

Wilson José Oliveira de Souza
Alex Guimarães Sanches
(Orgs.)

TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AGRICULTURA

**Aplicação, Produtividade e
Sustentabilidade
em pesquisa**



científica digital

Wilson José Oliveira de Souza
Alex Guimarães Sanches
(Orgs.)

TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AGRICULTURA

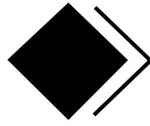
**Aplicação, Produtividade e
Sustentabilidade
em pesquisa**

1ª EDIÇÃO



científica digital

2023 - GUARUJÁ - SP



científica digital

EDITORA CIENTÍFICA DIGITAL LTDA

Guarujá - São Paulo - Brasil

www.editoracientifica.com.br - contato@editoracientifica.com.br

Diagramação e arte

Equipe editorial

Imagens da capa

Adobe Stock - licensed by Editora Científica Digital - 2023

Revisão

Os Autores

2023 by Editora Científica Digital

Copyright da Edição © 2023 Editora Científica Digital

Copyright do Texto © 2023 Os Autores

Acesso Livre - Open Access

Parecer e revisão por pares

Os textos que compõem esta obra foram submetidos para avaliação do Conselho Editorial da Editora Científica Digital, bem como revisados por pares, sendo indicados para a publicação.

O conteúdo dos capítulos e seus dados e sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

É permitido o download e compartilhamento desta obra desde que pela origem da publicação e no formato Acesso Livre (Open Access), com os créditos atribuídos aos autores, mas sem a possibilidade de alteração de nenhuma forma, catalogação em plataformas de acesso restrito e utilização para fins comerciais.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

T255

Tecnologia e inovação na agricultura: aplicação, produtividade e sustentabilidade em pesquisa / Organizadores Alex Guimarães Sanches, Wilson José Oliveira de Souza. – Guarujá-SP: Científica Digital, 2023.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5360-317-2

DOI 10.37885/978-65-5360-317-2

1. Agricultura. 2. Tecnologia. I. Sanches, Alex Guimarães (Organizador). II. Souza, Wilson José Oliveira de (Organizador). III. Título.

CDD 630

Índice para catálogo sistemático: I. Agricultura

Elaborado por Janaina Ramos – CRB-8/9166

E-BOOK
ACESSO LIVRE ON LINE - IMPRESSÃO PROIBIDA

2023

Direção Editorial

Reinaldo Cardoso

João Batista Quintela

Assistentes Editoriais

Erick Braga Freire

Bianca Moreira

Sandra Cardoso

Bibliotecários

Maurício Amormino Júnior - CRB-6/2422

Janaina Ramos - CRB-8/9166

Jurídico

Dr. Alandelon Cardoso Lima - OAB/SP-307852



CONSELHO EDITORIAL

Mestres, Mestras, Doutores e Doutoradas

Prof. Dr. Carlos Alberto Martins Cordeiro
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Rogério de Melo Grillo
Universidade Estadual de Campinas

Prof^a. Ma. Eloisa Rosotti Navarro
Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dr. Ernane Rosa Martins
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Rossano Sartori Dal Molin
FSG Centro Universitário

Prof. Dr. Carlos Alexandre Oelke
Universidade Federal do Pampa

Prof. Esp. Domingos Bombo Damião
Universidade Agostinho Neto - Angola

Prof. Me. Reinaldo Eduardo da Silva Sales
Instituto Federal do Pará

Prof^a. Ma. Auristela Correa Castro
Universidade Federal do Pará

Prof^a. Dra. Dalizia Amaral Cruz
Universidade Federal do Pará

Prof^a. Ma. Susana Jorge Ferreira
Universidade de Evora, Portugal

Prof. Dr. Fabricio Gomes Gonçalves
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Me. Erival Gonçalves Prata
Universidade Federal do Pará

Prof. Me. Gevair Campos
Faculdade CNEC Unai

Prof. Me. Flávio Aparecido De Almeida
Faculdade Unida de Vitória

Prof. Me. Mauro Vinicius Dutra Girão
Centro Universitário Inta

Prof. Esp. Clóvis Luciano Giacomet
Universidade Federal do Amapá

Prof^a. Dra. Giovanna Faria de Moraes
Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Dr. André Cutrim Carvalho
Universidade Federal do Pará

Prof. Esp. Dennis Soares Leite
Universidade de São Paulo

Prof^a. Dra. Silvani Verruck
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Me. Osvaldo Contador Junior
Faculdade de Tecnologia de Jahu

Prof^a. Dra. Claudia Maria Rinhel-Silva
Universidade Paulista

Prof^a. Dra. Silvana Lima Vieira
Universidade do Estado da Bahia

Prof^a. Dra. Cristina Berger Fadel
Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a. Ma. Graciete Barros Silva
Universidade Estadual de Roraima

Prof. Dr. Carlos Roberto de Lima
Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Wesley Viana Evangelista
Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Cristiano Marins
Universidade Federal Fluminense

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva
Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória

Prof. Dr. Daniel Luciano Gevehr
Faculdades Integradas de Taquara

Prof. Me. Silvio Almeida Junior
Universidade de Franca

Prof^a. Ma. Juliana Campos Pinheiro
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Raimundo Nonato Ferreira Do Nascimento
Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Antônio Marcos Mota Miranda
Instituto Evandro Chagas

Prof^a. Dra. Maria Cristina Zago
Centro Universitário UNIFAAT

Prof^a. Dra. Samylla Maira Costa Siqueira
Universidade Federal da Bahia

Prof^a. Ma. Gloria Maria de Franca
Centro Universitário CESMAC

Prof^a. Dra. Carla da Silva Sousa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano

Prof. Me. Denny Ramon de Melo Fernandes Almeida
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Me. Mário Celso Neves De Andrade
Universidade de São Paulo

Prof. Me. Juliano Pizzano Ayoub
Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof. Dr. Ricardo Pereira Sepini
Universidade Federal de São João Del-Rei

Prof^a. Dra. Maria do Carmo de Sousa
Universidade Federal de São Carlos

Prof. Me. Flávio Campos de Moraes
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Jonatas Brito de Alencar Neto
Universidade Federal do Ceará

Prof. Me. Reginaldo da Silva Sales
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof. Me. Moisés de Souza Mendonça
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof. Me. Patrício Francisco da Silva
Universidade de Taubaté

Prof^a. Esp. Bianca Anacleto Araújo de Sousa
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Pedro Afonso Cortez
Universidade Metodista de São Paulo

Prof^a. Ma. Bianca Cerqueira Martins
Universidade Federal do Acre

Prof. Dr. Vitor Afonso Hoeflich
Universidade Federal do Paraná

Prof. Dr. Francisco de Sousa Lima
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano

Prof^a. Dra. Sayonara Cotrim Sabioni
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano

Prof^a. Dra. Thais Ranielle Souza de Oliveira
Centro Universitário Euroamericano

Prof^a. Dra. Rosemary Laís Galati
Universidade Federal de Mato Grosso

Prof^a. Dra. Maria Fernanda Soares Queiroz
Universidade Federal de Mato Grosso

Prof. Dr. Dioniso de Souza Sampaio
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Leonardo Augusto Couto Finelli
Universidade Estadual de Montes Claros

Prof^a. Ma. Danielly de Sousa Nóbrega
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre

Prof. Me. Mauro Luiz Costa Campello
Universidade Paulista

Prof^a. Ma. Livia Fernandes dos Santos
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre

Prof^a. Dra. Sonia Aparecida Cabral
Secretaria da Educação do Estado de São Paulo

Prof^a. Dra. Camila de Moura Vogt
Universidade Federal do Pará

Prof. Me. José Martins Juliano Eustaquio
Universidade de Uberaba

Prof. Me. Walmir Fernandes Pereira
Miami University of Science and Technology

Prof^a. Dra. Liege Coutinho Goulart Dornellas
Universidade Presidente Antônio Carlos

Prof. Me. Ticiano Azevedo Bastos
Secretaria de Estado da Educação de MG

Prof. Dr. Jónata Ferreira De Moura
Universidade Federal do Maranhão

Prof^a. Ma. Daniela Remião de Macedo
Faculdade de Belas Artes da Universidade de Lisboa

Prof. Dr. Francisco Carlos Alberto Fonteles Holanda
Universidade Federal do Pará

Prof^a. Dra. Bruna Almeida da Silva
Universidade do Estado do Pará

Prof^a. Ma. Adriana Leite de Andrade
Universidade Católica de Petrópolis

Prof^a. Dra. Clecia Simone Gonçalves Rosa Pacheco
Instituto Federal do Sertão Pernambucano,

Prof. Dr. Claudimir da Silva Santos
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas

Prof. Dr. Fabrício dos Santos Ritá
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, Brasil

Prof. Me. Ronei Aparecido Barbosa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas

Prof. Dr. Julio Onésio Ferreira Melo
Universidade Federal de São João Del Rei

Prof. Dr. Juliano José Corbi
Universidade de São Paulo

Prof^a. Dra. Alessandra de Souza Martins
Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof. Dr. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho
Universidade Federal do Cariri

Prof. Dr. Thadeu Borges Souza Santos
Universidade do Estado da Bahia

Prof^a. Dra. Francine Náthalie Ferraresi Rodrigues Queluz
Universidade São Francisco

Prof^a. Dra. Maria Luzete Costa Cavalcante
Universidade Federal do Ceará

Prof^a. Dra. Luciane Martins de Oliveira Matos
Faculdade do Ensino Superior de Linhares

Prof^a. Dra. Rosenery Pimentel Nascimento
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof^a. Esp. Livia Silveira Duarte Aquino
Universidade Federal do Cariri

Prof^a. Dra. Irlane Maia de Oliveira
Universidade Federal do Amazonas

Prof^a. Dra. Xaene Maria Fernandes Mendonça
Universidade Federal do Pará

Prof^a. Ma. Thais de Oliveira Carvalho Granado Santos
Universidade Federal do Pará

Prof. Me. Fábio Ferreira de Carvalho Junior
Fundação Getúlio Vargas

Prof. Me. Anderson Nunes Lopes
Universidade Luterana do Brasil

Profª. Dra. Iara Margolis Ribeiro
Universidade do Minho

Prof. Dr. Carlos Alberto da Silva
Universidade Federal do Ceará

Profª. Dra. Keila de Souza Silva
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Francisco das Chagas Alves do Nascimento
Universidade Federal do Pará

Profª. Dra. Réia Sílvia Lemos da Costa e Silva Gomes
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Evaldo Martins da Silva
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. António Bernardo Mendes de Seça da Providência Santarém
Universidade do Minho, Portugal

Profª. Dra. Miriam Aparecida Rosa
Instituto Federal do Sul de Minas

Prof. Dr. Biano Alves de Melo Neto
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano

Profª. Dra. Priscyla Lima de Andrade
Centro Universitário UnifBV

Prof. Dr. Gabriel Jesus Alves de Melo
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia

Prof. Esp. Marcel Ricardo Nogueira de Oliveira
Universidade Estadual do Centro Oeste

Prof. Dr. Andre Muniz Afonso
Universidade Federal do Paraná

Profª. Dr. Laís Conceição Tavares
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof. Me. Rayme Tiago Rodrigues Costa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme
Universidade Federal do Tocantins

Prof. Me. Valdemir Pereira de Sousa
Universidade Federal do Espírito Santo

Profª. Dra. Sheylla Susan Moreira da Silva de Almeida
Universidade Federal do Amapá

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

Profª. Dra. Ana Maria Aguiar Frias
Universidade de Evora, Portugal

Profª. Dra. Deise Keller Cavalcante
Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro

Profª. Esp. Larissa Carvalho de Sousa
Instituto Politécnico de Coimbra, Portugal

Esp. Daniel dos Reis Pedrosa
Instituto Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Waslan Figueiredo Martins
Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Lênio José Guerreiro de Faria
Universidade Federal do Pará

Profª. Dra. Tamara Rocha dos Santos
Universidade Federal de Goiás

Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. Gustavo Soares de Souza
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo

Profª. Dra. Adriana Cristina Bordignon
Universidade Federal do Maranhão

Profª. Dra. Norma Suely Evangelista-Barreto
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Me. Larry Oscar Chaiñi Paucar
Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, Peru

Prof. Dr. Pedro Andrés Chira Oliva
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Daniel Augusto da Silva
Fundação Educacional do Município de Assis

Profª. Dra. Aleteia Hummes Thaines
Faculdades Integradas de Taquara

Profª. Dra. Elisangela Lima Andrade
Universidade Federal do Pará

Prof. Me. Reinaldo Pacheco Santos
Universidade Federal do Vale do São Francisco

Profª. Ma. Cláudia Catarina Agostinho
Hospital Lusíadas Lisboa, Portugal

Profª. Dra. Carla Cristina Bauermann Brasil
Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Humberto Costa
Universidade Federal do Paraná

Profª. Ma. Ana Paula Felipe Ferreira da Silva
Universidade Potiguar

Prof. Dr. Ernane José Xavier Costa
Universidade de São Paulo

Profª. Ma. Fabricia Zanelato Bertolde
Universidade Estadual de Santa Cruz

Prof. Me. Eliomar Viana Amorim
Universidade Estadual de Santa Cruz

Profª. Esp. Nássarah Jabur Lot Rodrigues
Universidade Estadual Paulista

Prof. Dr. José Aderval Aragão
Universidade Federal de Sergipe

Profª. Ma. Caroline Muñoz Cevada Jeronimo
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

Profª. Dra. Aline Silva De Aguiar
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Renato Moreira Nunes
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Me. Júlio Nonato Silva Nascimento
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª. Dra. Cybelle Pereira de Oliveira
Universidade Federal da Paraíba

Profª. Ma. Cristianne Kalinne Santos Medeiros
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Profª. Dra. Fernanda Rezende
Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa e Estudo em Educação Ambiental

Profª. Dra. Clara Mockdece Neves
Universidade Federal de Juiz de Fora

Profª. Ma. Danielle Galdino de Souza
Universidade de Brasília

Prof. Me. Thyago José Arruda Pacheco
Universidade de Brasília

Profª. Dra. Flora Magdaline Benitez Romero
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

Profª. Dra. Carline Santos Borges
Governo do Estado do Espírito Santo, Secretaria de Estado de Direitos Humanos.

Profª. Dra. Rosana Barbosa Castro
Universidade Federal de Amazonas

Prof. Dr. Wilson José Oliveira de Souza
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof. Dr. Eduardo Nardini Gomes
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof. Dr. José de Souza Rodrigues
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof. Dr. Willian Carboni Viana
Universidade do Porto

Prof. Dr. Diogo da Silva Cardoso
Prefeitura Municipal de Santos

Prof. Me. Guilherme Fernando Ribeiro
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profª. Dra. Jaisa Klaus
Associação Vitoriana de Ensino Superior

Prof. Dr. Jeferson Falcão do Amaral
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Profª. Ma. Ana Carla Mendes Coelho
Universidade Federal do Vale do São Francisco

Prof. Dr. Octávio Barbosa Neto
Universidade Federal do Ceará

Profª. Dra. Carolina de Moraes Da Trindade
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof. Me. Ronison Oliveira da Silva
Instituto Federal de Amazonas

Prof. Dr. Alex Guimarães Sanches
Universidade Estadual Paulista

Profa. Esp. Vanderlene Pinto Brandão
Faculdade de Ciências da Saúde de Unai

Profa. Ma. Maria Das Neves Martins
Faculdade de Ciências da Saúde de Unai

Prof. Dr. Joachin Melo Azevedo Neto
Universidade de Pernambuco

Prof. Dr. André Luis Assunção de Farias
Universidade Federal do Pará

Profª. Dra. Danielle Mariam Araujo Santos
Universidade do Estado do Amazonas

Profª. Dra. Raquel Marchesan
Universidade Federal do Tocantins

Profª. Dra. Thays Zigante Furlan Ribeiro
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Norbert Fenzl
Universidade Federal do Pará

Prof. Me. Arleson Eduardo Monte Palma Lopes
Universidade Federal do Pará

Profa. Ma. Iná Camila Ramos Favacho de Miranda
Universidade Federal do Pará

Profª. Ma. Ana Lise Costa de Oliveira Santos
Secretaria de Educação do Estado da Bahia

Prof. Me. Diego Vieira Ramos
Centro Universitário Inga

Prof. Dr. Janaildo Soares de Sousa
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Mário Henrique Gomes
Centro de Estudos das Migrações e das Relações Interculturais, Portugal

Profª. Dra. Maria da Luz Ferreira Barros
Universidade de Evora, Portugal

Prof^a. Ma. Eliadina Wagner Oliveira da Silva
Caixa de Assistência dos Advogados da OAB-ES

Prof^a. Ma. Maria José Coelho dos Santos
Prefeitura Municipal de Serra

Prof^a. Tais Muller
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Me. Eduardo Cesar Amancio
Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba

Prof^a. Dra. Janine Nicolosi Corrêa
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof^a. Dra. Tatiana Maria Cecy Gadda
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof^a. Gabriela da Costa Bonetti
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Me. Thales do Rosário De Oliveira
Universidade de Brasília

Prof^a. Dra. Maisa Sales Gama Tobias
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Pedro Igor Dias Lameira
Universidade Federal do Pará

Prof^a. Dra. Geuciane Felipe Guerim Fernandes
Universidade Estadual do Norte do Paraná

Prof. Me. Teonis Batista da Silva
Universidade do Estado da Bahia

Prof^a. Ma. Aline Maria Gonzaga Ruas
Universidade Estadual de Montes Claros

Prof^a. Dra. Alessandra Knoll
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

Prof^a. Ma. Carla Cristina Sordi
Universidade Estadual do Ceará

Prof^a. Dra. Caroline Lourenço de Almeida
Fundação Educacional do Município de Assis

Prof^a. Dra. Rosângela Gonçalves da Silva
Fundação Educacional do Município de Assis

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

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Universidade Federal da Grande Dourados

Prof. Dr. Leonardo de Carvalho Vidal
Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof^a. Dra. Mônica Aparecida Bortolotti
Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná

Prof^a. Dra. Lucieny Almohalha
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Prof. Esp. Layane Caroline Silva Lima Braun
Universidade Federal do Pará

Prof^a. Ma. Michelle Cristina Boaventura França
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Fernando da Silva Cardoso
Universidade de Pernambuco

Prof. Me. Hugo José Coelho Corrêa de Azevedo
Fundação Oswaldo Cruz

Prof^a. Ma. Leticia Keroly Bezerra Alexandrino
Universidade de Fortaleza

Prof. Dr. Luiz Gonzaga Lapa Junior
Universidade de Brasília

Prof^a. Ma. Martha Luiza Costa Vieira
Universidade Federal do Pará

Prof^a. Dra. Vânia Maria Arantes
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Prof. Me. Paulo Roberto Serpa
Universidade do Vale do Itajaí

Prof. Dr. Hercules de Oliveira Carmo
Faculdade de Educação de Guaratinguetá

Prof^a. Dra. Caroline Nóbrega de Almeida
Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof^a. Ma. Camila Tâmires Alves Oliveira
Universidade Federal Rural do Semiárido

Prof. Me. Francisco Lidiano Guimarães Oliveira
Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Mauro José de Deus Moraes
Universidade Federal do Acre

Prof^a. Ma. Terezinha Maria Bogéa Gusmão
Instituto Histórico e Geográfico de Arari

Prof. Dr. Felipe Vitório Ribeiro
Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Esta obra constituiu-se a partir de um processo colaborativo entre professores, estudantes e pesquisadores que se destacaram e qualificaram as discussões neste espaço formativo. Resulta, também, de movimentos interinstitucionais e de ações de incentivo à pesquisa que congregam pesquisadores das mais diversas áreas do conhecimento e de diferentes Instituições de Educação Superior públicas e privadas de abrangência nacional e internacional. Tem como objetivo integrar ações interinstitucionais nacionais e internacionais com redes de pesquisa que tenham a finalidade de fomentar a formação continuada dos profissionais da educação, por meio da produção e socialização de conhecimentos das diversas áreas do Saberes.

