O preparo do solo é fundamental, pode ser feito com uma aração e duas gradagem, tal prática visa melhorar as condições físicas do solo para a brotação das manivas, favorecendo o crescimento das raízes e das partes vegetativas, em decorrência do aumento da aeração, infiltração de água e redução da resistência do solo ao crescimento radicular (FASIMIRIM; REICHERT, 2011), além de permitir o uso mais eficiente da calagem,

adubação e de outras práticas agronômicas.

Segundo Rós, Hirata e Natira (2013), a utilização de sistemas de preparo do solo que possibilitem o menor revolvimento, auxiliam na redução de perdas de solo e favorecem a manutenção da umidade do solo no sistema. Portanto, a aração quando recomendada, em solos com camada de impedimento, deve chegar a 40 cm de profundidade, duas gradagens e o sulcamento para o plantio. As gradagens deverão ser feitas cerca de 30 dias após a aração, utilizada para nivelamento da área e incorporação das invasoras que tenham rebrotado (SILVA, 2016).

A faixa ideal de temperatura para o cultivo da mandioca situa-se entre 20 a 27°C (média anual). As temperaturas baixas, em torno de 15°C, retardam a brotação das manivas e diminuem ou mesmo paralisam sua atividade vegetativa (OTSUBO; LORENZI, 2004). A necessidade hídrica ideal da mandioca é na faixa de 1000 a 1500 mm, com distribuição uniforme durante o ano, mas pode suportar dependendo da fase vegetativa ou estágio da cultura e variedade utilizada em precipitações que variam de 600 a 4000 mm por ciclo vegetativo (ANDRÉ; SANTOS, 2012).

A mandioca é suscetível à seca no início dos estágios fenológicos, pois o déficit hídrico causa diminuição no crescimento vegetativo, na produção e na qualidade das raízes (PACHECO et al., 2020). Portanto, é importante adequar a época de plantio, para que não ocorra deficiência de água nos primeiros cinco meses de cultivo (período de estabelecimento da cultura), o que prejudica a produção (EMBRAPA, 2006).

O período de luz ideal para a mandioca está em torno de 12 horas/dia. Dias com períodos de luz mais longos favorecem o crescimento de parte aérea e reduzem o desenvolvimento das raízes tuberosas, enquanto que os períodos diários de luz mais curtos promovem o crescimento das raízes tuberosas e reduzem o desenvolvimento dos ramos (FUKUDA, 2005).

A cultura da mandioca extrai grande quantidade de nutrientes do solo e, em função disto, a presença de nutrientes, em quantidades adequadas, favorece o aumento na produtividade (RÓS; HIRATA; NATIRA, 2013). Segundo Fialho e Vieira (2011), para uma produção de 25 toneladas de raízes e parte aérea de mandioca por hectare, são extraídos 123 kg de N, 27 kg de P, 146 kg de K, 46 kg de Ca e 20 kg de Mg, extraído, pela ordem de exigência da planta: potássio, cálcio, nitrogênio, fósforo e magnésio.

A época adequada de plantio é importante para a produção da mandioca, principalmente, pela sua relação com a presença de umidade no solo, necessária para brotação das manivas e seu enraizamento (SEBRAE, 2009). A falta de umidade durante os primeiros meses após o plantio pode ocasionar sérias perdas na brotação e na produção, enquanto que o excesso, em solos mal drenados, favorece a podridão de raízes (NOGUEIRA; JESUS, 2019).

O plantio é normalmente feito de forma anual no início da estação chuvosa nas regiões tropicais, quando a umidade e o calor tornam-se elementos essenciais para a

brotação e enraizamento e na primavera em regiões subtropicais como o Sul do Brasil (GABRIEL et al., 2014). No caso de riscos de excesso de umidade no solo, o plantio pode ser realizado após o início das chuvas.