Agradecemos aos autores pelo empenho, disponibilidade e dedicação para o desenvolvimento e conclusão dessa obra. Esperamos também que esta obra sirva de instrumento didático-pedagógico para estudantes, professores dos diversos níveis de ensino em seus trabalhos e demais interessados pela temática.

Wilson José Oliveira de Souza
Alex Guimarães Sanches

SUMÁRIO

Capítulo 01

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL AGROCLIMÁTICO NA REGIÃO DA TRANSAMAZÔNICA PARA O DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE CACAU

Wellington Varela de Fraga; Jennyfer Febronio Bayma; Vivian Dielly da Silva Farias; Sandra Andréa Santos da Silva; Cícero Manoel dos Santos; José Farias Costa

doi 10.37885/230412692.....12

Capítulo 02

BIOINFORMÁTICA APLICADA ÀS CIÊNCIAS ÔMICAS: UMA BREVE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Dalton Ferreira Matos; Maria Cidinaria Silva Alves; Denise Santos Ruzene; Marcus Vinicius de Aragão Batista; Daniel Pereira Silva

doi 10.37885/230312569.....24

Capítulo 03

COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA, FITOSSOCIOLOGIA E DIVERSIDADE DE PLANTAS DANINHAS EM PASTAGENS DEGRADADAS

Mário Luiz Ribeiro Mesquita; Márcia Gabrielly Brito da Silva; Antônio Lopes do Bonfim Neto

doi 10.37885/230412686.....45

Capítulo 04

COMPOSTAGEM DA FIBRA DE COCO PARA O CULTIVO DE COENTRO EM HORTAS ESCOLARES

Aninês Assunção Gomes; Fabrício Ribeiro Andrade; Edgar Nascimento; Adriana Paiva de Oliveira; Reinaldo de Souza Bilio; Rozilaine Aparecida Pelegrine Gomes de Faria

doi 10.37885/230312487.....60

Capítulo 05

DA UTILIZAÇÃO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS NA CULTURA DE MILHO

Jean Lucas Vriesman; Davi Gonçalves dos Santos; Dannylo Henrique Goolkate; Luis Miguel Schiebelbein

doi 10.37885/230312598.....82

Capítulo 06

DINÂMICA DAS EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA (GEE) EM SISTEMAS EXTENSIVOS E CONSORCIADOS COM LEGUMINOSA.

João Guedes Borré; Israel Oliveira Ramalho; Wesley dos Santos Souza; Stallone da Costa Soares; |Lucas Peralta Carneiro Borges; Gustavo Campos Alves; Bruno Grossi Costa Homem

doi 10.37885/230312566.....94

Capítulo 07**ENTRAVES À COMERCIALIZAÇÃO DE HORTALIÇAS NA FEIRA DA QUADRA 304 SUL NA PERSPECTIVA DA AGRICULTURA FAMILIAR PALMENSE**

Weslei Júnior Borges; Vinícius Souza Ribeiro; José Eustáquio Canguçu Leal; Antônio Carlos Silveira Gonçalves; Clauber Rosanova; Jaqueline Boni Ribeiro

doi 10.37885/230412683 114

Capítulo 08**GROWTH, PRODUCTION AND CORN YIELD ESTIMATES UNDER DIFFERENT LEVELS OF WATER REPLACEMENT AND DOSES OF NITROGEN**

Wemerson Saulo da Silva Barbosa; Guilherme Bastos Lyra; Ivomberg Dourado Magalhães; Renner Luciano de Souza Ferraz; Iêdo Teodoro; Gustavo Bastos Lyra; José Leonaldo de Souza

doi 10.37885/230312464 128

Capítulo 09**HIDROGEL E DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO EM MUDAS DE CACAUEIRO NA AMAZÔNIA**

Raiane Gomes Apostolo de Santana; Vivian Dielly da Silva Farias; Sandra Andrea Santos da Silva; Karina Tayná Saraiva de Jesus; Glendha Thalysia Farias Sousa; Alexsandro Lima de Sousa Junior; Geraldo Magela Andrade Rodrigues Junior; Dayse Drielly Souza Santana Vieira

doi 10.37885/230412697 148

Capítulo 10**IMPLICAÇÕES DE TRANSPORTE DE PRODUTOS AGRÍCOLAS NA COMERCIALIZAÇÃO NO MERCADO GROSSISTA WARESTA**

Ana Cristina da Rocha; Gaspar Lourenço Tocoloa; Alexandre Edgar Lourenço Tocoloa

doi 10.37885/221110920 160

Capítulo 11**INOVAÇÕES E TECNOLOGIAS DA ABACAXICULTURA NO TERRITÓRIO BRASILEIRO**

Vanessa Melo de Freitas; Elyzandra Kerleman de Almeida Mendes; Eliziete Pereira de Souza; Leonardo Elias Ferreira; Rogerio Prestes dos Santos; Maria Eliziane Pantoja da Silva; Naima da Trindade Coelho; Ana Caroline Batista da Silva; Lays da Silva Gomes

doi 10.37885/230212091 177

Capítulo 12**MELATONINA E ÁCIDO SALICILICO NA PRESERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE UVAS DE MESA SEM SEMENTE: UMA REVISÃO NARRATIVA**

Sinara de Nazaré Santana Brito; Aline Nunes; Harleson Sidney Almeida Monteiro; Letícia Silva Pereira Basílio; Gean Charles Monteiro; Igor Otavio Minatel; Marco Antonio Tecchio; Giuseppina Pace Pereira Lima

doi 10.37885/230312591 192

Capítulo 13**MONITORAMENTO DA INCIDÊNCIA DE NEMATOIDES EM POMAR CONVENCIONAL DE MAÇÃ NA SERRA CATARINENSE COM TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO**

Eduarda Lessa de Araújo de Souza; Fernando Domingos Zinger; Angelo Oliveira Gonçalves; Lilian Katiany Castello Rabello Zinger; Paloma Luany Castello Rabello; Roberto Akitoshi Komatsu; Marisa Santos Sanson; Fábio Ramos Alves

doi 10.37885/230111797 207

Capítulo 14**QUALIDADE DE MÉIS COMERCIALIZADOS INFORMALMENTE EM FEIRAS LIVRES NO DISTRITO FEDERAL**

Andréia Alves Rosa; Artur Guerra Rosa; João Paulo Guimarães Soares; Ana Maria Resende Junqueira; Ivaldo de Sousa Moreira

doi 10.37885/230412730221**Capítulo 15****RELATO SOBRE EXPERIÊNCIA DE USO DE DRONES AGRÍCOLAS NO BRASIL**

Eugênio Passos Schröder; Viviane Gonçalves Burkert

doi 10.37885/230312454228**Capítulo 16****RESPOSTA DO BIOCARVÃO NOS ATRIBUTOS E NA EMISSÃO DE GASES DO SOLO**

Leane Castro de Souza; Luma Castro de Souza; Raimundo Leonardo Lima de Oliveira; Raphael Leone da Cruz Ferreira; Vitor Resende do Nascimento; Dayse Gonzaga Braga; Ana Ecidia de Araújo Brito; Cândido Ferreira de Oliveira Neto; Joze Melisa Nunes de Freitas; Ricardo Shigueru Okumura

doi 10.37885/230312402240**Capítulo 17****UMA LEITURA DA EVOLUÇÃO TEÓRICA DAS ANÁLISES DE CADEIAS PRODUTIVAS: DA ABORDAGEM DE SISTEMAS DE *COMMODITIES* AGRÍCOLAS À GESTÃO DE CADEIAS DE SUPRIMENTOS**

Vinícius Souza Ribeiro; Jaqueline Boni Ribeiro; Clauber Rosanova; José Eustáquio Canguçu Leal; Antônio Carlos Silveira Gonçalves

doi 10.37885/230412684251**Capítulo 18****ZOOTECNIA DE PRECISÃO: DESAFIOS PARA A PRODUÇÃO ANIMAL**

Kelly Botigeli Sevegnani

doi 10.37885/221010479259**SOBRE OS ORGANIZADORES273****ÍNDICE REMISSIVO274**

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL AGROCLIMÁTICO NA REGIÃO DA TRANSAMAZÔNICA PARA O DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE CACAU

| **Wellington Varela de Fraga**
Universidade Federal do Pará - UFPA

| **Jennyfer Febronio Bayma**
Universidade Federal do Pará - UFPA

| **Vivian Dielly da Silva Farias**
Universidade Federal do Pará - UFPA

| **Sandra Andréa Santos da Silva**
Universidade Federal do Pará - UFPA

| **Cícero Manoel dos Santos**
Universidade Federal do Pará - UFPA

| **José Farias Costa**
Universidade Federal do Pará - UFPA

RESUMO

Para que o estabelecimento de plantio de cacau seja economicamente viável, é necessário distinguir o regime das chuvas e relacionar com a demanda hídrica da cultura, para definir quando e quanto irrigar. Sendo assim, o presente trabalho tem por objetivo relacionar a precipitação com as necessidades hídricas de cacau no município de Altamira e Medicilândia. Foram utilizados dados meteorológicos da rede de observação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), de posse dos dados de evapotranspiração de referência (ET₀) foi possível estimar a evapotranspiração da cultura (ET_c), multiplicando a ET₀ pelo coeficiente de cultura (K_c) considerando as diferentes fases do cacau. Foi relacionado as variáveis meteorológicas com as necessidades climáticas das plantas de cacau; e ainda, observado se há períodos críticos com relação as necessidades hídricas da cultura durante os meses do ano. A precipitação total anual do município de Altamira e Medicilândia está acima da demanda hídrica anual do cacau, porém existe uma forte sazonalidade em decorrência da má distribuição pluviométrica, podendo prejudicar o bom desenvolvimento e crescimento da planta. Durante os últimos sete meses do ano, a demanda hídrica mensal do cacau na fase inicial é maior que a precipitação. Uma possível solução para resolver essa diferença, seria com a introdução de manejos e tratamentos culturais com tecnologia da irrigação para adequar essa diferença. Estudos futuros são necessários para se verificar a viabilidade econômica da instalação de sistema de irrigação. Com isso, seria possível potencializar a produção de cacau e assim contribuir para o desenvolvimento da agricultura local.

Palavras-chave: Alterações Climáticas, Evapotranspiração, Irrigação, Precipitação, *Theobroma Cacao* L.

■ INTRODUÇÃO

O cacauero é uma planta de origem Amazônica cultivado racionalmente desde o século XVII. Atualmente no Brasil, apesar da região nordeste possuir maior área com cacau cultivado, sendo mais de 410 mil hectares e produção anual de 107.504 toneladas, a região norte ocupando área de 160 mil hectares ultrapassou a produção do nordeste com 150.448 toneladas (IBGE, 2020). Apesar dos desafios tecnológicos da agricultura na Amazônia, a cultura do cacau tem se destacado na região Transamazônica, onde é produzido aproximadamente 80% do cacau do estado paraense, levando o estado do Pará ser o maior produtor de cacau do país (IBGE, 2021).

Na Amazônia o clima é caracterizado predominantemente pelo volume de precipitações e por altas temperaturas, esses fatores estão totalmente relacionados ao desenvolvimento da cultura do cacau, principalmente pela precipitação, sendo o componente do clima que oferece mais riscos para o cacauero, devido ao regime de chuvas que pode variar ao longo dos meses e conseqüentemente limitar que a planta expresse o seu potencial genético (MAPA, 2020).

Sendo assim, ao passar por períodos em que o regime de chuvas é instável e ocorre estiagens, o cacauero torna-se sensível em função do déficit hídrico, e por esse motivo a adoção de técnicas de manejo como irrigação vem ganhando destaque na cacauicultura, favorecendo o incremento na produtividade (BOUIX; DA SILVA BRAGA; RAMOS, 2022).

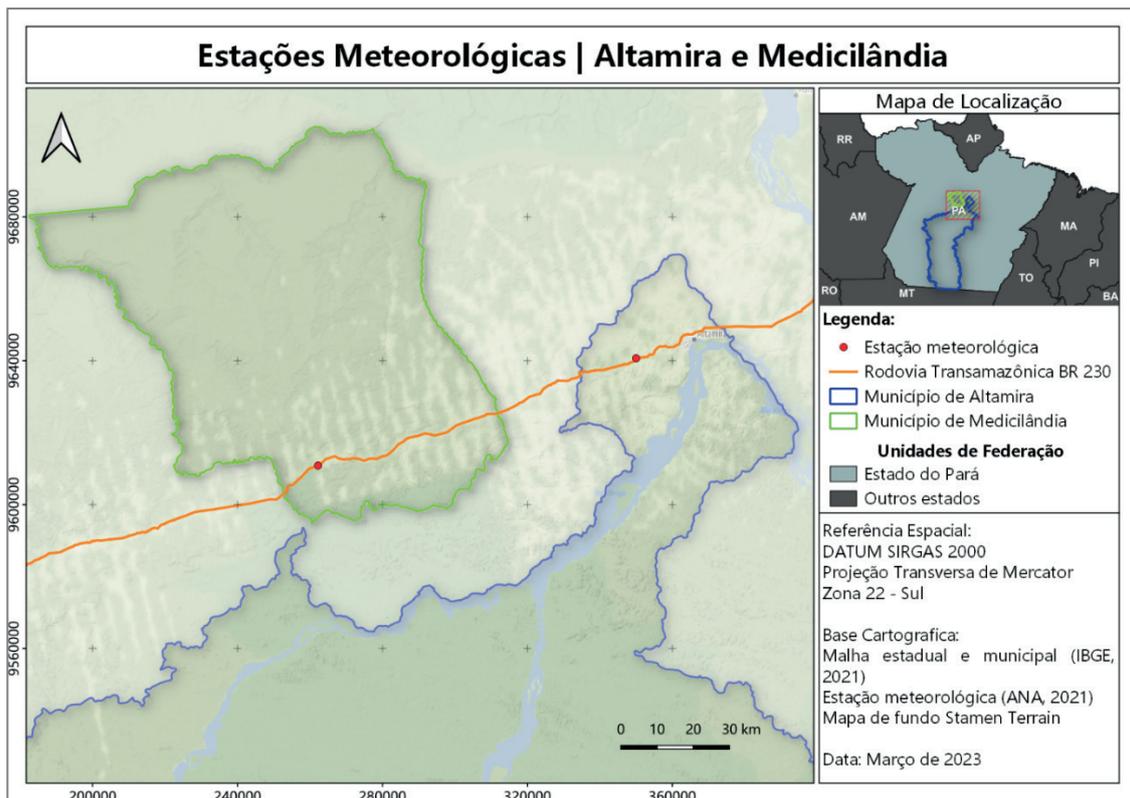
Visando abordar a problemática sobre as condições agroclimáticas na região da Transamazônica e como a relação entre precipitação e demanda hídrica da cultura pode interferir no crescimento e desenvolvimento de plantas de cacau, o presente trabalho justifica-se pela importância social e econômica que a cultura possui na região e a sua relevância como fonte de matéria prima para elaboração de diversos produtos industriais.

Nesse sentido, o objetivo dessa pesquisa é avaliar o potencial agroclimático na região da Transamazônica para plantas de cacau em diferentes estágios fenológicos. De forma mais específica buscou-se estimar a evapotranspiração de referência para os municípios de Altamira e Medicilândia, considerando o histórico de dados das estações meteorológicas disponíveis em cada município; estimar a evapotranspiração da cultura do cacau; relacionar as variáveis meteorológicas com a necessidades climáticas das plantas de cacau; e, observar se há períodos críticos com relação as necessidades hídricas da cultura durante os meses do ano.

■ MÉTODOS

Realizou-se a pesquisa no estado do Pará, na região da Transamazônica, com os dados meteorológicos das redes de observações disponíveis nos municípios de Altamira e Medicilândia (figura 1). Para alcançar os objetivos propostos, os procedimentos metodológicos utilizados foram a pesquisa realizada de forma exploratória e a análise quantitativa dos dados.

Figura 1. Mapa de localização geográfica das estações meteorológicas.



Fonte: os autores.

Devido à dificuldade de encontrar os dados dos municípios, para o município de Altamira foram utilizados dados meteorológicos de normais climatológicas do período de 1991 a 2020 disponíveis no portal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), não sendo possível encontrar dados de radiação e nem as precipitações acumuladas dos meses de julho no período estudado.

Para o município de Medicilândia não foi encontrado dados de normais climatológicas no INMET, dessa forma, foi feito a busca de informações no Banco de Dados Meteorológicos e encontrado dados do período de 2017 a 2020. Os dados de precipitações foram utilizados da Agência Nacional de Águas (ANA) disponíveis no portal Hidroweb, do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH).

Com os dados horários, foram obtidas as médias diárias e mensais das variáveis temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), precipitação pluvial (mm) e radiação solar incidente ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$). Após a obtenção de todas as médias

foi calculada a evapotranspiração de referência (ET0) por meio da equação de Penman-Monteith (ALLEN *et al.*, 2011) (Equação 1).

$$ET0 = \frac{0,408 \cdot \Delta(Rn - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T_{ar} + 273} \cdot U_2 \cdot (es - ea)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 \cdot U_2)} \quad (1)$$

Em que:

ET0 – evapotranspiração de referência (mm.d⁻¹); Rn – radiação líquida (MJ.m⁻².d⁻¹); G – fluxo de calor no solo (MJ.m⁻².d⁻¹); T_{ar} – temperatura média do ar (°C); U₂ – velocidade do vento (m.s⁻¹); (es - ea) – déficit de pressão de vapor (kPa); $\Delta = \frac{(4098 \text{ es})^2}{(T + 237,3)^2}$ – a declividade da curva de pressão de vapor vs. temperatura (kPa.°C⁻¹); sendo $\gamma = \frac{C_{p \times P}}{0,622 \times \lambda}$ o coeficiente psicrométrico (kPa.C⁻¹); a constante 0,408 corresponde a 1/λ, em que λ é o calor latente de evaporação da água (2,45MJ.kg⁻¹); e a constante 900, a um fator de conversão referente a escala diária de dados.

Depois foram realizadas as estimativas de evapotranspiração máxima da cultura (ETC) para os diferentes estágios fenológicos do cacauzeiro, sendo (I) crescimento da planta; (II) floração e desenvolvimento do fruto; e, (III) maturação fisiológica do fruto, multiplicando o valor da ET0 pelo coeficiente da cultura (Kc) (Equação 2), considerando os valores de Kc para cada respectivo estágio fenológico: 0,88, 0,94 e 0,93 conforme indicado por Silva (2020).

$$ETC = ET0 * Kc \quad (2)$$

Em que:

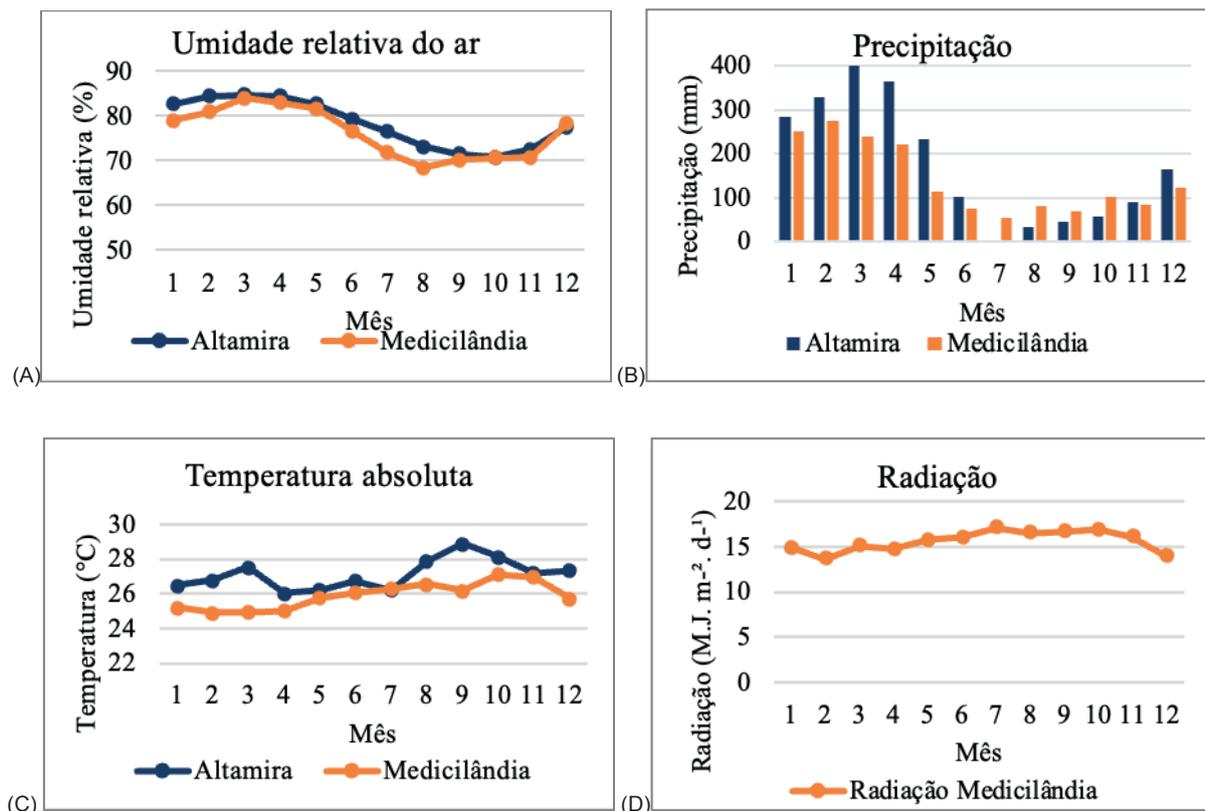
ETC – evapotranspiração máxima da cultura (mm.d⁻¹); ET0 – evapotranspiração de referência (mm.d⁻¹); e, Kc – coeficiente da cultura.

Após a obtenção dos dados necessários, foram elaboradas tabelas e gráficos para análise e interpretação dos resultados considerando os totais acumulados de chuva e de evapotranspiração da cultura comparando os municípios de Altamira e Medicilândia.

■ RESULTADOS

De acordo com os dados (figura 2), pode ser observado que existe maior concentração do regime de chuva no primeiro semestre do ano em ambos municípios estudados, contudo, o total anual no município de Altamira é aproximadamente 2.194 mm, enquanto que Medicilândia apresentou total de precipitação anual de aproximadamente 1.687mm (figura 2B).

Figura 2.. Caracterização climática dos municípios de Altamira e Medicilândia. (A) Média mensal da umidade relativa; (B) Total mensal de chuva; (C) Média mensal da temperatura do ar; (D) Média mensal da radiação solar incidente.



Fonte: os autores.

Dessa forma é notado que o município de Altamira apresenta uma elevada precipitação anual, porém as chuvas são concentradas no primeiro semestre do ano. Além disso os meses de agosto, setembro e outubro apresentam precipitação inferior a 60 mm. Já o município de Medicilândia, mesmo com a precipitação acumulada em menor quantidade, possui melhor equilíbrio da distribuição de chuvas durante os meses, apresentando apenas o mês de julho com lâmina inferior a 60 mm.

Com relação ao regime térmico, ocorre pouca variação nas médias mensais considerando o período chuvoso e menos chuvoso, porém é possível notar um aumento gradual da temperatura em decorrência da redução da umidade relativa (figura 2A-C). O município de Altamira mantém a maior temperatura durante todos os meses do ano em comparação com o município de Medicilândia, exceto no mês de julho, onde as temperaturas ficam em 26,25 °C e 26,32 °C, respectivamente (figura 2C).

No que se refere a radiação solar, foi possível trabalhar apenas com dados de Medicilândia. Observando o gráfico da figura 2D, verifica-se que ocorre razoáveis variações no comportamento da linha, tendo o menor nível de radiação no mês de fevereiro com 13,6 MJ.m⁻².d⁻¹ onde se encontra o período de maior quantidade de chuvas, o que pode ser sugerido o menor nível de radiação devido a maior nebulosidade nesse período, e o maior nível de radiação no mês de julho com 17,1 MJ.m⁻².d⁻¹, com média anual de 15,6 MJ.m⁻².d⁻¹.

As figuras 3 e 4 a seguir apresentam os quantitativos mensais de chuvas e de evapotranspiração da cultura (ETC) durante o ano nos municípios de Altamira e Medicilândia, onde é possível relacionar e comparar a precipitação com o que a planta libera de água por evapotranspiração.

Figura 3. Total mensal de precipitação e evapotranspiração da cultura (ETC) do cacau na fase inicial do plantio (A); floração e desenvolvimento do fruto (B); e, maturação fisiológica e colheita dos frutos (C), no município de Altamira, região Transamazônica no estado do Pará.

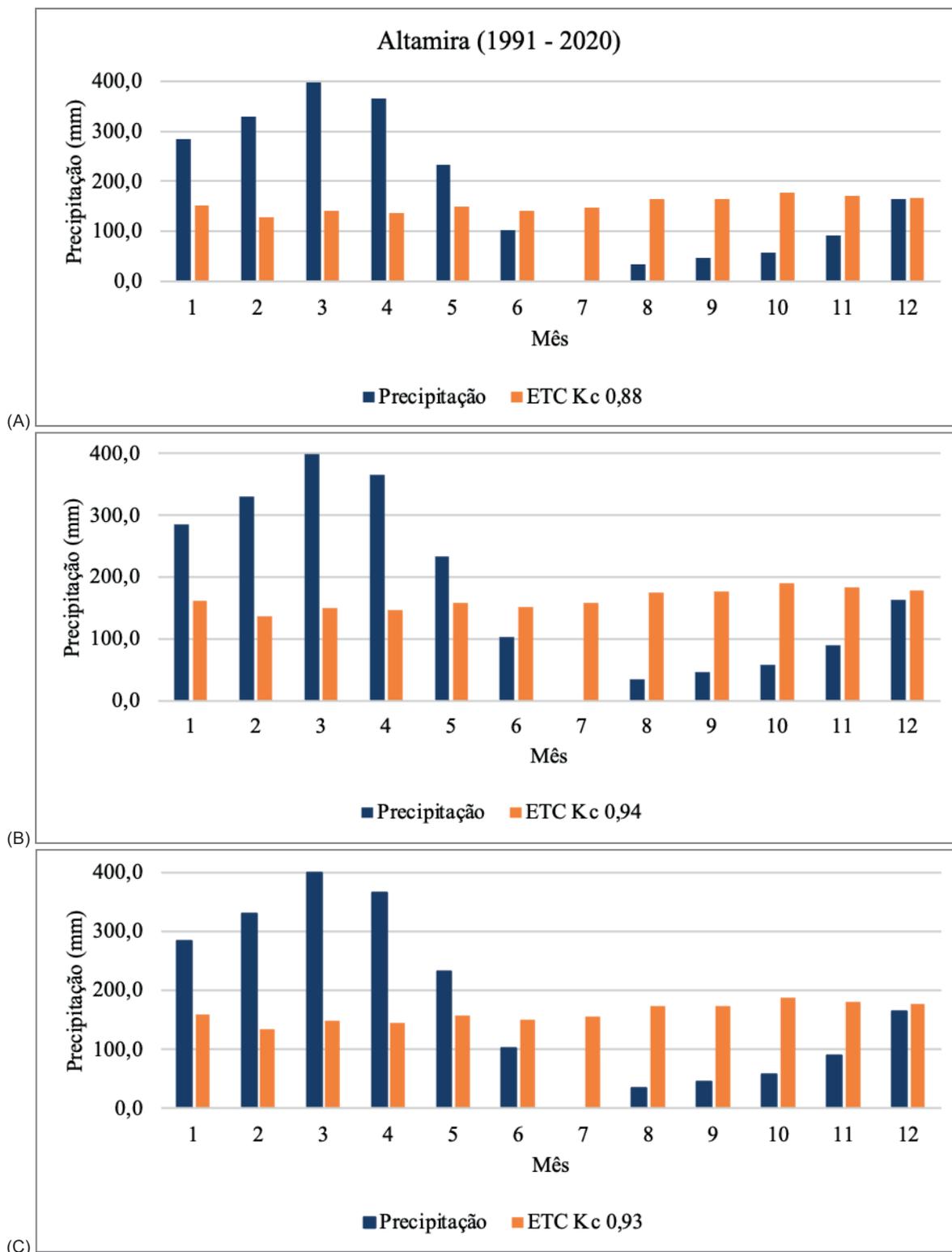
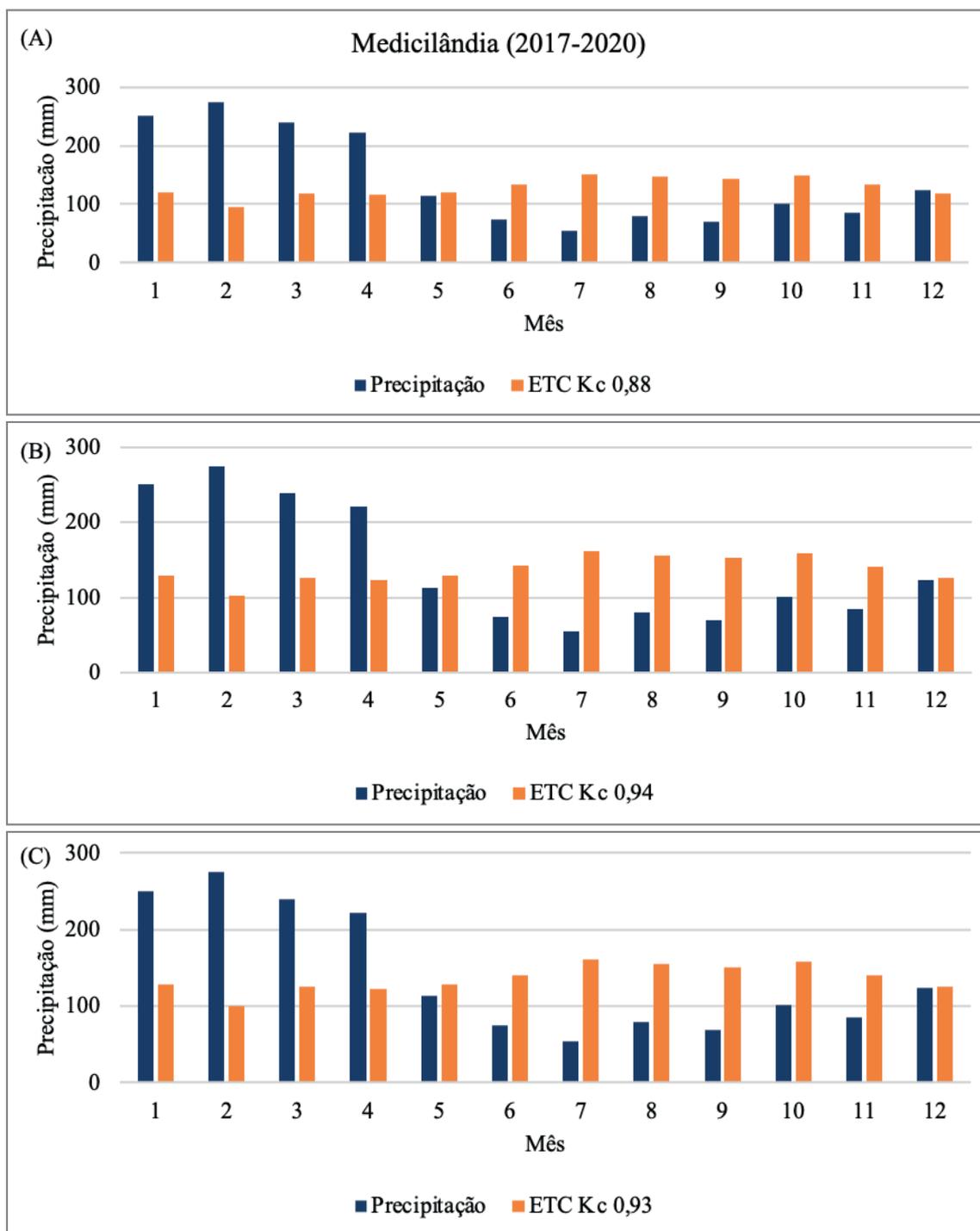


Figura 4. Total mensal de precipitação e evapotranspiração da cultura (ETC) do cacau na fase inicial do plantio (A); floração e desenvolvimento do fruto (B); e, maturação fisiológica e colheita dos frutos (C), no município de Medicilândia, região Transamazônica no estado do Pará.



Fonte: os autores.

Como pode ser observado, nos dois municípios a precipitação se concentra nos primeiros meses do ano. No município de Altamira, independente do estágio fenológico a demanda hídrica do cacauero é maior que a precipitação a partir do mês de Junho se estendendo até o final do ano, já no município de Medicilândia, independente do estágio fenológico, a demanda hídrica do cacauero é maior que a precipitação a partir do mês de Maio.

A tabela 1 apresenta de forma mais detalhada a quantidade de chuvas e de evapotranspiração da cultura do cacau considerando as diferentes fases de desenvolvimento da planta.

Tabela 1. Total mensal de chuva (mm) e evapotranspiração da cultura (mm) do cacau na fase inicial do plantio (Kc 0,88); floração e desenvolvimento do fruto (Kc 0,94); e, maturação fisiológica e colheita dos frutos (Kc 0,93) nos municípios de Altamira e Medicilândia, região Transamazônica no estado do Pará.

Altamira				
1991-2020	Precipitação (mm)	ETC Kc 0,88	ETC Kc 0,94	ETC Kc 0,93
Jan	284,7	151,2	161,5	159,8
Fev	330,3	128,0	136,7	135,3
Mar	399,5	140,8	150,4	148,8
Abr	365,6	136,8	146,1	144,6
Mai	232,9	148,8	158,9	157,2
Jun	102,9	141,5	151,2	149,6
Jul	-	147,7	157,8	156,1
Ago	34,2	163,5	174,6	172,7
Set	46,2	165,0	176,2	174,3
Out	58,0	177,2	189,3	187,3
Nov	90,5	171,0	182,8	180,8
Dez	164,0	167,2	178,6	176,7
Medicilândia				
2017-2020	Precipitação (mm)	ETC Kc 0,88	ETC Kc 0,94	ETC Kc 0,93
Jan	250,4	120,9	129,1	127,8
Fev	275,1	95,4	101,9	100,8
Mar	239,2	118,3	126,4	125,0
Abr	221,3	115,9	123,8	122,4
Mai	113,3	120,8	129,1	127,7
Jun	74,5	133,0	142,1	140,6
Jul	54,5	151,7	162,0	160,3
Ago	80,1	146,8	156,8	155,1
Set	69,2	142,8	152,5	150,9
Out	101,5	149,2	159,4	157,7
Nov	84,9	132,7	141,8	140,3
Dez	123,3	118,2	126,2	124,9

Fonte: os autores.