Para o plantio, deve-se escolher manivas maduras, provenientes de plantas com 10 a 12 meses de idade, e utilizar apenas o terço médio, eliminando-se a parte herbácea superior, que possui poucas reservas, e a parte basal, muito lenhosa e com gemas geralmente inviáveis (BEZERRA, 2014).

Com relação aos aspectos fitossanitários, o material de plantio deve estar livre de pragas e doenças, já que se sabe que a disseminação de patógenos é maior nas culturas propagadas vegetativamente do que nas espécies propagadas por meio de sementes sexuais (OTSUBO; LORENZI, 2004). As plantas daninhas concorrem com a cultura da mandioca pelos fatores de produção, principalmente por água e nutrientes. Além dos efeitos das plantas daninha sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas da mandioca, elas podem ser hospedeiras de pragas, atacando a cultura, causando perdas e até inviabilizando o seu cultivo, em algumas situações (SILVA et al., 2012).

Quanto ao período crítico, em condições normais de umidade e temperatura a mandioca é sensível à competição das plantas daninhas nos primeiros quatro a cinco meses do seu ciclo, exigindo nessa fase um período aproximado de 100 dias livre da interferência do mato, a partir de 20 a 30 dias após sua brotação, para se obter boa produção, dispensando daí em diante as limpas até à colheita (ALBUQUERQUE et al., 2008; JOHANNIS; CONTIERO, 2006).

As doenças estão entre as principais causas da queda de produção e de produtividade da cultura da mandioca. A nível nacional, destacam-se como as doenças mais importantes as podridões radiculares (*Fusarium* spp. *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solane* e *Phytophthora* spp.) bacterioses (*Xanthomonas campestris* e *Erwinia carontovora*), superbrotamento (Fitoplasma), superalongamento *Sphaceloma manihoticola*, viroses (mosaicos comum e das nervuras) e nematóides (*Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus brachyurus* e *Rotylenchulus reniformis* (NOTARO et al., 2013; ROSA et al., 2014).

Os principais fatores relevantes na disseminação dos patógenos foliares e radiculares são: uso de manivas-semente doentes, plantio não rotacionado e ausência de tratamentos culturais no campo (REDDY, 2015; MASSOLA JUNIOR; BEDENDO; OLIVEIRA, 2016).

Vários são os métodos utilizados para o controle de doenças, os quais podem ser agrupados em métodos culturais (SILVA; MELO, 2013), genético (PATRÍCIO, 2007) e biológico (BEDENDO et al., 2011). O controle cultural de doenças tem o objetivo de manipular as condições do ambiente anteriormente ou durante o desenvolvimento do hospedeiro, e busca a prevenção ou interceptação da epidemia, reduzindo o contato entre hospedeiro e o inóculo de maneira a reduzir a taxa de infecção e o progresso da doença (REIS; FORCELINI, 1995).

O controle genético é realizado de maneira em que a variedade a ser cultivada

possua resistência a um determinado agente fito patogênico atrasando, assim, o início da epidemia, inibindo ou reduzindo a severidade (CAMARGO, 2011). Por outro lado, o controle biológico é a ação de microrganismos antagonistas sobre fitopatógenos que pode ocorrer por meio de diversos modos de ação, como: antibiose, competição por sítios de colonização, parasitismo ou podem ainda interagir com o hospedeiro induzindo resistência sistêmica (WHIPPS, 2001).

Com relação aos insetos com potencial de causar danos econômicos, Pietrowsk et al., (2010) citam os ácaros (*Mononychellus tanajoa* e *Tetranychus urticae*), cochonilhas da parte aérea (*Phenacoccus herreni* e *P. manihoti*) e das raízes (*Protortonia navesi*, *Pseudococcus mandio* e *Dysmicoccus* sp.), congo (*Migdolus fryanus*), mandarová (*Erinnyis ello*), moscabranca (*Bemisia tuberculata* e *Aleurothrix aepim*), percevejo de renda (*Vatiga* sp.) e tripses (*Frankliniella williamsi* e *Scirtothrips manihoti*). Os autores relatam que alguns pontos são importantes para reduzir o impacto de pragas na cultura da mandioca, tais como: qualidade sanitária das manivas, condução da cultura, monitoramento da população de insetos-praga e conhecimento do complexo de pragas da mandioca e seus inimigos naturais.