■ DISCUSSÃO

Segundo o Mapa (2020), as condições ideais de precipitação para o cacau são de 1.250 mm/ano bem distribuída durante os meses, com mínima de 100 mm/mês e com período seco não apresentando lâmina inferior a 60 mm/mês, sendo que a cultura é prejudicada quando atravessa um período de seca superior a 3 meses.

Ao relacionar essas informações com os dados apresentados anteriormente na tabela 1, observa-se que o município de Altamira possui déficit hídrico em alguns meses com relação as exigências da planta de cacau, onde a precipitação é inferior a 60 mm nos meses

de Agosto, Setembro e Outubro, porém, no município de Medicilândia apenas o mês de Julho apresenta lamina de chuva inferior a 60 mm.

Sendo assim, para realizar a implantação da cultura em campo no período seco, é recomendado a introdução de técnicas de manejo como a irrigação para compensar o déficit hídrico no solo (ARAÚJO, BOSCHILIA; SILVA, 2020). Portanto, se o plantio for realizado próximo, ou, nos meses onde a precipitação é inferior a 100 mm/mês, a irrigação torna-se indispensável para o estabelecimento da cultura em campo, assim como também será necessária para as fases de floração, desenvolvimento e maturação do fruto.

De acordo com Silva (2020), que avaliou a demanda hídrica do cacauzeiro irrigado e conduzido a pleno sol em Cruz das Almas - BA, o cacauzeiro em sua fase jovem demanda de 3,97 a 4,53 mm de água por dia, durante o ciclo de 1 ano da cultura. Considerando isso, a época recomendada para fazer o plantio em campo seria de janeiro a maio para o município de Altamira e janeiro a abril para o município de Medicilândia, porém é provável que as condições edafoclimáticas possa interferir nas exigências hídricas e fenologia da planta em diferentes regiões geográficas, o que permite sugerir estudos mais aprofundados para a cultura do cacau na região da Transamazônica.

Além da demanda hídrica, é importante salientar que existem outros fatores atrelados que estão associados às mudanças agroclimáticas e que podem provocar diferentes reações da planta. O cacauzeiro pode apresentar respostas sensíveis tanto por efeito do déficit hídrico quanto por aumento da temperatura, que podem ocasionar danos fisiológicos ou bioquímicos e conseqüentemente reduzir a produção (VENTURA; SOTO; OTINIANO, 2019). Outro estudo realizado por Gateau-Rey *et al.* (2018) avaliando efeitos de eventos climáticos como El Niño-Oscilação Sul (ENOS) em 2015-2016 na Bahia, apontam que a seca provocada pelo fenômeno ENOS causou a mortalidade em 15% e redução da produção em 89% no cacauzeiro, além do aumento da doença fúngica vassoura-de-bruxa (*Moniliophthora perniciosa*).

Para Igawa, Dos Anjos e Toledo (2021), existe a probabilidade de que as mudanças climáticas poderão promover perdas de produtividade e também alterações na adequação edafoclimática para o cacauzeiro no bioma amazônico brasileiro em um cenário futuro. Por outro lado, os autores destacam a importância da adoção de medidas que visam a redução das mudanças climáticas, como uso de sistemas agroflorestais e combate ao desmatamento ilegal.

Em estudo realizado por Niether *et al.* (2018), observaram que os sistemas agroflorestais associados a podas estratégicas em função do tempo e intensidade, amortecem efeitos de eventos climáticos extremos e propiciam microambientes que favorecem a produção de cacau.

Assim como os estudos citados acima, esse estudo poderá contribuir como material de referência para profissionais das agrárias e produtores rurais que desejam utilizar de técnicas de manejo para o cacauero, incentivando a tecnificação e desenvolvimento da agricultura na região da Transamazônica.

Diante de tais considerações, recomenda-se para trabalhos futuros um maior aprofundamento sobre a viabilidade econômica de implantação de sistemas de irrigação, tendo em vista que grande parte dos cacauicultores são pequenos produtores. Outra sugestão seria avaliar a tolerância de diferentes cultivares e/ou variedades de cacau submetidas a condições adversas de clima, correlacionando esses fatores à produtividade de cada material genético.

■ CONCLUSÃO

A precipitação total anual do município de Altamira e Medicilândia está acima da demanda hídrica anual do cacauero, porém existe uma forte sazonalidade em decorrência da má distribuição pluviométrica, podendo prejudicar o bom desenvolvimento e crescimento da planta.

Agradecimentos

À Universidade Federal do Pará.

■ REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. Evapotranspiration information reporting: II. Recommended documentation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 98, n. 6, p. 921-929, 2011.

ARAÚJO, A.; BOSCHILIA, S. M.; SILVA, M. M. **Cultura do cacau na Amazônia paraense: implantação, manejo e consórcio com espécies nativas**. – Belém: GCOM Gráfica e Editora, 2020. 71 p.

BOUIX, C. P. S.; DA SILVA BRAGA, L. G.; RAMOS, A. Manejo da irrigação em cacaueros na região sul da Bahia. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 4, p. 22820-22877, 2022.

IGAWA, T. K.; DOS ANJOS, L. J. S.; TOLEDO, P. M. MUDANÇAS CLIMÁTICAS E A PRODUÇÃO DE CACAU NO BIOMA AMAZÔNICO BRASILEIRO. **Revista Agroecossistemas**, v. 13, n. 2, p. 120-134, 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2021**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal - PAM**. Disponível em:<<https://sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 19 mai. 2022.

GATEAU-REY, L. et al. Climate change could threaten cocoa production: Effects of 2015-16 El Niño-related drought on cocoa agroforests in Bahia, Brazil. **PloS one**, v. 13, n. 7, p. 1-17, 2018.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Cartilha de boas práticas na lavoura cacaeira no estado do Pará** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação, Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. – Belém: Mapa/CEPLAC, 2020. 64 p.

NIETHER, W. et al. Shade trees and tree pruning alter throughfall and microclimate in cocoa (*Theobroma cacao* L.) production systems. **Annals of Forest Science**, v. 75, n. 2, pág. 1-16, 2018.

SILVA, G. S. **Demanda hídrica de cacaeiro irrigado e conduzido a pleno sol em Tabuleiro Costeiro do Recôncavo da Bahia**. 2020. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Área de Concentração: Agricultura Irrigada e Recursos Hídricos. Orientador: Prof. Dr. Francisco Adriano de Carvalho Pereira. Cruz das Almas, Bahia. 2020.

VENTURA, R. B.; SOTO, V. M.; OTINIANO, A. J. Efeito do déficit hídrico e do aumento de temperatura sobre variáveis produtivas fisiológicas e bioquímicas do “cacau” *Theobroma cacao* L. **Arnaldoa**, v. 26, n. 1, p. 287-296, 2019.

BIOINFORMÁTICA APLICADA ÀS CIÊNCIAS ÔMICAS: UMA BREVE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

| **Dalton Ferreira Matos**

Universidade Federal de Sergipe - UFS

| **Maria Cidinaria Silva Alves**

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

| **Denise Santos Ruzene**

Universidade Federal de Sergipe - UFS

| **Marcus Vinicius de Aragão Batista**

Universidade Federal de Sergipe - UFS

| **Daniel Pereira Silva**

Universidade Federal de Sergipe - UFS

RESUMO

A biotecnologia é uma ciência interdisciplinar que está ligada às inovações tecnológicas baseada em conhecimentos multidisciplinares que utilizam agentes biológicos para produzir produtos úteis em diversas áreas como na indústria, na saúde, no meio ambiente, ou até mesmo em áreas voltadas para a biologia marinha. Neste contexto, a biotecnologia ainda engloba a bioinformática, caracterizada pela utilização de softwares que são de suma importância para a grande maioria de estudos de cunho científico pertencentes às ciências ômicas, caracterizadas por sua vez pelas áreas: genômica, transcriptômica, proteômica e metabolômica. Com o passar dos anos, estas áreas vêm mostrando avanços que auxiliam na compreensão de diversos aspectos voltados para as ciências biológicas, como é o caso da descoberta de diversas vacinas, medicamentos, melhoramento genético de plantas, tecnologia de alimentos e entre outras. Assim, este trabalho teve como objetivo realizar uma breve revisão bibliográfica voltada para a bioinformática aplicada às ciências ômicas.

Palavras-chave: Ciências Computacionais, Ciências Ômicas, Bioinformática.

■ INTRODUÇÃO

Atualmente existem diversas terminologias para caracterizar o que seria a biotecnologia. Este campo de pesquisa pode ser definido como a aplicação de princípios científicos e tecnológicos empregados aos aspectos de cunho biológico. Pode ser aplicada a diversas áreas do conhecimento, como engenharia genética, biológica molecular, engenharias, bioquímica, entre outras, podendo ser consideradas uma área multidisciplinar (ZURRON, 2016).

A biotecnologia surgiu há milhares de anos, tendo como um dos exemplos clássicos a produção de vinho e cerveja, que após diversos aprimoramentos vem sendo aplicada hoje em diversos outros setores (FALEIRO *et al.*, 2011), como na saúde, através dos avanços no diagnóstico de determinadas doenças (KHAN *et al.*, 2022); na agricultura, por intermédio de melhoramento genético (STEINWAND; RONALD, 2020); nas indústrias, para elaboração de produtos fermentados (KARIM *et al.*, 2020), entre outras áreas.

Uma das esferas da biotecnologia é a bioinformática, que se caracteriza por estudar o genoma de uma determinada espécie, como também os transcritos, proteínas e metabolitos como um todo, usando de softwares e linguagens de programação específicos com o intuito de elucidar problemas biológicos complexos (CARVALHO *et al.*, 2019).

A bioinformática, como um ramo interdisciplinar da ciência, nos últimos anos, teve um impacto significativo em pesquisas de cunho biológico, como é o caso de procedimentos *in silico* voltados para análise de determinados dados biológicos, promovendo impactos em diferentes setores: industrial, medicina, desenvolvimento sustentável e agricultura, aplicando conhecimentos relacionados às áreas da genômica, transcriptômica, proteômica, metabolômica, entre outras pertencentes às ciências ômicas (CARVALHO *et al.*, 2019; WANG *et al.*, 2021; MITRA *et al.*, 2022).

A bioinformática inovou nos estudos voltados às ciências ômicas com o objetivo de compreender dados a respeito de uma grande variedade de fenômenos biológicos, em que algumas limitações existentes em trabalhos de caráter biológico podem ser solucionadas por uso de ferramentas de bioinformática. No entanto, estudos ômicos devem ser completados com experimentos biológicos para a confirmação dos determinados dados fornecidos computacionalmente (WENG *et al.*, 2014; LAI *et al.*, 2021; SANTIAGO-RODRIGUEZ; HOLLISTER, 2021).

Segundo Griffiths e colaboradores (2013), existem diferenças genéticas entre espécies que originam as variações destas e um exemplo é a diversidade de espécies pertencentes ao gênero *Phaseolus* (cerca de 70 delas) com as principais espécies domesticadas relacionadas às *P. acutifolius*, *P. coccineus*, *P. dumosus*, *P. lunatus*, e *P. vulgaris* (DELGADO-SALINAS *et al.*, 2006). Tal fato só foi possível de se descobrir por intermédio da bioinformática, mostrando a sua importância no campo científico. Diante do exposto, o presente trabalho tem

como objetivo realizar uma breve revisão bibliográfica voltada para a bioinformática aplicada às ciências ômicas, voltadas para o entendimento dos processos biológicos.

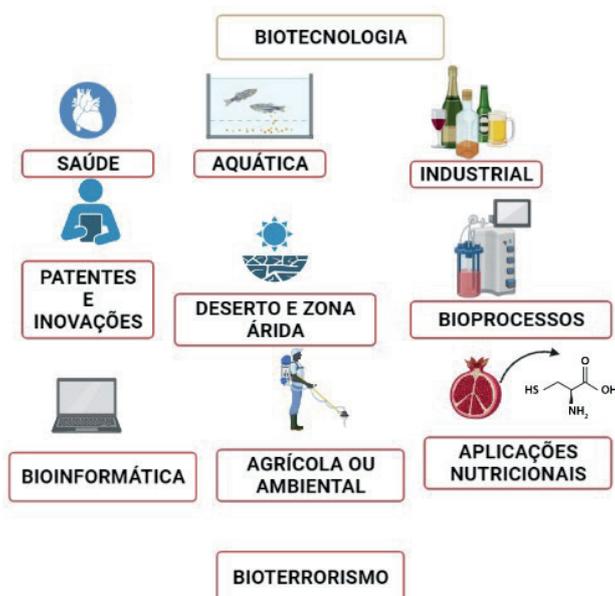
Biotecnologia

Segundo Malajovich (2012), o termo biotecnologia se enquadra como uma atividade baseada em conhecimentos multidisciplinares, que utilizam agentes biológicos para produzir produtos como, por exemplo, um aumento na produtividade de lavouras, ou até mesmo uma otimização de alimentos resistentes as secas, e a diversos predadores, como é o caso de insetos.

Ademais, a biotecnologia pode ser dividida em clássica e moderna. A biotecnologia clássica está relacionada com a produção de alimentos fermentados, como na produção de pão, queijo e vinho, enquanto a biotecnologia moderna está relacionada, em parte, com a engenharia genética, o DNA recombinante, cultura de células e tecidos, e entre outras aplicações (FALEIRO *et al.*, 2011).

Assim, a biotecnologia se torna aplicável em diversas áreas como, por exemplo, àquelas relacionadas ao meio ambiente, medicina, indústria, entre outras (Figura 1). Ademais, nos dias atuais, constata-se que as aplicações da biotecnologia continuam a se ampliar de acordo com o avanço da ciência, como exemplo das pesquisas relacionadas aos riscos e desafios no setor agrícola. No entanto, deve ser aplicada de forma adequada e criteriosa, trazendo assim melhorias voltadas à qualidade de vida em escala global. Assim, leguminosas podem alcançar um sistema agrícola robusto através de aplicações biotecnológicas (ADEOGUN, 2018; HARFOUCHE *et al.*, 2021; OLUWOLE *et al.*, 2021).

Figura 1. Áreas da Biotecnologia.



Fonte: Autores (2021).

Entre as empresas biotecnológicas voltadas para o setor do agronegócio, como aquelas que utilizam da biotecnologia focada na produção de cultivos para a geração de energia, principalmente cana-de-açúcar, os avanços foram significativos. No entanto, estas empresas de biotecnologia no Brasil apresentam metodologias diferentes, tornando difícil a identificação de um número exato de empresas atuantes nesse campo. Porém quase 70% das empresas que foram identificadas, que estão voltadas a trabalhos na área da biotecnologia, foram criadas nos primeiros anos deste século. Esse tipo de empresas parece ter as características básicas das empresas que lideram o modelo chamado *science based business*, empresas de negócios baseados na ciência (BIANCHI, 2013).

Outro exemplo das aplicações da biotecnologia são as grandes indústrias com a utilização de biocatálise de gases sólidos para a produção de aromas ou na bioinformática, área nova da biotecnologia que vem sendo aplicada para analisar, por exemplo, determinados genes do sistema imunológico e proteínas de diversas espécies (CORDERO-SOTO *et al.*, 2020; CHENG *et al.*, 2021).

Além de desenvolver estudos em diversas esferas, as técnicas envolvidas nessa área disseminaram um elevado avanço no meio científico, proporcionando, por exemplo, a manipulação de genes, como é o caso da técnica de CRISPR/Cas9 (KHAN, 2019). Porém pesquisadores devem levar em consideração que no meio científico tudo é possível, mas nem tudo é permitido: todos devem aplicar as questões éticas em suas pesquisas, pois a bioética está interligada diretamente com as leis biológicas, médicas e agrônômicas, sendo necessário adotar uma conduta moral, responsável em seu ambiente de trabalho (HORN, 2015).

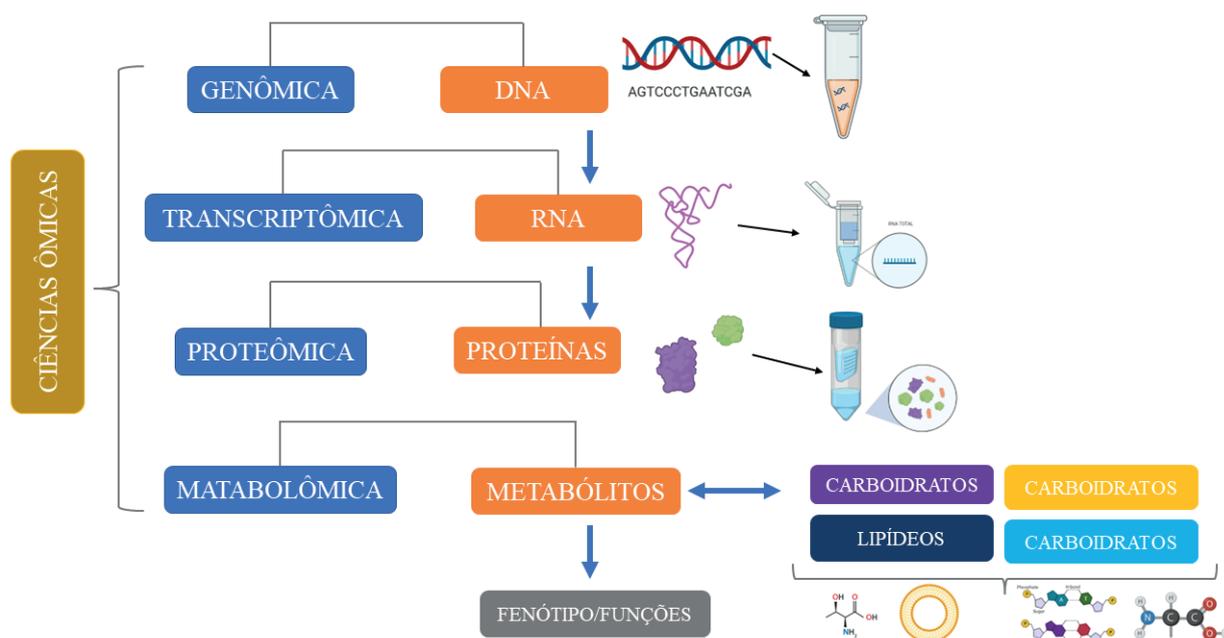
Bioinformática aplicada às ciências ômicas

A biotecnologia está ligada diretamente às inovações tecnológicas, sendo uma dessas áreas a bioinformática, com suas aplicações crescendo nos últimos anos juntamente com o avanço das ciências ômicas (CARVALHO *et al.*, 2019).

Assim, a bioinformática pode ser dividida em duas categorias: i. bioinformática tradicional, relacionada a problemas que enfatizam sequências de nucleotídeos e aminoácidos; e ii. bioinformática estrutural, que relaciona questões biológicas a um ponto de vista tridimensional, abordando técnicas relacionadas a química computacional, ou quimioinformática (VERLI, 2014).

Essa área se caracteriza pela utilização de softwares que são essenciais para a maioria dos estudos científicos, visando constituir uma infraestrutura adequada, desde o sequenciamento genômico até a interpretação de todos os dados pertencentes às ciências ômicas. Os campos de estudo pertencentes às ciências ômicas são: genômica, transcriptômica, proteômica e metabolômica (Figura 2) (HANUSSEK *et al.*, 2020).

Figura 2. Fluxograma das áreas pertencentes as ciências ômicas.



Fonte: Autores (2021).

Existem três categorias de experimentos: estudos *in vitro*, estudos *in vivo* e estudos *in silico*. Cada tipo de estudo tem suas particularidades, no entanto, existem vários obstáculos em relação a integração de diferentes métodos como *in vivo*, *in vitro* e métodos *in silico*; ressaltando que alguns obstáculos estão relacionados às técnicas, à semântica, ou até mesmo o quadro geral de cada técnica (BENFENATI *et al.*, 2010).

O método *in vitro* não envolve o uso de animais, além de geralmente ser bem mais econômico financeiramente e mais rápido, sendo adequado para a realização de pesquisas de cunho mecânico, utilizando tubos de ensaio ou placas de laboratório. O método *in vivo* se caracteriza por experimentos que utilizam organismos vivos, como a questão de animais de laboratório, sendo que este método requer recursos destinados também a manutenção das instalações para os animais. O método *in silico*, por sua vez, é baseado em dados experimentais, através de ferramentas computacionais e possui baixo custo, além do tempo de execução ser reduzido, sendo testes complementares aos métodos de busca experimentais, como por exemplo os experimentos voltados para a proteômica, estando ligado diretamente ao campo da bioinformática, que vem desempenhando um papel de suma importância no campo da agricultura (JENKINS *et al.*, 2006; BENFENATI *et al.*, 2010; HAKEEM *et al.*, 2019).

O objetivo da utilização de ferramentas *in silico* é organizar e apresentar um determinado resultado significativo, pois essas ferramentas têm a capacidade de organizar uma quantidade elevada de biodados. Essas ferramentas computacionais estão sendo melhoradas constantemente, visando maior precisão e simplicidade, sendo essenciais nas análises de dados (TABRIZI; JAMI, 2020).

Toda via, as ferramentas de bioinformática podem desempenhar um papel durante as análises, porém cada ferramenta computacional vai depender do objetivo da análise, pois muitas ferramentas são usadas com o intuito de combinar áreas ômicas, como transcriptômica e proteômica, para aumentar a precisão e qualidade do trabalho (SRINIVASAN *et al.*, 2020). Como, por exemplo, as análises de agrupamento voltadas para determinados dados biológicos, ou cruzamentos e análises de enriquecimento, que podem permitir uma abordagem mais precisa, pois as análises de agrupamento precisam ser analisadas de forma integrada pelas múltiplas características tecnológica, genética, bioquímica e entre outras áreas da biologia (DINIZ *et al.*, 2019).

Na literatura científica existem diversos trabalhos que retratam a utilização da biotecnologia voltada para a bioinformática em estudos *in silico* como, por exemplo, estudos voltados para oncologia (JÄGER, 2021) ou compreensão de vírus, como é o caso do novo SARS-Cov-2 (RAY *et al.*, 2020), aplicações em estudos voltados para a botânica (GIUDICE *et al.*, 2019; ASULIMAN *et al.*, 2021), ou até mesmo estudos voltados para as ciências de alimentos (PRAKASH *et al.*, 2020).

Posto isso, podemos definir as principais subáreas das ciências ômicas, tendo a genômica o intuito de analisar o genoma completo de uma determinada espécie; a transcriptômica o intuito de estudar os transcritos; a proteômica, por sua vez, estudando as proteínas e a metabolômica estudando os metabolitos (WANG *et al.*, 2021; PANYARD *et al.*, 2021; SAAD *et al.*, 2021; JIN *et al.*, 2021; YESILTAS *et al.*, 2021).

Segundo Shirai e Okada (2021), os dados voltados às ciências ômicas disponíveis melhoram tanto na questão de quantidade, como também em qualidade, tanto nas pesquisas científicas voltadas para o sequenciamento de genes como também no sequenciamento de RNA, abrindo portas para novos estudos que antes não eram acessíveis. No entanto, ainda existem algumas limitações a respeito de ferramentas de bioinformática aplicadas as ciências ômicas, como a falta de acesso a algumas ferramentas, complexidade de aplicação dessas ferramentas e até mesmo incoerência dos resultados laboratoriais, necessitando de ferramentas mais precisas (TABRIZI; JAMI, 2020).

Bioinformática aplicada a genômica

Por intermédio da descoberta da estrutura molecular do DNA em 1950 pelos pesquisadores James Watson, Francis Crick e Rosalind Franklin, deduzindo que a partir da estrutura molecular o DNA continha informações descritas em um código genético, posteriormente foi possível realizar estudos mais aprofundados a respeito do genoma não só humano, como também de outras espécies, por intermédio de aplicações da bioinformática (GRIFFITHS, 2013).

A bioinformática aplicada a estudos genômicos possui o potencial de acelerar a produção de culturas melhoradas, como também de auxiliar na segurança alimentar diante das mudanças climáticas existentes, impactando na sociedade em diversos países desenvolvidos como é o caso dos Estados Unidos da América e em países em desenvolvimento como é o caso de países pertencentes ao continente africano (BATLEY; EDWARDS, 2016).

Como por exemplo, o estudo proposto por Nascimento *et al.* (2020), visando a aplicação da genômica e bioinformática com o objetivo de melhorar safras em mudanças de temperatura, utilizando a cepa *Bacillus megaterium*, que é uma bactéria promotora de crescimento em plantas, sendo versátil e resistente a estresses, possuindo potencial para a agricultura e biotecnologia.

Na área médica, podemos citar o exemplo da aplicação genômica realizado na África, segundo o trabalho de Karikari e Aleksic (2015), a respeito da obtenção de informações sobre doenças do cérebro (como no caso das doenças neurodegenerativas de Parkinson e Alzheimer), podendo melhorar a precisão no diagnóstico e no tratamento dessas doenças.

Assim, com a aplicação de novas tecnologias genômicas, governos possuem a oportunidade de melhorar a saúde pública empregando novas tecnologias, como a genômica (RIAZ *et al.*, 2019), além do desenvolvimento de culturas com uma produtividade bem mais efetiva, com resistência a estresses abióticos e bióticos (YU *et al.*, 2022).

A educação voltada para essa ciência se torna cada vez mais essencial para que tecnologias genômicas sejam utilizadas de forma responsável (WHITLEY *et al.*, 2020). Os principais interessados na esfera da genômica incluem não só pesquisadores, como também pacientes, grupos de defesa e formuladores de políticas públicas. Isso ocorre graças ao fato de que a genômica desencadeia novas políticas para poder desenvolver novos conhecimentos pertencentes a essa área que é bastante vasta (LEMKE; HARRIS-WAI, 2015).

Deve-se levar em consideração que a genômica voltada para saúde foi integrada com o intuito de auxiliar os serviços tradicionais voltados para a saúde pública, prometendo oferecer cuidados mais adaptados e precisos, beneficiando a população (MOLSTER *et al.*, 2018).

No Brasil, a genômica pode ter surgido em meados de 1992, por meio dos estudos de Sergio Pena e Andrew Simpson, em que os pesquisadores verificaram marcadores de sequência genética realizados no helminto *Schistosoma mansoni*, responsável pela doença Esquistossomose. Todavia, a genômica no Brasil teve repercussão nos anos 2000 por intermédio do sequenciamento completo da *Xylella fastidiosa*, que é um patógeno dos citros. Posteriormente surgiu uma série de estudos, baseados em consórcios de pesquisa em diversas espécies, como por exemplo em protozoários, plantas e animais (SALZANO, 2018).

O número de genomas sequenciados vem aumentando ao longo dos anos, a bioinformática permite uma análise rápida e confiável dessas informações (HINES; RAHMAN, 2019).

Esses bancos de dados genômicos são considerados algumas das ferramentas de pesquisa mais importantes para o avanço científico no campo da genômica (HETU *et al.*, 2019).

Com isso, essa área nos mostra que tem relevância em diversas aplicações como: na saúde, através da farmacogenômica no desenvolvimento de novos medicamentos (OVERKLEEF *et al.*, 2020); na agronomia, auxiliando na compreensão do funcionamento dos genes de diversas plantas como é o caso do algodão (ASHRAF *et al.*, 2018); na pecuária, visando a melhoria da saúde de abelhas (TIWARI; ZAYED, 2021); na tecnologia de alimentos, utilizando bactérias do ácido lático aplicadas na fermentação de alimentos (YI *et al.*, 2022), entre outras áreas.

Bioinformática aplicada a transcriptômica

Na primeira etapa do processo de síntese de proteína, o DNA de um determinado gene é copiado, formando outra molécula linear denominada de RNA, sendo o processo de cópia denominado transcrição, onde diversos genes possuem a capacidade de codificar proteínas e são transcritos no RNAm, e por fim são traduzidos em suas respectivas proteínas (GRIFFITHS, 2013; NUSSBAUM *et al.*, 2016).

Assim, transcriptômica pode ser definida como aquela ciência cujo campo de estudo analisa os transcritos, tendo como definição o conjunto de técnicas moleculares com o intuito de verificar a dinâmica dos ácidos ribonucleicos - RNAs em análises biológicas, como é o caso de trabalhos de única célula, órgãos ou em sistemas biológicos mais complexos (BENEDETTO *et al.*, 2021).

A transcriptômica auxiliou na elucidação de como se compreendeu a forma em que o genoma era expresso, podendo ser aplicada em outras áreas das ciências ômicas, como é o caso de estudos voltados a análise abrangente de metabolômica e transcriptômica em células de pulmões, contendo células cancerígenas (LOWE *et al.*, 2017; RUIYING *et al.*, 2020), além da proteômica, onde são fornecidos os dados a respeito da expressão funcional de proteínas de transcritos regulados (TICA *et al.*, 2018).

Um exemplo da aplicabilidade da transcriptômica e/ou RNA-Seq ocorre através das ferramentas na pré-triagem de toxinas putativas em espécies venenosas, como é o caso de serpentes, sendo esse método importante para se analisar ou verificar em um primeiro contato, possíveis venenos, particularmente de organismos negligenciados e de difícil acesso, podendo ser utilizados na produção de soros antiofídicos (REUMONT, 2018).

Segundo Aldridge e Teichmann (2020), a transcriptômica é uma fonte promissora em estudos de única célula, podendo ser aplicadas em diversos tecidos, como por exemplo no tecido cerebral, que é considerado uma região complexa. No trabalho de Pei *et al.* (2021) os pesquisadores analisaram a aplicação da transcriptômica em cérebros de primatas,

verificando o desenvolvimento do cérebro, o envelhecimento, além dos possíveis efeitos tóxicos e doença do cérebro.

Em contrapartida, é imprescindível salientar que essa área sofre dificuldades como qualquer outra área pertencente às ciências ômicas, em que a transcriptômica tem como dificuldade processar grandes quantidades de dados; porém, novos métodos estão sendo desenvolvidos para tentar suprir essa dificuldade (YANG *et al.*, 2021).

Sanada esta problemática, e conforme a transcriptômica avance, em um futuro próximo poderemos compreender mecanismos de especificidade sináptica por intermédio de modelagem computacional, ou até mesmo identificar de forma mais precisa doenças como o câncer através de novos biomarcadores (SIMON; KONSTANTINES, 2021; LAM *et al.*, 2021).

Bioinformática aplicada a proteômica

O proteoma é um grupo completo de proteínas de uma determinada célula, tecido ou uma determinada amostra biológica. Em contraste com outras pertencentes ao campo das ciências ômicas, como a transcriptômica, que analisa os transcritos e a genômica que estuda o genoma de diferentes espécimes, o campo de estudo do proteoma é denominado de proteômica (NUSSBAUM *et al.*, 2016; MANZONI *et al.*, 2018). A proteômica verifica as propriedades estruturais, funcionais e dinâmicas das proteínas, proporcionando avanço em pesquisas de ciências biológicas (SUNDAR; SINGH, 2018).

Com o surgimento da proteômica houve desenvolvimento de novas tecnologias e métodos robustos voltados para as ciências ômicas, abrindo novas porta para identificação de novos alvos terapêuticos (AMER; BAIDOO, 2019; DOLL *et al.*, 2019).

Sendo amplamente utilizada em diferentes campos de pesquisa, além da esfera da saúde, como por exemplo: elucidação de biomarcadores de uma determinada doença, como o câncer (XIAO *et al.*, 2022), na agricultura, por estudos que verifiquem a interação entre plantas e bactérias (SRIPRAPAT *et al.*, 2020), estudos envolvendo protozoários (AMIRI-DASHATAN *et al.*, 2021), fungos (TOMÉ *et al.*, 2019) e entre esferas das ciências biológicas.

Para verificar e analisar o proteoma, ao longo dos anos surgiram equipamentos e técnicas que permitiram a sua análise, como a técnica de eletroforese, cromatografia líquida e espectrometria de massa (CARVALHO *et al.*, 2019). Há técnicas de espectrometria de massa com a capacidade de extrair mais informações do componente proteico, utilizando fluxos de trabalhos mais simples (PARKER *et al.*, 2021).

Na literatura científica, diversos trabalhos usaram essa metodologia para avaliar o proteoma de espermatozoides de carneiro (ZHU *et al.*, 2020), ou até mesmo em estudos envolvendo a oncologia (JIA *et al.*, 2020).

Outra questão que se deve levar em consideração é que por intermédio de novas abordagens e métodos, se pode oferecer o rastreamento de forma mais rápida e precisa de um determinado proteoma, onde juntamente com a junção de outras atividades ômicas, como genômica e transcriptômica, irá fornecer uma quantidade maior de dados (LINDOSO *et al.*, 2019). A eficiência envolvendo essas análises de forma mais precisa nesse campo, só será possível através da utilização de softwares específicos e por uso de linguagens de programação como Python, R, Perl e MATLAB (HALDER *et al.*, 2021).

Assim sendo, a proteômica, em conjunto com as outras áreas pertencentes às ciências ômicas, mostra sua importância no campo científico com o intuito de elucidar diversas questões biológicas, em que os softwares e algoritmos de bioinformática vêm avançando com o passar dos anos, juntamente com as técnicas de proteômica, podendo assim elucidar novos alvos terapêuticos para doenças que ainda não existem cura (CARVALHO *et al.*, 2019).

Bioinformática aplicada a metabolômica

Com o avanço das ciências ômicas outras áreas passaram a surgir, como a metabolômica que é considerada o estudo de compostos de baixa massa molecular e tecidos biológicos. Outras áreas como genômica, transcriptômica e proteômica, estão passando por uma fase de crescimento, assim como as outras áreas pertencentes às ciências ômicas (WISHART, 2016; FRAGA-CORRAL *et al.*, 2020).

A metabolômica é considerada um campo novo, constituindo um instrumento inovador, que possui várias aplicações em diferentes campos da ciência como em tecnologias de alimentos, com o intuito de verificar o papel de compostos bioativos em alimentos vegetais e animais (MUNEKATA *et al.*, 2022), na agropecuária pela verificação da atividade imunomoduladora de plantas alimentícias (SAFRIANI *et al.*, 2022), na saúde pelo estudo do risco de seres humanos desenvolverem diabetes tipo 2 (WITTENBECHER *et al.*, 2022), nos estudos de micro-organismos (YE *et al.*, 2022) e entre outros campos pertencentes à ciência.

Deve-se considerar que as análises metabolômicas podem ser aplicadas em outras áreas voltadas as ciências ômicas, como, por exemplo, a proteômica e a transcriptômica, podendo descobrir novos genes e/ou proteínas, que conduzem diversos produtos biológicos. No entanto, as informações metabolômicas podem ser adquiridas de forma prática se em comparação com outras análises ômicas, como a genômica e transcriptômica, por possuir uma maior quantidade de dados (PINU *et al.*, 2019).

Sendo que, com o número de informações em grande escala voltadas para este campo, está havendo um aumento de mesma proporção em que estas informações estão sendo validadas de forma experimental ou de forma *in silico*, estando cada vez maiores, permitindo a análise de dados multi-ômicos de várias amostras biológicas (EICHER *et al.*, 2020).

Deve-se levar em consideração que com o avanço tecnológico e científico, permitiram a quantificação em grande escala de forma confiável dos metabólitos, como também a quantificação de diversos metabólitos em amostras biológicas distintas como, por exemplo, sangue e urina (BEGER *et al.*, 2016).

De acordo com o estudo de Chu *et al.* (2019), os níveis de metabólitos podem variar conforme o tecido que está sendo estudado, no entanto, com o genoma não ocorre essa variação, resultando em amostras biológicas mais simples, em que pesquisadores estão utilizando metabólitos para verificar as implicações funcionais de polimorfismos de nucleotídeos. Dessa forma, oferece uma abordagem precisa, revelando a qualidade de produtos biológicos através de perfis químicos (metabolomas) que estão diretamente ligados ao fenótipo e funções bioquímicas de uma determinada espécie (WISHART, 2016; SUH, 2022).