3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estado do Maranhão apresenta condições favoráveis para o cultivo da mandioca, mas mantém baixos índices produtivos especialmente pelas práticas de manejo inadequadas, porém o desenvolvimento dessa cadeia produtiva pode representar uma alternativa potencial para garantir a geração de renda e melhorar a segurança alimentar de muitas famílias no campo.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M. L.; BICUDO, S. J.; BRACHTVOGEL, E. L.; CURCELLI, F.; AGUIAR, E. B. Interação genótipo ambiente na cultura da mandioca. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 4, p. 43-53, 2008.
- ALBUQUERQUE, J. A. A.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A.; CARNEIRO, J. E. S.; CECON, P. R.; ALVES, J. M. A. Interferência de plantas daninhas sobre a produtividade da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 279-289, 2008.
- ALVES FILHO, P. P. C.; GALVÃO, P. C.; NEVES, J. R.; COSTA, I. R. Resposta da cultivar de mandioca roxinha à adubação npk. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, v. 11, n. 1, p. 1-7, 2015.
- ANDRÉ, T. B.; SANTOS, A. C. Uso de produtos da cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) na produção animal. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 16-22. 2012. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20agrarias/uso%20de%20produtos.pdf>. Acesso em: 12 set. 2020.

ARAÚJO, F. S.; BARROSO, J. R.; FREITAS, L. O.; TEODORO, M. S.; SOUZA, Z. M.; TORRES, J. L. R. Chemical attributes and microbial activity of soil cultivated with cassava under different cover crops. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 23, n. 8, p. 614-619, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n8p614-619>>. Acesso em: 7 set. 2020.

BEDENDO, I. P.; MASSOLA, N. S.; AMORIM, L. Controles cultural, físico e biológico de doenças de plantas. In: AMORIM, L.; RESENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. (Eds.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**, Piracicaba: Agronômica Ceres, 2011. p. 367-388.

BEZERRA, V. S. **Selecionando e conservando maniva-semente de mandioca**. Embrapa Amapá-Folderes/Folhetos/Cartilhas (INFOTECA-E), 2014.

CAMARGO, L. E. A. Controle genético. In: AMORIM, L.; RESENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. (Eds.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**, Piracicaba: Agronômica Ceres, 2011. p. 367-388.

CARVALHO, F. M.; VIANA, A. E. S.; CARDOSO, C. E. L.; MATSUMOTO, S. N.; GOMES, I. R. Sistemas de produção de mandioca em 13 municípios da região Sudoeste da Bahia. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 699-702, 2009.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. Farinhas e derivados. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. **Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**, v. 3, p. 577-620, 2003.

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O.; MATHIAS, E. A.; JÚNIOR, A. G. A. R. Estudo das propriedades físico-químicas e microbiológicas no processamento da farinha de mandioca do grupo d'água. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 265-269, 2007.

COÊLHO, J. D. Produção de mandioca – raiz, farinha e fécula. Caderno Setorial ETENE - Banco do Nordeste, v. 44, n. 3, p. 1-11, 2018.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Mandioca: Raiz, Farinha e Fécula. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_02_16_17_38_32_17.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2017.

COSTA, J. F.; SANTOS, M. A. S.; REBELLO, F. K.; COSTA, D. A.; SILVA, J. S. A política de crédito rural e os financiamentos à cultura da mandioca do Pará, 1990-2012. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, v. 12, n. 1, p. 1-14, 2016.

COSTA, M. R.; CARDOSO, E. R.; OHAZE, M. M. M. Similaridade genética de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) por meio de marcadores RAPD. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 158-164, 2003.