O metaboloma é dinâmico e rico e se mostra parcialmente como um produto biológico de nossas proteínas codificadas por genes, como também é um produto fruto dos metabólitos dos micróbios, que fazem parte da flora intestinal de diversas espécies, como também do ar que respiramos, dos alimentos que comemos e da água que bebemos (BEGER *et al.*, 2016).

Os dados de metabolômicos são de extrema importância para a compreensão biológica pela sua interpretação de amostras de sangue e plasma sanguíneo, além de abranger outras categorias de tecido, como no caso de estudos que verificam metabólitos em cabelos, unhas ou outros tecidos (CHU *et al.*, 2019).

A aplicação da metabolômica em diversos estudos utilizando a bioinformática enriquecem não só o conhecimento em bioquímica, mas também promovem o progresso em outras áreas pertencentes à ciência ômica como a genômica, transcriptômica e proteômica. Isso só é possível através de avanços tecnológicos em informática, bem como a bioinformática, para a interpretação e compreensão de dados de metabolitos (TSUGAWA, 2018).

Prospecção e importância da modelagem molecular

Modelagem de homologia, triagem virtual, *docking* molecular e simulação de dinâmica molecular estão entre as estratégias mais utilizadas devido à sua ampla gama de aplicações na análise de eventos de reconhecimento molecular (AISSOUQ *et al.*, 2022).

A modelagem molecular é um conjunto de ferramentas utilizadas para a construção, edição, visualização, análise e armazenamento de sistemas moleculares complexos. É utilizada através de métodos computacionais, surgindo como uma alternativa, especialmente após o desenvolvimento de programas capazes de calcular a estrutura com comprometimento adequado entre velocidade e precisão de determinadas moléculas (LIPKOWITZ; BOYD, 1996).

A modelagem molecular é uma técnica computacional desenvolvida para acessar a estrutura química, incluindo a análise conformacional, parâmetros estereoelétricas e

físico-químicos, auxiliando na interpretação das correlações entre a estrutura química de uma substância e sua atividade biológica (BARREIRO *et al.*, 1997).

Essa avaliação é realizada através de ferramentas *in silico*, utilizadas para a seleção das moléculas virtuais mais promissoras. Existe uma diversidade de softwares, que fornecem acesso para prever propriedades físico-químicas e farmacocinéticas, que demonstraram uma forte correlação linear entre os valores previstos e experimentais (KHAMEES *et al.*, 2022).

No entanto, existem outros softwares que são utilizados para modelagem molecular, no qual funciona através de linhas de comando, analisando modelagem comparativa de estrutura de proteínas, além de apresentar um protocolo complexo que acaba requerendo estudos de manuais e tutoriais a respeito do programa (MATHUR *et al.*, 2011).

De acordo com o estudo de Lu *et al.* (2006), a modelagem molecular pode fornecer imagens em resolução atômica e até eletrônica, prevendo interações em nanoescala de combinações desconhecidas de materiais biológicos visando sua utilização em produtos nanotecnológicos. Além disso, a modelagem molecular pode analisar proteínas de suporte, redesenhando proteínas localizadas no plasma de mamíferos.

O desenho molecular auxiliado por um computador pode ser formulado com o objetivo de encontrar compostos que correspondem a um conjunto especificado de propriedades, como por exemplo gerar e testar grupos funcionais de proteínas, combinação de grupos em moléculas quimicamente viáveis e entre outras aplicações (HARPER *et al.*, 1999).

■ CONCLUSÃO

A bioinformática aplicada às ciências ômicas, em especial a genômica, transcriptômica e proteômica, vem demonstrando ao longo dos anos avanços que auxiliaram na compreensão em diversos aspectos de cunho biológico, como na descoberta de diversas vacinas e medicamentos e no melhoramento genético de plantas. Com isso, o presente trabalho demonstrou brevemente os principais conceitos, estruturas, características, percepções e aplicações dessa área na biotecnologia. Todavia, deve-se levar em consideração que, com o surgimento de novas ferramentas e linguagens de computação, será facilitada ainda mais a elucidação de novas doenças, haverá o melhoramento de plantas, além de diversas outras inovações e aplicações, demonstrando o grande impacto que a biotecnologia tem na ciência.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro de agências brasileiras de fomento à pesquisa como CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) sob o Código Financeiro 001, e CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

■ REFERÊNCIAS

ADEOGUN, B. K. Biotechnology and its applications: a review. *Applied Research Journal of Biotechnology*, v. 1, n.1, 1-4, 2018. Disponível em: <https://skies.education/wp-content/uploads/sites/4/Biotechnology-and-ItsApplications-A-Review-se-j-arjb-2018.0101001.pdf>.

ASHRAF, J; ZUO, D; WANG, Q; MALIK, W; ZHANG, Y; CHENG, M. A. H; YANG, Q; SONG, G. Recent insights into cotton functional genomics: progress and future perspectives. **Plant biotechnology journal**, v. 16, n. 3, p. 699-713, 2018.

ALDRIDGE, S; TEICHMANN, S. A. Single cell transcriptomics comes of age. **Nature Communications**, v. 11, n. 1, p. 1-4, 2020.

AMER, B; BAIDOO, E. E. K. Omics-Driven Biotechnology for Industrial Applications. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 9, p. 30, 2021.

AMIRI-DASHATAN, N; AHMADI, N; REZAEI-TAVIRANI, M; KOUSHKI, M. Identification of differential protein expression and putative drug target in metacyclic stage of *Leishmania major* and *Leishmania tropica*: A quantitative proteomics and computational view. **Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases**, v. 75, p. 101617, 2021.

ASULIMAN, S; YAGI, S; ELBASHIR, A. A; MOHAMMED, I; HUSSEIN, A; AK, G; ZENGİN, G; ORLANDO, G; FERRANTE, C. Phenolic profile, enzyme inhibition and antioxidant activities and bioinformatics analysis of leaf and stem bark of *Ficus sycomorus* L. **Process Biochemistry**, v. 101, p. 169-178, 2021.

AISSOUQ, A; BOUCHEINW, M; OUAMMOU, A; KHALIL, F. Homology modeling, virtual screening, molecular docking, molecular dynamic (MD) simulation, and ADMET approaches for identification of natural anti-Parkinson agents targeting MAO-B protein. **Neuroscience Letters**, v. 786, p. 136803, 2022.

BARREIRO, E. J; RODRIGUES, C. R; ALBUQUERQUE, M. G; SANT'ANNA, C. M. R; ALENCASTRO, R. B. Modelagem molecular: uma ferramenta para o planejamento racional de fármacos em química medicinal. **Química nova**, v. 20, p. 300-310, 1997.

BENFENATI, E; GINI, G; HOFFMANN, S; LUTTIK, R. Comparing in vivo, in vitro and in silico methods and integrated strategies for chemical assessment: problems and prospects. **Alternatives to laboratory animals**, v. 38, n. 2, p. 153-166, 2010.

BIANCHI, C. A Indústria Brasileira de Biotecnologia: montando o quebra cabeça. **Revista Economia & Tecnologia**, v. 9, n. 2, p. 90-107, Abr/ Jun, 2013. Disponível em: [Disponível em: https://revistas.ufpr.br/ret/article/viewFile/30907/20977](https://revistas.ufpr.br/ret/article/viewFile/30907/20977)

BATLEY, J; EDWARDS, D. The application of genomics and bioinformatics to accelerate crop improvement in a changing climate. **Current opinion in plant biology**, v. 30, p. 78-81, 2016.

BEGER, R. D; DUNN, W; SCHMIDT, M. A; GROSS, S. S; KIRWAN J. A; CASCANTE, M; BRENNAN, L; WISHART D. S; ORESIC, M; HANKEMEIER, T; BROADHURST, D. I; LANE, A. N; SUHRE, K; KASTENMÜLLER, G; SUMNER, S. J; THIELE, I; FIEHN, O; KAD-DURAH-DAOUK, R. Metabolomics enables precision medicine: "a white paper, community perspective". **Metabolomics**, v. 12, n. 9, p. 1-15, 2016.

BENEDETTO, A; PEZZOLATO, M; BIASIBETTI, E; BOZZETTA, E. Omics applications in the fight against abuse of anabolic substances in cattle: challenges, perspectives and opportunities. **Current Opinion in Food Science**, 2021.

CARVALHO, L. M; BORELLI, G; ASSIS, M. A; FERRAZ, S. M. F; FIAMENGHI, M. B; JOSÉ, J; MOFATTO, L. S; NAGAMATSU, S. T; PERSINOTI, G. F; SILVA, N. V; VASCONCELOS, A. A; PEREIRA, G. A. G, CARAZZOLLE, M. F. Bioinformatics applied to biotechnology: A review towards bioenergy research. **Biomass and Bioenergy**, v. 123, p. 195-224, 2019.

CHU, S. H; HUANG, M; KELLY, R. S; BENEDETTI, E; SIDDIQUI, J; ZELEZNIK, O. A; PEREIRA, A; HERRINGTON, D; WHEELLOCK, C. E; KRUMSIEK, J; MCGEACHIE, M; MOORE, S. C; KRAFT, P; MATHÉ, E; LASKY-SU; J; BEHALF, A. Integration of metabolomic and other omics data in population-based study designs: An epidemiological perspective. **Metabolites**, v. 9, n. 6, p. 117, 2019.

CORDERO-SOTO, I. N; CASTILLO-ARAIZA, C. O; GARCÍA-MARTÍNEZ, L, E; PRADO-BARRAGÁN, A. P; HUERTA-OCHOA, S. Solid/gas biocatalysis for aroma production: An alternative process of white biotechnology. **Biochemical Engineering Journal**, p. 107767, 2020.

CHENG, Q; CHEN, X; WU, H; DU, Y. Three hematologic/immune system-specific expressed genes are considered as the potential biomarkers for the diagnosis of early rheumatoid arthritis through bioinformatics analysis. **Journal of Translational Medicine**, v. 19, n. 1, p. 1-15, 2021.

DELGADO-SALINAS, A; BIBLER, R; LAVIN, M. Phylogeny of the genus *Phaseolus* (Leguminosae): a recent diversification in an ancient landscape. **Systematic Botany**, v. 31, n. 4, p. 779-791, 2006.

DOLL, S; GNAD, F; MANN, M. The Case for Proteomics and Phospho-Proteomics in Personalized Cancer Medicine. **PROTEOMICS–Clinical Applications**, v. 13, n. 2, p. 1800113, 2019.

DINIZ, A. L; FERREIRA, S. F; CATEN, F. T; MARGARIDO, G. R. A; SANTOS, J. M.; BARBOSA, G. V. S; CARNEIRO, M. S; SOUZA G. M. Genomic resources for energy cane breeding in the post genomics era. **Computational and structural biotechnology journal**, v. 17, p. 1404-1414, 2019.

EICHER, T; KINNEBREW, S; PATT, A; SPENCER, K; YING, K; MA, Q; MACHIRAJU, R; MATHÉ, E. Metabolomics and multi-omics integration: a survey of computational methods and resources. **Metabolites**, v. 10, n. 5, p. 202, 2020.

FALEIRO, F. G; ANDRADE, S. R. M; REIS JUNIOR, F. B. Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária. **Embrapa Cerrados-Livro técnico (INFOTECA-E)**, 2011.

FRAGA-CORRAL, M; CARPENA, M; GARCIA-OLIVEIRA, P; PEREIRA, A. G; PIETRO, M. A; SIMAL -GANDARA, J. Analytical metabolomics and applications in health, environmental and food science. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**, p. 1-23, 2020.

GRIFFITHS, A. J. F. **Introdução à Genética**. 10ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

GIUDICE, C. L; HERNÁNDEZ, I; CECI, L. R; PESOLE, G; PICARDI, E. RNA editing in plants: A comprehensive survey of bioinformatics tools and databases. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 137, p. 53-61, 2019.

HARPER, P. M; GANI, R; GANIA, R; KOLAR, P; ISHIKAWA, T. Computer-aided molecular design with combined molecular modeling and group contribution. **Fluid Phase Equilibria**, v. 158, p. 337-347, 1999.

HAKEEM, K. R; BANAGANAPALLI, N. A. S. B; ELANGO, R. **Essentials of Bioinformatics**, 3. Ed, 2019.

HORN, P. *The Philosophical Basis of Bioethics. Seminars in Pediatric Neurology*, v. 22, p. 196-200, 2015.

HETU, M; KOUTOUKI, K; JOLY, Y. Genomics for All: International open science genomics projects and capacity building in the developing world. **Frontiers in genetics**, v. 10, p. 95, 2019.

HINES, H. M; RAHMAN, S. R. Evolutionary genetics in insect phenotypic radiations: the value of a comparative genomic approach. **Current opinion in insect science**, v. 36, p. 90-95, 2019.

HANUSSEK, M; BARTUSCH, F; KRÜGER, J. BOOTABLE: Bioinformatics benchmark tool suite for applications and hardware. **Future Generation Computer Systems**, v. 102, p. 1016-1026, 2020.

HALDER, A; VERMA, A; BISWAS, D; SRISVASTAVA, S. Recent advances in mass-spectrometry based proteomics software, tools and databases. **Drug Discovery Today: Technologies**, 2021.

HARFOUCHE, A. L; PETOUSI, V; MEILAN, R; SWEET, J; TWARDOWSKI, T; ALTMAN, A. Promoting ethically responsible use of agricultural biotechnology. **Trends in plant science**, v. 26, n. 6, p. 546-559, 2021.

JENKINS, J. L; BENDER; DAVIES, J. W. In silico target fishing: Predicting biological targets from chemical structure. **Drug Discovery Today: Technologies**, v. 3, n. 4, p. 413-421, 2006.

JIA, K; ZHAO, X; DANG, X. Mass spectrometry-based iTRAQ analysis of serum markers in patients with pancreatic cancer. **Oncology letters**, v. 19, n. 6, p. 4106-4114, 2020.

JÄGER, N. Bioinformatics workflows for clinical applications in precision oncology. In: **Seminars in Cancer Biology**. Academic Press, 2021.

JIN, M; WANG, Y; NA, X; KANG, H; WANG, Y; WANG, G; GAO, Y; WU, S; REINACH, P. S; LIU, Z; XUE, Y; LI, C. Phenotypic and transcriptomic changes in the corneal epithelium following exposure to cigarette smoke. **Environmental Pollution**, p. 117540, 2021.

KARIKARI, T. K; ALEKSIC, J. Neurogenomics: an opportunity to integrate neuroscience, genomics and bioinformatics research in Africa. **Applied & translational genomics**, v. 5, p. 3-10, 2015.

KHAN, S. H. Genome-editing technologies: concept, pros, and cons of various genome-editing techniques and bioethical concerns for clinical application. **Molecular Therapy-Nucleic Acids**, v. 16, p. 326-334, 2019.

KARIM, A; GERLIANI, N; AÍDER, M. Kluyveromyces marxianus: Uma fábrica emergente de células de levedura para aplicações em alimentos e biotecnologia. **International Journal of Food Microbiology**, v. 333, p. 108818, 2020.

KHAN, M. S; SHADMAN, S. A.; KHANDAKER, M. M. R. Advances and current trend of bioactive papers and paper diagnostics for health and biotechnological applications. **Current Opinion in Chemical Engineering**, v. 35, p. 100733, 2022.

KHAMEES, H. A; SRINIVAS, M. S; NAGARAJA, O; MADEGOWDA, M; VAHINI, V; CHALUVAIAH, K; DASAPPA, J. P; WARAD, I. Studies on New Imidazo [2, 1-b] [1, 3, 4] thiadiazole Derivatives: Molecular Structure, Quantum Chemical Computational, and In silico Study of Inhibitory Activity Against Pim-1 Protein by Using Molecular Modelling Methods and ADMET Profiling. **Journal of Molecular Structure**, p. 134161, 2022.

LIPKOWITZ, K. B; BOYD, D. B. **Reviews in Computational Chemistry 7**. VCH, 1996.

LU, D; AKSIMENTIEV, A; SHIH, A. Y; CRUZ-CHU, E; FREDDOLINO, P. L; ARKHIPOV, A; SCHULTEN, K. The role of molecular modeling in bionanotechnology. **Physical Biology**, v. 3, n. 1, p. S40, 2006.

LEMKE, A. A; HARRIS-WAI, J. N. Stakeholder engagement in policy development: challenges and opportunities for human genomics. **Genetics in Medicine**, v. 17, n. 12, p. 949-957, 2015.

LOWE, R; BLEACKLEY, M; DOLAN, S; SHAFEE, T. Transcriptomics technologies. **PLoS computational biology**, v. 13, n. 5, p. e1005457, 2017.

LINDOSO, R. S; KASAI-BRUNSWICK, T. H; CAHLI, G. M; COLLINO, F; CARVALHO, A. B; CARVALHO, A. C. C; VIEYRA, A. Proteomics in the world of induced pluripotent stem cells. **Cells**, v. 8, n. 7, p. 703, 2019.

LAI, K. P; ZHIYUAN, G. O. N. G; TSE, W. K. F. Zebrafish as the toxicant screening model: Transgenic and omics approaches. **Aquatic Toxicology**, p. 105813, 2021.

LAM, K. K; THEAN, L. F; CHEAH, P. Y. Advances in colorectal cancer genomics and transcriptomics drive early detection and prevention. **The international journal of biochemistry & cell biology**, v. 137, p. 106032, 2021.

MATHUR, A; SHANKARACHARYA; VIDYARTHI, A. S. SWIFT MODELLER: a JAVA based GUI for molecular modeling. **Journal of molecular modeling**, v. 17, n. 10, p. 2601-2607, 2011.

MALAJOVICH, M. A. Biotecnologia 2011. **Rio de Janeiro, Edições da Biblioteca Max Feffer do Instituto de Tecnologia ORT**, p. 39-50, 2012.

MANZONI, C; KIA, D. A; VANDROVCOVA, J; HARDY, J; WOOD, N. W; LEWIS, P. A; FERRARI, R. Genome, transcriptome and proteome: the rise of omics data and their integration in biomedical sciences. **Briefings in bioinformatics**, v. 19, n. 2, p. 286-302, 2018.

MOLSTER, C. M; BOWMAN, F. L; BILKEY, G. A; CHO, A. S; BURNS, B. L. The evolution of public health genomics: exploring its past, present, and future. **Frontiers in public health**, v. 6, p. 247, 2018.

MITRA, D; MITRA, D; BENSAD, M. S; SINHA, S; PANT, K; PANT, M; PEYADARSHINI, A; SINGH, P; DASSAMIOUR, S; HAMBABA, L; PANNEERSELVAM, P; MOHAPATRA, P. K. Evolution of Bioinformatics and its impact on modern bio-science in the twenty-first century: special attention to pharmacology, plant science and drug discovery. **Computational Toxicology**, p. 100248, 2022.

MUNEKATA, P. E. S; PATEIRO, M; ROCCHETTI, G; DOMÍNGUEZ, R; ROCHA, J. M; LORENZO, J. Application of metabolomics to decipher the role of bioactive compounds in plant and animal foods. **Current Opinion in Food Science**, p. 100851, 2022.

NASCIMENTO, F. X; HERNÁNDEZB, A. G; GLICKC, B. R; ROSSIB, M. J. Plant growth-promoting activities and genomic analysis of the stress-resistant *Bacillus megaterium* STB1, a bacterium of agricultural and biotechnological interest. **Biotechnology Reports**, v. 25, p. e00406, 2020.

OLUWOLE, O. O; AWORUNSE, O. S; AINA, A. I; OYESOLA, O, L; POPOOLA, J. O; OYATOMI, O. A; ABBERTON, M. T; OBEMBE, O. O. A review of biotechnological approaches towards crop improvement in African yam bean (*Sphenostylis stenocarpa* Hochst. Ex A. Rich.). **Heliyon**, v. 7, n. 11, p. e08481, 2021.

OVERKLEEF, R; TOMMEL, J; EVERS, A; W. M; DUNNEN, J. T; ROOS, M; HOEFMANS, M-. J; SCHRADER, W. E; SWEN, J. J; NUMANS, M. E; HOUWINK, E. J. F. Using personal genomic data within primary care: a bioinformatics approach to pharmacogenomics. **Genes**, v. 11, n. 12, p. 1443, 2020.

PINU, F. R; BEALE, D. J; PATEN, A. M; KOUREMENOS, K; SWARUP, S; SCHIRRA. H. J; WISHART, D. Systems biology and multi-omics integration: viewpoints from the metabolomics research community. **Metabolites**, v. 9, n. 4, p. 76, 2019.

PRAKASH, B; SINGH, P. P; KUMAR, A; GUPTA, V. Prospects of omics technologies and bioinformatics approaches in food science. In: **Functional and Preservative Properties of Phytochemicals**. Academic Press, 2020.

PANYARD, D. J; KIM, K, M; DARST, B. F; DEMING, Y, K; ZHONG, X; WU, Y; KANG, H; CARLSSON, C. M; JOHNSON, S. C; ASTHANA, S; ENGELMAN, C. D; LU, Q. Cerebrospinal fluid metabolomics identifies 19 brain-related phenotype associations. **Communications biology**, v. 4, n. 1, p. 1-11, 2021.

PARKER, G. J; MCKIERNA, H. E; LEGG, K. M; GOECKER, Z. C. Forensic proteomics. **Forensic Science International: Genetics**, p. 102529, 2021.

PEI, W; FU, L; L, S-.F; YU, Y. Brain transcriptomics of nonhuman primates: a review. **Neuroscience Letters**, p. 135872, 2021.

REUMONT, B. M. V. Studying smaller and neglected organisms in modern evolutionary venomics implementing RNASeq (transcriptomics)—A critical guide. **Toxins**, v. 10, n. 7, p. 292, 2018.

RIAZ, M; TILLER, J; AJMAL, M; AZAM, M; QAMAR, R; LACAZE, P. Implementation of public health genomics in Pakistan. **European Journal of Human Genetics**, v. 27, n. 10, p. 1485-1492, 2019.

RAY, M; SABLE, M. N; SARKAR, S; HALLUR, V. Essential interpretations of bioinformatics in COVID-19 pandemic. **Meta gene**, p. 100844, 2020.

RUIYING, C; ZEYUN, L; YONGLIAN, Y; ZIJIA, Z; JI, Z; XIN, T; XIAOJIAN, Z. A comprehensive analysis of metabolomics and transcriptomics in non-small cell lung cancer. **PloS one**, v. 15, n. 5, p. e0232272, 2020.

SALZANO, F. M. The evolution of science in a Latin-American country: genetics and genomics in Brazil. **Genetics**, v. 208, n. 3, p. 823-832, 2018.

SUNDAR, S; SINGH, B. Understanding Leishmania parasites through proteomics and implications for the clinic. **Expert review of proteomics**, v. 15, n. 5, p. 371-390, 2018.

SRINIVASAN, E; NATARAJAN, N; RAJASEKARAN, R. TTRMDB: A database for structural and functional analysis on the impact of SNPs over transthyretin (TTR) using bioinformatic tools. **Computational Biology and Chemistry**, v. 87, p. 107290, 2020.

STEINWAND, M. A; RONALD, P. C. Crop biotechnology and the future of food. **Nature Food**, v. 1, n. 5, p. 273-283, 2020.

SRIPRAPAT, W; ROYTRAKUL, S; THIRAVETYAN, P. Proteomic studies of plant and bacteria interactions during benzene remediation. **Journal of Environmental Sciences**, v. 94, p. 161-170, 2020.

SAAD, N. S. M; SEVERN-ELLIS, A. A; PRADHAN, A; EDWARDS, D; BATLEY, J. Genomics armed with diversity leads the way in Brassica improvement in a changing global environment. **Frontiers in Genetics**, v. 12, 2021.

SANTIAGO-RODRIGUEZ, T. M.; HOLLISTER, E. B. Multi 'omic data integration: A review of concepts, considerations, and approaches. In: **Seminars in Perinatology**. WB Saunders, p. 151456. 2021.

SHIRAI, Y; OKADA, Y. Elucidation of disease etiology by trans-layer omics analysis. **Inflammation and Regeneration**, v. 41, n. 1, p. 1-7, 2021.

SIMON, F; KONSTANTINIDES, N. Single-cell transcriptomics in the Drosophila visual system: Advances and perspectives on cell identity regulation, connectivity, and neuronal diversity evolution. **Developmental Biology**, 2021.

SAFRIANI, N; ZAKARIA, F. R; PRANGDIMURTI, E; SUWARTI, VERPOORTE, R; YULIANA, N. D. Using metabolomics to discover the immunomodulator activity of food plants. **Heliyon**, p. e09507, 2022.

SUH, J. H. Critical review: metabolomics in dairy science-evaluation of milk and milk product quality. **Food Research International**, p. 110984, 2022.

NUSSBAUM, R. L; MCINNES, R. R; WILLARD, H. F. Thompson e Thompson Genética Médica, 8ed. Elsevier Editora Ltda, Rio de Janeiro, 2016.

TICA, J; BRADBURY, E. J.; DIDANGELOS, A. Combined transcriptomics, proteomics and bioinformatics identify drug targets in spinal cord injury. **International journal of molecular sciences**, v. 19, n. 5, p. 1461, 2018.

TSUGAWA, H. Advances in computational metabolomics and databases deepen the understanding of metabolisms. **Current opinion in biotechnology**, v. 54, p. 10-17, 2018.

TOMÉ, L. M. R; BADOTTI, F; ASSIS, G. B. N; FONSECA, P. L. C; SILVA, G. A; SILVEIRA, R. M. B; COSTA-REZENDE, D. H; SANTOS, E. R. D; AZEVEDO, V. A. C; FIGUEIREDO, H. C. P; GÓES-NETO, A. Proteomic fingerprinting for the fast and accurate identification of species in the Polyporoid and Hymenochaetoid fungi clades. **Journal of proteomics**, v. 203, p. 103390, 2019.

TABRIZI, Z. P; JAMI, M-. J. Selection of suitable bioinformatic tools in micro-RNA research. **Gene Reports**, p. 100893, 2020.

TIWARI, T; ZAYED, A. Practical Applications of Genomics in Managing Honey bee Health. **Veterinary Clinics: Food Animal Practice**, v. 37, n. 3, p. 535-543, 2021.

VERLI, H. Bioinformática: da biologia à flexibilidade molecular. 2014.

WENG, R. R; SHUM H.-W; CHIN, S.-W; KAO, Y; CHEN, T.-W; LIAO, C.-C; TSAY, Y.-G; NG, W. V. OMICS in ecology: systems level analyses of *Halobacterium salinarum* reveal large-scale temperature-mediated changes and a requirement of CctA for thermotolerance. **Omics: a journal of integrative biology**, v. 18, n. 1, p. 65-80, 2014.

WISHART, D. S. Emerging applications of metabolomics in drug discovery and precision medicine. **Nature reviews Drug discovery**, v. 15, n. 7, p. 473-484, 2016.

WHITLEY, K. V; TUELLER, J. A; WEBER, K. Scott. Genomics education in the era of personal genomics: academic, professional, and public considerations. **International journal of molecular sciences**, v. 21, n. 3, p. 768, 2020.

WANG, T; CHEN, L; HUANG, P; YANG, T; ZHANG, S; ZHAO, L; CHEN, L; YE, Z; LUO, L; QUIN, J. Association of maternal gut microbiota and plasma metabolism with congenital heart disease in offspring: a multi-omic analysis. **Scientific reports**, v. 11, n. 1, p. 1-11, 2021.

WITTENBECHER, C. GUASCH-FERRÉ, M; HASLAM, D. E; DENNIS, C; LI, J; BHUPATHIRAJU, S. N; LEE, C.-H; QI, Q; LIANG, L; ELIASSEN, A. H; CLISH, C; SUN, Q; HU, F. B. Changes in metabolomics profiles over ten years and subsequent risk of developing type 2 diabetes: Results from the Nurses' Health Study. **EBioMedicine**, v. 75, p. 103799, 2022.

WANG, Y; ZHAO, Y; BOLLAS, A; WANG, Y; AU, K. F. Nanopore sequencing technology, bioinformatics and applications. **Nature biotechnology**, v. 39, n. 11, p. 1348-1365, 2021.

XIAO, Y; BI, M; GUO, H; LI, M. Multi-omics approaches for biomarker discovery in early ovarian cancer diagnosis. **EBioMedicine**, v. 79, p. 104001, 2022.

YESILTAS, B; GREGERSEN, S; LAEGSGAARD, L; BRINCH, M. L; OLSEN, T. H; MARCATILI, P; OVERGGARD, M. T; HANSEN, E. B; JACOBSEN, C; GARCÍA-ZHU, W; CHENG, X; REN, C; CHEN, J. ZHANG, Y; CHEN, A; JIA, X; WANG, S; SUN, Z; ZHANG, R; ZHAND, Z. Proteomic characterization and comparison of ram (*Ovis aries*) and buck (*Capra hircus*) spermatozoa proteome using a data independent acquisition mass spectrometry (DIA-MS) approach. **PloS one**, v. 15, n. 2, p. e0228656, 2020.

YANG, Y; SUN, H; ZHANG, Y; YANG, Y; WU, D; YU, D. Dimensionality reduction by UMAP reinforces sample heterogeneity analysis in bulk transcriptomic data. **bioRxiv**, 2021.

YE, D; LI, X; SHEN, J; XIA, X. Microbial metabolomics: From novel technologies to diversified applications. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, p. 116540, 2022.

YI, Y; LI, P; ZHAO, F; ZHANG, T; SHAN, Y; WANG, X; LIU, B; CHEN, Y; CHEN, Y; ZHAO, X; LÜ, X. Current status and potentiality of class II bacteriocins from lactic acid bacteria: Structure, mode of action and applications in the food industry. **Trends in Food Science & Technology**, 2022.

YU, S; ALI, J; ZHOU, S; REN, G; XIE, H; XU, J; YU, X; ZHOU, F; PENG, S; MA, L; YUAN, D; LI, Z; CHEN, D; ZHENG, R; ZHAO, Z; CHU, C; YOU, A; YU, W; ZHANG, Q. From Green Super Rice to green agriculture: reaping the promise of functional genomics research. **Molecular Plant**, v. 15, n. 1, p. 9-26, 2022.

ZURRON, A. C. B. P. **Biologia molecular e biotecnologia**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A, 2016. 224 p.

ZHU, W; ZHANG, Y; REN, C-. H; CHENG, X; CHEN, J-. H; GE, Z-. Y; SUN, Z-. P; ZHUO, X; SUN, F-. F; CHEN, Y-. L; JIA, X-. J; ZHANG, Z. Identification of proteomic markers for ram spermatozoa motility using a tandem mass tag (TMT) approach. **Journal of proteomics**, v. 210, p. 103438, 2020.

COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA, FITOSSOCIOLOGIA E DIVERSIDADE DE PLANTAS DANINHAS EM PASTAGENS DEGRADADAS

| **Mário Luiz Ribeiro Mesquita**

Universidade Estadual do Maranhão - Campus Bacabal

| **Márcia Gabrielly Brito da Silva**

Universidade Estadual do Maranhão - Campus Bacabal

| **Antônio Lopes do Bonfim Neto**

Universidade Estadual do Maranhão - Campus Bacabal

RESUMO

A ocorrência de plantas daninhas é o primeiro sinal consistente da degradação das pastagens. Estudos sobre a ecologia das plantas daninhas são essenciais para subsidiar a aplicação de métodos de controle. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a composição florística, a fitossociologia e a diversidade das comunidades de plantas daninhas em pastagens degradadas em quatro municípios do estado do Maranhão. A metodologia utilizada foi a do quadro inventário, com 10 amostras em cada pastagem. As espécies foram identificadas e contadas. Foram computados a densidade, a frequência, a abundância e o valor de importância de cada espécie. A diversidade florística foi calculada pelo Índice de Diversidade de Shannon. Em todo o estudo foram registrados 1.661 indivíduos de 13 espécies, pertencentes a seis famílias botânicas. A família que teve a maior riqueza florística foi a Asteraceae, com quatro espécies seguida por Cyperaceae, Malvaceae, Poaceae e Rubiaceae, com duas espécies cada. [*Rhynchospora nervosa* (Vahl) Boeckeler] foi a espécie dominante nas pastagens dos municípios de Bacabal e Lago Verde. Ela produz composto tóxico (nitrito), que causa intoxicação, com sintomas de fotossensibilização, que pode matar os animais. *Cyperus luzulae* L. foi a mais importante nos municípios de São Luís Gonzaga e Bom Lugar. A diversidade florística foi maior em Bom Lugar, indicando que as pastagens deste município estão mais degradadas do que as demais. Conclui-se que as pastagens pesquisadas se encontram no nível moderado de degradação. Mais estudos são necessários para determinar métodos sustentáveis de controle de plantas daninhas para a recuperação das pastagens

Palavras-chave: Invasão Biológica, Alelopatia, Competição.

■ INTRODUÇÃO

Mapeamento realizado pela Fundação Getúlio Vargas feito para quantificar a área de pastagem no Brasil mostra que, aproximadamente 20% da área territorial brasileira (169 milhões de hectares), são ocupados por pastagens e informa que cerca de 30% da referida área está degradada ou em processo de degradação (Fundação Getúlio Vargas, 2016).

A infestação de plantas daninhas é o primeiro sinal consistente de degradação das pastagens. Isso ocorre devido a práticas inadequadas de manejo, incluindo o uso sistemático de taxas de lotação que excedem a capacidade do pasto de se recuperar do pastejo e do pisoteio e a falta de manutenção periódica da fertilidade do solo. Estas práticas resultam no aparecimento de áreas descobertas no solo que são invadidas pelas plantas daninhas.

O aumento na ocorrência de plantas daninhas, resulta na redução gradual da capacidade de suporte das pastagens. Assim, a infestação de plantas daninhas é o principal problema agrônomico que afeta a atividade pecuária extensiva no Nordeste do Brasil, particularmente no estado do Maranhão (DIAS-FILHO, 2011)

Dias Filho (2017) sugere uma classificação das pastagens composta por quatro níveis de degradação. No nível 1 (Leve) a pastagem ainda é produtiva, mas já contém áreas de solo descoberto ou com a ocorrência de plantas daninhas. A rebrota do capim após o pasto é lenta e a capacidade de suporte cai cerca de 20%. No nível 2 (Moderado) observa-se aumento na infestação de plantas daninhas ou no percentual do solo descoberto, a capacidade de suporte cai entre 30 e 50%. No nível 3 (Forte) é considerado como degradação agrícola. A capacidade de suporte cai entre 60 e 80%. No nível 4 (Muito forte) é a degradação biológica, com a predominância de solo descoberto. A capacidade de suporte cai acima de 80%.

O Maranhão tem o segundo maior rebanho bovino do Nordeste com 7.643.128 cabeças perdendo apenas para o Estado da Bahia, que possui o efetivo de 10.758.372 (IBGE, 2016).

As plantas daninhas interferem no crescimento e no rendimento das pastagens por meio de competição por nutrientes, água, luz e espaço. Além disso, muitas espécies possuem mecanismos alelopáticos que impedem o crescimento de espécies forrageiras a elas associadas resultando em decréscimo no rendimento na ordem de 96% (SCHUSTER *et al*, 2016; DIAS FILHO, 2017).

Pesquisas sobre identificação e quantificação de espécies de plantas daninhas em áreas de pastagens foram realizadas por diversos autores (CARVALHO *et al.*, 2018; COSTA *et al.*, 2013; FERREIRA *et al.*, 2014; GHANIZADEH e HARRINGTON, 2019; KURDIOKOVA *et al.*, (2018); LIMA *et al.*, 2017; LIRA *et al.*, 2020; LUSTOSA *et al.*, 2016; MARQUES *et al*, 2019; SANTOS *et al.*, 2018; SCHUSTER *et al.*, 2016; SOUSA e SOUSA, 2021; ZEB *et al.*,

2017). No entanto, pouco se conhece sobre a ocorrência de plantas daninhas em pastagens no Maranhão.