ELSAM, J. E.; PEÑA-CHOCARRO, M. C.; MERELES, F.; CÉSPEDES, G. *Manihot takape* sp. nov. (Euphorbiaceae), a new tuberous subshrub from the Paraguayan Chaco. **Phytokeys**, v. 103, p. 1-12, 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. 2006, 817p.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2013). **Save and Grow: Cassava – A Guide to Sustainable Production Intensification**. Disponível em: <www.fao.org/ag/save-and-grow/cassava/pt/index.html>. Acesso em: 11 fev. 2014..

FELIPE, F. I.; ALVES, L. R. A.; CAMARGO, S. G. C. Panorama e perspectivas para a indústria de fécula de mandioca no Brasil. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, v. 6, n. 1, p. 134-146, 2010.

FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A. **Mandioca no cerrado**: orientações técnicas. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2011. 208p.

FILGUEIRAS, G. C.; HOMMA, A. K. O. Aspectos socioeconômicos da cultura da mandioca na região Norte. In: Modesto Júnior, M. S.; Alves, R. N. B. (Eds.). **Cultura da mandioca**: aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria. Brasília: Embrapa, 2016. 257 p.

FUKUDA, W. M. G. **Manejo e Conservação de Recursos Genéticos de Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) na Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2005. 4 p. (Circular Técnica 74).

FUKUDA, W. M. G.; SILVA, S. O. Melhoramento de mandioca no Brasil. In: CEREDA, M. P. (Ed.). **Cultura de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargil, 2002. p. 242-257.

GABRIEL, L. F.; STRECK, N. A.; UHLMANN, L. O.; SILVA, M. R.; SILVA, S. D. Mudança climática e seus efeitos na cultura da mandioca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 90-98, 2014.

GOMES, C. S. **Vamos lá pra casa de forno? A produção da farinha de mandioca no povoado palmeiras**. 2018. 73f. Monografia (Graduação em Ciências Humanas/Sociologia) - Universidade Federal do Maranhão, São Bernardo, 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades: Produção Agrícola Municipal: Lavouras Temporárias e Permanentes**, 2012. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=211023>>. Acesso em: 09 ago. 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemico-da-producao-agricola.html?=&t=o-que-e>> . Acesso em: 21 dez. 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Estatística da Produção Agrícola**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemico-da-producao-agricola.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 25 jan. 2019.

JOHANNIS, O.; CONTIERO, R. L. Efeitos de diferentes períodos de controle e convivência de plantas daninhas com a cultura da mandioca. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 3, p. 326-331, 2006.

LODY, R. **Farinha de mandioca**: o sabor brasileiro e as receitas da Bahia. São Paulo: Editora Senac, 2013. 194 p.

LORENZI, J. O.; OTSUBO, A. A.; MONTEIRO, D. A.; VALLE, T. L. Aspectos fitotécnicos da mandioca em Mato Grosso do Sul. In: OTSUBO, A. A.; MERCANTE, F. M.; MARTINS, C. S. (Eds.). **Aspectos do cultivo da mandioca em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste/UNIDERP, 2002. p.77-108.

Mandioca/mandioca_cerrados/solos.htm>. Acesso em: 06 ago. 2012.

MASSOLA JUNIOR, N. S.; BEDENDO, I. P.; OLIVEIRA, S. A. S. Doenças da Mandioca. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Eds.). **Manual de Fitopatologia: Doenças de Plantas Cultivadas**. Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2016. p. 515-522.

MATTOS, P. L. P.; CARDOSO, E. M. R. Cultivo da Mandioca para o Estado do Pará. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2003. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_para/solos.htm#:~:text=Como%20o%20principal%20produto%20da,e%20pela%20facilidade%20de%20colheita>. Acesso em: 12 set. 2020.

MUNIZ, M. J. **Da mandioca a farinha-termos do vocabulário dos agricultores do noroeste cearense**. 2018. 373f. Tese (Doutorado em Descrição e Análise Linguística) – Centro de Humanidade Departamento de Letras Vernáculas, Universidade Federal do Ceará, 2018.

MUNYHALI, W.; PYPERS, P.; SWENNEN, R.; WALANGULULU, J.; SWENNEN, R.; WALANGULULU, J.; WENNEN, R.; VANLAUWE, B.; MERCKX, R. Respostas de crescimento da mandioca e rendimento em folha frequência de colheita e fertilizante NPK no Kivu do Sul, República Democrática de Congo. **Field Crops Research**, v. 214, p.194-201, 2017.

NICK, C.; CARVALHO, S. P.; JESUS, A. M. S.; CUSTÓDIO, T. N.; MARIM, B. G.; ASSIS, L. H. B. Divergência genética entre subamostras de mandioca. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 289-298. 2010.

NOGUEIRA, A. S.; JESUS, A. P. M. **Diagnóstico do sistema de produção de mandioca do município de São Francisco do Pará**. 2019. 58f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2019.

NOTARO, K. A.; MEDEIROS, E. V.; SILVA, C. A. D.; BARROS, J. A. Prospecção de fitopatógenos associados à podridão radicular da mandioca em Pernambuco, Brasil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 6, p. 1832-1839. 2013.

OTSUBO, A. A. Cultivo da mandioca na Região Centro-Sul do Brasil. In: OTSUBO, A. A.; LORENZI, J. O. (Eds.). **Dourados**: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 116 p.

PACHECO, R. I. L.; MACIAS, M. P.; CAMPOS, F. C. F.; IZQUIERDO, A. J. R.; IZQUIERDO, G. A. R. Agronomic and physiological evaluation of eight cassava clones under water deficit conditions. **Revista da Faculdade Nacional de Agronomia de Medellín**, v. 73, n. 1. 2020.

PATRÍCIO, F. R. A. Controle de doenças de hortaliças - convencional vs alternativo. **Biológico**, São Paulo, v. 69, p. 87-90, 2007.

PIETROWSKI, V.; RINGENBERGER, R.; RHEINHEIMER, A. R.; BELLON, P. P.; GAZOLA, D.; MIRANDA, A. M. **Insetos-praga da cultura da mandioca na região centro sul do Brasil**. Marechal Cândido Rondon: UNIOESTE, 2010. 42p. (Documento Técnico).

PINHEIRO, J. C. D. **A realidade da mandioca no Maranhão**. 2ª ed. São Luís: Editora Pascal, 2019. 75 p.

REDDY, P. P. **Plant protection in tropical root and tuber crops**. Springer. Bangalore, Karnataka, Índia, 335 p., 2015.

REIS, E.; FORCELINI, C. A. Controle cultural. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Eds.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3ª ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. p. 710-716.

RÓS, A. B.; HIRATA, A. C. S.; NARITA, N. Produção de raízes de mandioca e propriedades química e física do solo em função de adubação com esterco de galinha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 3, p. 247-254, 2013.

ROSA, J. M. O.; OLIVEIRA, S. A.; JORDÃO, A. L.; SIVIERO, A.; OLIVEIRA, C. M. Nematoides fitoparasitas associados à mandioca na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 44, n. 2, p. 271-275. 2014.

SAGRIMA - Secretaria de Agricultura, Pecuária e Pesca. Governo do Maranhão. **Perfil da Agricultura Maranhense**, 2016. Disponível em: <<http://www.ma.gov.br>>. Acesso em: 11 ago. 2017.

SEAB/DERAL - Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento/Departamento de Economia Rural, 2012. **Mandiocultura - Análise da Conjuntura Agropecuária**. Disponível em: <www.agricultura.pr.gov.br>. Acesso em: 11 fev. 2014.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e pequenas Empresas. **Mandiocultura: derivados da mandioca/Integra Consultoria e Representação e Comércio**. Salvador: Sebrae, 2009. 40p.

SILVA, A. R. Manejo e conservação do solo. In: MODESTO JUNIOR, M. S.; ALVES, R. N. B. **Cultura da Mandioca: Aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria**. 1ª ed. Brasília: Embrapa, 2016. cap. 02, p. 50-67.

SILVA, D. V.; SANTOS, J. B.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. A.; FRANÇA, A. C.; SEDIYAMA, T. Manejo de plantas daninhas na cultura da mandioca. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 901-910, 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/pd/v30n4/25.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2020.

SILVA, E. K. C.; MELO, L. G. L. Manejo de doenças de plantas: um enfoque agroecológico. **Revista Educamazônia**, Humaitá, v. 10, p. 143-157, 2013.

SILVA, Í. R. C.; CARDOSO, R. C. V.; GÓES, J. A. W.; DRUZIAN, J. I.; VIDAL JÚNIOR, P. O.; ANDRADE, A. C. B. Diagnosis and contribution to geographical indication. **Food Control. Food safety in cassava “flour houses” of Copaiba Valley**, Bahia, v. 72, n. 1, p.97-104, 2017.

SOUZA, L. S.; FIALHO, J. F. **Cultivo da mandioca para a região do Cerrado**. 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/>>

SOUZA, L. S.; FUKUDA, W. M. G.; SANTOS, V. S. **Cultivo, processamento e usos da Mandioca para o estado do Maranhão, com ênfase no território da cidadania dos Lençóis Maranhenses/Munin**. 1ª ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2008. 82 p.

SOUZA, L. S.; SOUZA, L. D. **Caracterização físico-hídrica de solos da área do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2001. 56 p.

STAUT, L. A. **Resposta agrônômica e econômica da cultura da mandioca a doses de composto orgânico**. FERTBIO, 2012. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/934850/1/FERTBIOrespostastaut.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2020.

VALLI, T. L.; LORENZI, J. O. Cultivares melhoradas de mandioca como instrumento de inovação, segurança alimentar, competitividade e sustentabilidade: contribuições do Instituto Agronômico de Campinas (IAC). **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 15-34. 2014.

VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; CARVALHO, L. J. C. B.; MALAQUIAS, J.V.; FERNANDES, F. D. Desempenho agrônômico de acessos de mandioca de mesa em área de Cerrado no município de Unai, região Noroeste de Minas Gerais. **Científica**, Jaboticabal, v. 43, n. 4, p. 371-377, 2015.

WHIPPS, J. M. Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 52, p. 487-511, 2001.

SOBRE OS ORGANIZADORES

RAISSA RACHEL SALUSTRIANO DA SILVA-MATOS - Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade de Pernambuco - UPE (2009), Mestre em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal do Piauí - UFPI (2012), com bolsa do CNPq. Doutora em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB (2016), com bolsa da CAPES. Atualmente é professora adjunta do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em fitotecnia, fisiologia das plantas cultivadas, propagação vegetal, manejo de culturas, nutrição mineral de plantas, adubação, atuando principalmente com fruticultura e floricultura. E-mail para contato: raissasalustriano@yahoo.com.br; raissa.matos@ufma.br; Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0720581765268326>

NÍTALO ANDRÉ FARIAS MACHADO - Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Maranhão (2015), mestrado em Ciência Animal pela Universidade Federal do Maranhão (2018) e doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Ceará (2020). Possui experiência na área de Engenharia de Agrícola, com ênfase em Construções Rurais e Ambiente, atuando principalmente nos seguintes temas: Biometeorologia, Bem-estar Animal, Zootecnia de Precisão, Desenho Assistido por Computador, Morfometria Computacional e Mineração e Análise de Dados.

KLEBER VERAS CORDEIRO - Aluno de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Foi bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) em 2016-2017 pelo projeto de pesquisa “Formação de mudas de maracujazeiro amarelo em substratos regional a base de caule decomposto de babaçu (*Attalea speciosa* Mart.)” com bolsa da FAPEMA e bolsista do PIBIC em 2017-2018 pelo projeto de pesquisa “Substratos alternativos para produção de mudas de mamoeiro em chapadinha” com bolsa pela FAPEMA. Bolsista pelo Programa Foco Acadêmico do eixo ensino (2019-2020), pelo projeto de monitoria da disciplina de “Floricultura, jardinocultura e paisagismo e estudo de plantas ornamentais”. Bolsista (2020) Monitoria de Metodologia do Trabalho Científico, Fruticultura e Floricultura, Jardinocultura e Paisagismo para o curso de Agronomia da CCAA – UFMA. Integrante do Grupo de Pesquisa em Fruticultura no Maranhão (FRUTIMA). Tem experiência na área de produção vegetal com ênfase na propagação vegetativa e agroecologia. E-mail para contato: kvcordeiro@hotmail.com; Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7585883012639032>.

ÍNDICE REMISSIVO

A

- Abate 58, 60, 231, 233
- Abdômen agudo 79, 87, 90, 94, 98
- Abelhas sem ferrão 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10
- Adaptabilidade 57, 166, 183, 186, 187, 188, 189, 190, 192
- Agricultura Sustentável 10, 132, 218, 219, 264, 265, 266
- Ambiência 157, 295
- Ambiente Protegido 107, 108, 109, 120
- Análise multivariada 48, 52, 56
- Antibiograma 2, 8, 229, 244, 247, 248, 250, 251, 280, 282
- Antifúngica 2, 244, 247, 248, 251, 281
- Antifúngico 241
- Antimicrobiana 6, 1, 3, 6, 8, 241, 244, 247, 248, 281, 282
- Aplicações 74, 119, 129, 143, 145, 146, 148, 150, 152, 153, 210, 216, 248, 265, 266
- Área Foliar 39, 42, 43, 44, 107, 111, 112, 113, 115, 117, 118, 119, 164, 167, 168, 175, 179, 180
- Atividade Antioxidante 1, 3, 4, 6, 7, 8, 72, 241, 247, 248, 251, 282
- Atributos 6, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 25, 26, 27, 29, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 125

B

- Bicudo-do-algodoeiro 142
- Bioestimulantes 218, 221, 265, 266
- Biomassa 14, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 43, 46, 101, 102, 103, 105, 106, 131, 150, 167, 206, 207, 209, 223
- Búfalos 58, 59, 60, 68, 69

C

- Cajá 254, 258, 259, 261, 262, 263
- Cerasiforme 107, 108
- Cisto 58, 61, 68
- Coinoculação 209, 218, 220, 222, 223
- Compactação 16, 17, 25, 26, 30, 31, 33, 36, 37, 38, 71, 77, 88, 123
- Composição do leite 159, 195
- Compostos Bioativos 219, 241

Cultivares 46, 50, 102, 103, 104, 105, 106, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 175, 178, 182, 183, 184, 186, 189, 193, 225, 290, 294

Cysticercus bovis 58, 59, 60, 61, 63, 68, 69

D

Desenvolvimento 8, 15, 16, 17, 19, 25, 26, 33, 36, 39, 40, 43, 44, 45, 46, 50, 71, 72, 75, 76, 77, 78, 93, 101, 107, 112, 120, 121, 123, 124, 125, 126, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 143, 145, 147, 149, 153, 154, 157, 165, 166, 167, 168, 175, 181, 183, 188, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 216, 218, 220, 221, 222, 223, 230, 253, 255, 264, 265, 266, 269, 276, 278, 280, 281, 282, 284, 287, 288, 289

E

Energia 24, 101, 102, 103, 104, 105, 118, 158, 160, 166, 167, 219, 286

Enterobactérias 228, 229, 234, 238

Equideocultura 79, 80, 98

Equus caballus 79, 80

Estabilidade 16, 57, 183, 186, 187, 188, 189, 192, 193, 269

Eugenia uniflora 39, 40, 45, 46

F

Fertilidade do solo 23, 25, 33, 38, 119, 124, 125, 128, 131, 266

Fertilização 107, 109, 128

Fertilizante Orgânico 121, 123

Fitotecnia 39, 180, 295

Fitoterápicos 274, 275, 282

Fixação Biológica 70, 72, 75, 106, 144, 149

FORAGEM 31, 37, 70, 71, 85, 161

Frango 229, 230, 231, 234, 235, 238

Fruticultura 45, 46, 57, 248, 249, 254, 290, 291, 292, 293, 294, 295

G

Glycine max 78, 144

Gramíneas tropicais 70, 78

H

Helianthus annuus 121, 122, 123, 124, 125

Herbicida 144, 145, 146, 148, 149, 150, 152, 153

Histologia 134

I

Intoxicação 274, 281

Irrigação 42, 71, 78, 107, 109, 110, 114, 117, 119, 120, 125, 180, 243

ITU 157, 158, 159, 161

L

Lesões 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 86, 87, 91, 92

M

Manejo 5, 6, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 30, 36, 40, 49, 51, 79, 81, 83, 84, 85, 86, 92, 93, 94, 95, 96, 107, 108, 110, 123, 131, 144, 146, 155, 161, 165, 171, 172, 180, 182, 203, 206, 207, 233, 249, 283, 286, 289, 291, 293, 295

Mastite 195, 204, 281

Matéria Orgânica 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 25, 29, 30, 31, 32, 33, 36, 120, 123, 124, 125, 128, 210, 216, 265, 266, 270

Mecanismos de ação 218, 220, 221

Mel 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 123

Melipona 1, 2, 3, 6, 8, 9, 10, 11

Metabólitos Secundários 72, 274, 275, 276

Morfometria 134, 256, 295

O

Óleo Essencial 10, 157, 241, 243, 244, 247, 248, 251

P

PCR 69, 228, 229, 232

Pennisetum purpureum Schum 103, 106, 196

Plantas Tóxicas 274

Produção de leite 157, 158, 159, 195

Produtividade 14, 17, 36, 37, 77, 78, 103, 108, 109, 118, 120, 122, 123, 125, 132, 144, 156, 158, 161, 164, 165, 167, 168, 172, 173, 175, 177, 178, 179, 181, 187, 188, 189, 190, 193, 206, 207, 208, 209, 210, 214, 218, 222, 223, 228, 233, 266, 286, 287, 288, 289

Profundidades 25, 28, 29, 30, 33, 34, 35

Promoção de crescimento 208, 218, 221, 222, 223

Promotores de crescimento vegetal 206

Q

Qualidade de fruto 48

R

Radiação 118, 134, 142, 158, 160, 167

Regressão Linear 183, 185, 187, 188, 190, 191

REML/BLUP 183, 184, 185, 186, 190

Resíduo Agroindustrial 121

Rizobactérias 206, 208, 209, 212, 213, 214, 215, 216, 218, 219, 220, 226

Rizobactérias promotoras de crescimento vegetal 218, 219, 220

S

Scaptotrigona 1, 2, 3, 4, 6, 9, 11

Seleção 48, 49, 50, 52, 55, 81, 106, 151, 214, 215, 228, 250

Seriguela 254, 258, 259, 260, 261, 262

Sustentabilidade 5, 14, 15, 17, 106, 219, 222, 294

T

Técnica do inseto estéril 134

Trichoderma asperellum 209, 218, 219, 220, 221, 223, 224

U

Umbu 254, 258, 260, 261, 262, 263

V

Variabilidade Genética 48, 49, 52, 56

Z

Zea mays L 164, 165, 166

Sistemas de Produção nas Ciências Agrárias 2



 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br


Ano 2021

Sistemas de Produção nas Ciências Agrárias 2

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br


Ano 2021