O conhecimento sobre a composição florística, a identificação das principais espécies por meio de análises fitossociológicas e a determinação da diversidade florística das comunidades de plantas daninhas são cruciais para a proposição programas de controle de plantas daninhas nas pastagens.

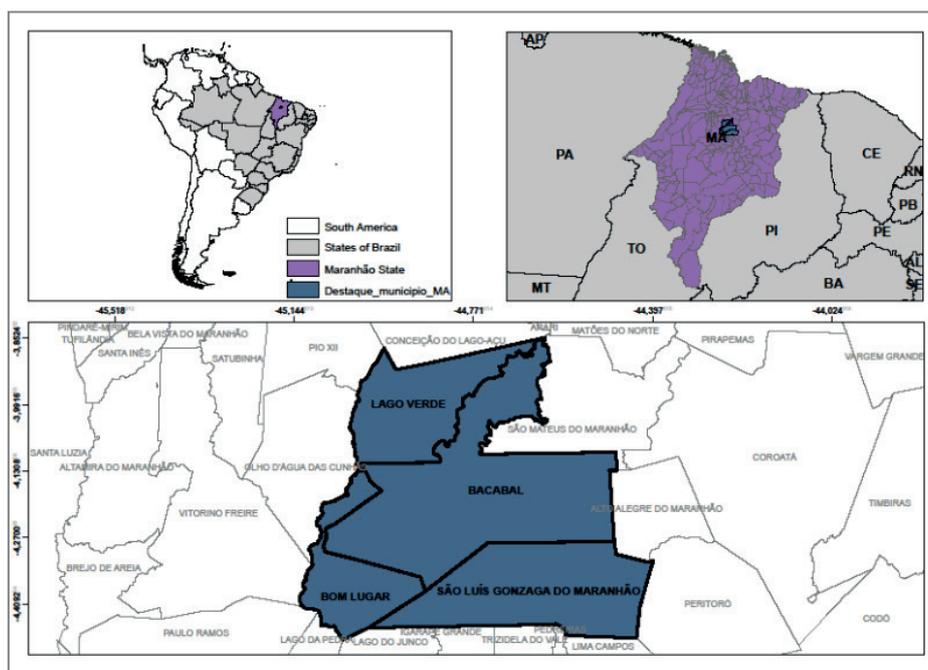
Nesse contexto, o presente estudo objetiva investigar a composição florística, a fitossociologia e a diversidade das plantas daninhas presentes em pastagens degradadas no estado do Maranhão.

■ MÉTODO

Características do local da pesquisa

O levantamento fitossociológico foi realizado em pastagens degradadas de capim *Brachiaria* spp. com aproximadamente dez anos de idade, nos municípios de Bacabal (4°14'15.3"S e 44°58'39.6"W), São Luiz Gonzaga (02° 31' 47" S e 44° 18' 10" W), Lago Verde (4°07'47.8"S e 44°56'56.5"W e Bom Lugar (4°21'35.7"S e 45°02'42.7"W) na microrregião do Médio Mearim, no estado do Maranhão, nordeste do Brasil entre os meses de janeiro a maio de 2021 (Figura 1).

Figura 1. Mapa com a localização dos municípios de Lago Verde, Bacabal, Bom Lugar e São Luis Gonzaga, estado do Maranhão.



Em todas as pastagens dos municípios pesquisados a forrageira cultivada é a *Brachiaria brizantha*, com exceção de Bom Lugar, onde a forrageira é a *Brachiaria ruzizensis* e São Luiz Gonzaga que além da *B. Brizantha* também cultiva *Panicum maximum*.

O controle de plantas daninhas é feito por meio dos métodos mecânico, com roço e químico, com a aplicação de herbicidas em todas as pastagens, com exceção de Bom Lugar onde o controle é feito apenas por meio dos métodos mecânico, com roço.

O clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, tropical, quente e úmido, com uma estação chuvosa que vai de janeiro a junho e uma seca, de julho a dezembro. A temperatura média é de 25°C e a precipitação é de aproximadamente 1.800 mm por ano.

O relevo é plano e suave ondulado. A altitude é de aproximadamente 38 metros. É visível a presença de morros residuais em alguns trechos. Essas formas foram modeladas nos siltitos, argilitos e às vezes arenitos argilosos e folhelhos que fazem parte da litologia da Formação Itapecuru que deu origem aos Plintossolos, Argissolos e Latossolos, que predominam na região EMBRAPA, (2018).

A vegetação natural da área pertence à Floresta Ombrófila Aberta com Babaçu (*Attalea speciosa* Mart.) Arecaceae, que não corresponde mais à descrição original devido à prática de corte e queima da vegetação tanto para implantação de pastagens, quanto para plantio de arroz, milho, feijão-caupi, mandioca e hortaliças.

Levantamento florístico

A amostragem foi feita pelo método do quadro inventário, por meio de um dispositivo de ferro vazado com as dimensões de 0,80 m x 0,50 m (0.40 m²). O dispositivo foi lançado aleatoriamente 10 vezes sobre cada pastagem. Após a coleta, as plantas foram separadas, contadas e identificadas por espécie.

As espécies foram identificadas por meio de comparações com outras já identificadas na literatura (LORENZI, 2008) e também por meio de consultas a especialistas.

A lista florística com famílias e espécies foi organizada de acordo com o sistema de classificação estabelecido nas diretrizes do Angiosperm Phylogeny Group IV (APG IV, 2016). Todos os nomes científicos e seus autores foram confirmados após verificação no Internacional Plant Names Index (IPNI, 2021).

Após o levantamento e a identificação, as plantas daninhas foram prensadas em duas peças de MDF de 40 cm x 20 cm e desidratadas em temperatura ambiente. Após a secagem, as exsiccatas foram montadas e organizadas e o material testemunho foi depositado no Herbário Maranhão Continental-BMA, da Universidade Federal do Maranhão, Campus Bacabal.

Avaliação da fitossociologia

O número de indivíduos de cada espécie identificada no levantamento florístico serviu de base para o cálculo dos seguintes parâmetros fitossociológicos: frequência, densidade e abundância absolutas e relativas e do valor de importância de cada espécie.

A densidade mostra o número de indivíduos de cada espécie por unidade de área. A frequência permite avaliar a distribuição das espécies na área. A abundância mostra a relação entre o número total de indivíduos de uma espécie e o número total de unidades amostrais que contém a espécie.

A frequência, a densidade e a abundância relativas informam a relação de cada espécie com as outras encontradas na área. O valor de importância indica quais são as espécies mais importantes nas áreas estudadas sob o ponto de vista quantitativo e qualitativo. (MULLER-DOMBOIS; ELLEMBERG, 1974).

Os parâmetros fitossociológicos foram calculados usando as seguintes fórmulas:

$$\text{Frequência Absoluta (FA)} \quad FA_i = \frac{N_{Ui}}{N_{UT}}$$

FA_i = Frequência absoluta da espécie i

N_{Ui} = Número de unidades amostrais com a presença da espécie i

N_{UT} = Número total de unidades amostrais

$$\text{Frequência Relativa (FR)} \quad FR_i = \frac{FA_i}{\sum FA} \times 100$$

FR_i = Frequência relativa da espécie i

FA_i = Frequência absoluta da espécie i

$\sum FA$ = Soma de todas as frequências absolutas

$$\text{Densidade Absoluta (DA)} \quad DA_i = \frac{N_i}{A}$$

DA_i = Densidade absoluta da espécie i

N_i – Número total de indivíduos da espécie i

A = Área amostrada em hectare

$$\text{Densidade Relativa (DR)} \quad DR_i = \frac{DA_i}{\sum DA} \times 100$$

DR_i = Densidade relativa da espécie i

DA_i = Densidade absoluta da espécie i

$\sum DA$ = Soma de todas as densidades absolutas

$$\text{Abundância Absoluta (ABA)} \quad ABA_i = \frac{N_i}{N_{UTi}}$$

ABA_i = Abundância absoluta da espécie i

N_i = Número total de indivíduos da espécie i

NUT_i = Número total de unidades amostrais que contém a espécie i

$$\text{Abundância relativa (ABR)} \quad ABR_i = \frac{ABA_i}{\sum ABA} \times 100$$

ABR_i = Abundância relativa da espécie i

ABA_i = Abundância absoluta da espécie i

$\sum ABA$ = Soma de todas as abundâncias absolutas

$$\text{Valor de Importância (VI)} = FR + DR + ABR$$

FR = Frequência relativa

DR = Densidade relativa

ABR = Abundância relativa

Avaliação da diversidade florística

A diversidade florística de cada local foi avaliada por meio do cálculo do Índice de Diversidade de Shannon (H') com base no logaritmo natural, que considera o peso igual entre as espécies raras e abundantes. Considera-se que quanto maior o valor de H' , maior a diversidade florística (SHANNON; WEAVER, 1949). O Índice de Diversidade de Shannon foi calculado pela fórmula:

$$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Onde

\ln é o logaritmo natural; $p_i = n_i / N$; n_i é o número de indivíduos amostrados da espécie i ; e N é o número total de indivíduos amostrados. O resultado é expresso em dígitos naturais (nats) por indivíduo, pois a fórmula usa uma base logarítmica e . O Índice de Diversidade de Shannon varia de 1,5 a 3,5 e dificilmente ultrapassa 4,0 (KWAK; PETERSON, 2007).

■ RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total foram registrados 1.661 indivíduos de 13 espécies de plantas daninhas pertencentes a seis famílias botânicas (Tabela 1).

Tabela 1. Lista de espécies, famílias e número de indivíduos de plantas daninhas encontradas em pastagens degradadas nos municípios de Bacabal (P1), São Luiz Gonzaga (P2), Lago Verde (P3) e Bom Lugar (P4), estado do Maranhão, 2021.

Espécie	Família	Número de indivíduos			
		P1	P2	P3	P4
<i>Alternanthera tenella</i> Colla	Amaranthaceae	-	14	39	47
<i>Acanthospermum australe</i> (Loefl.) Kuntze	Asteraceae	-	-	8	-
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Asteraceae	50	-	-	-
<i>Bidens pilosa</i> L.	Asteraceae	-	-	-	4
<i>Galinsoga parviflora</i> L.	Asteraceae	20	-	-	-
<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Retz.	Cyperaceae	-	204	89	103
<i>Rhynchospora nervosa</i> (Vahl) Boeckeler	Cyperaceae	274	195	94	97
<i>Sida glaziovii</i> K. Schum	Malvaceae	-	-	-	41
<i>Urena lobata</i> L.	Malvaceae	-	20	-	-
<i>Brachiaria mutica</i> (Forssk.) Stapf	Poaceae	-	26	72	-
<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R. Br.	Poaceae	84	141	-	-
<i>Mitracarpus hirtus</i> (L.) DC.	Rubiaceae	-	-	-	13
TOTAL 13		428	600	355	305

A família que teve a maior riqueza florística foi a Asteraceae, com quatro espécies, seguida por Cyperaceae, Malvaceae, Poaceae e Rubiaceae, com duas espécies cada.

Por um lado, A família Asteraceae contém espécies que produzem muitas sementes pequenas, que tem como principal característica, a facilidade de dispersão pelo vento, facilitando a formação de bancos de sementes no solo, a germinação e o crescimento em áreas abertas nas pastagens (KURDIOKOVA, 2018).

Por outro lado, a riqueza florística da família Cyperaceae reflete a habilidade da propagação vegetativa, por meio de um complexo sistema subterrâneo que consiste de estolhos, rizomas e tubérculos. Além disso, a formação de significativo banco de sementes no solo é um importante componente de regeneração para muitas espécies desta família (LECK; SCHÜTZ, 2005)

Resultados similares foram relatados por Lustosa *et al.* (2016) em pastagens degradadas no sul do Brasil, por Zeb *et al* (2017), em pastagens no Paquistão, por Carvalho *et al.* (2018), em pastagens degradadas em Araguatins, estado do Tocantins, onde também foram encontradas 13 espécies da família Asteraceae, e por Sousa e Sousa (2021) em pastagens degradadas no estado de Rondônia.

O número de espécies identificadas neste estudo (n = 13) é menor do que aquele observado em pastagens degradadas em Manaus, por Costa *et al.* (2013), no médio vale do rio Doce, por Ferreira *et al.* (2014), na região do nordeste paraense, por Lima *et al.* (2017), no estado do Paraná, por Marques *et al.* (2019), em pasagens na Nova Zelândia, por Ganizadech e Harrington, (2019) e na região do Cariri paraibano, por Lira *et al.* (2020).

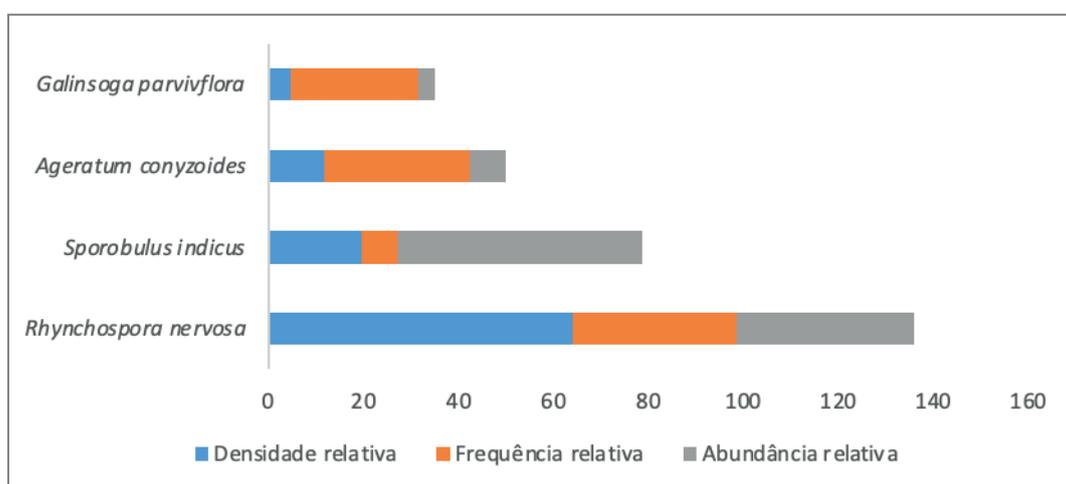
A diferença no número de espécies pode ser explicada pelo histórico das áreas, pela idade das pastagens, pelas práticas de manejo e pelo nível de degradação das pastagens.

As cinco espécies que tiveram o maior número de indivíduos neste estudo foram *R. nervosa* (n = 633), *C. luzulae* (n = 396), *S. indicus* (n = 225), *A. tenella* (n = 100) e *B. mutica* (n = 98). Estas espécies tiveram 87% do total de indivíduos de todo o estudo. São espécies muito agressivas, de difícil controle e muito frequentes em toda a região tropical, particularmente nas pastagens (LORENZI, 2008).

A espécie *R. nervosa* foi encontrada em todas as pastagens pesquisadas, indicando possuir grande plasticidade, isto é, a capacidade de se adaptar e invadir culturas e pastagens de diferentes locais.

As espécies mais importantes ou dominantes identificadas neste estudo por meio das análises fitossociológicas realizadas em cada pastagem são aquelas que devem ter prioridade na proposição dos métodos de controle. Por exemplo, a espécie dominante na pastagem de Bacabal, de acordo com o Valor de Importância, foi *R. nervosa* (VI = 135,95) (Figura 2).

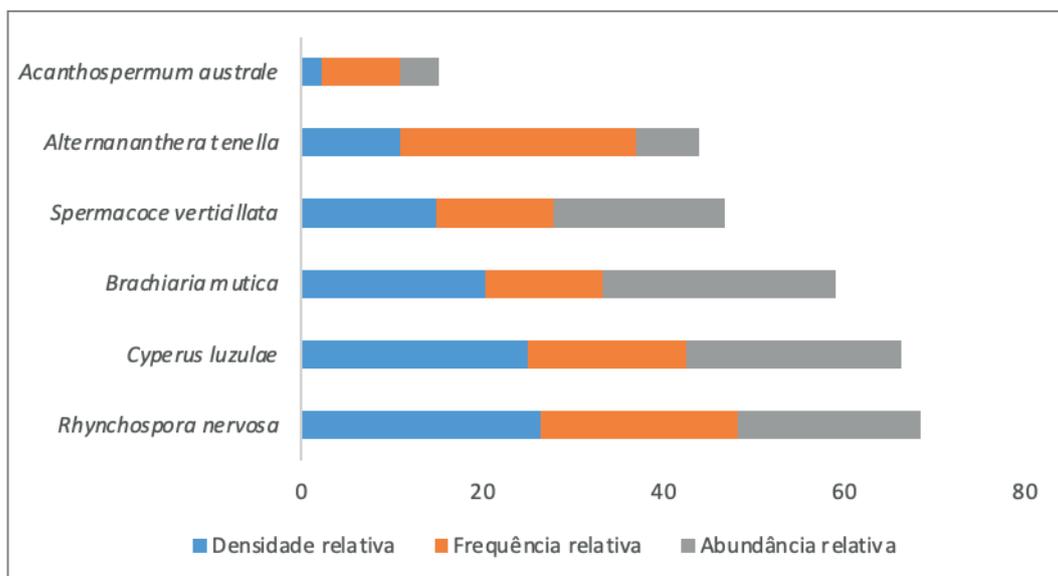
Figura 2. Valor de Importância das espécies de plantas daninhas encontradas em pastagem degradada no município de Bacabal, estado do Maranhão, 2021.



Os parâmetros fitossociológicos que mais contribuíram para a composição do maior VI da espécie *R. nervosa* na pastagem em Bacabal (VI = 135,9), foram a densidade relativa, que caracteriza a ocorrência concentrada dessa espécie por unidade de área e a abundância relativa, que mostra a alta relação dessa espécie com as outras encontradas na área (Figura 2).

Segundo Torres *et al.* (2012), *R. nervosa* pode ser ingerida pelos bovinos, quando há escassez de pastagens na época seca, mas ela tem a capacidade de produzir e acumular um composto tóxico (nitrito), que causa intoxicação, com sintomas de fotossensibilização, que pode intoxicar e matar os animais.

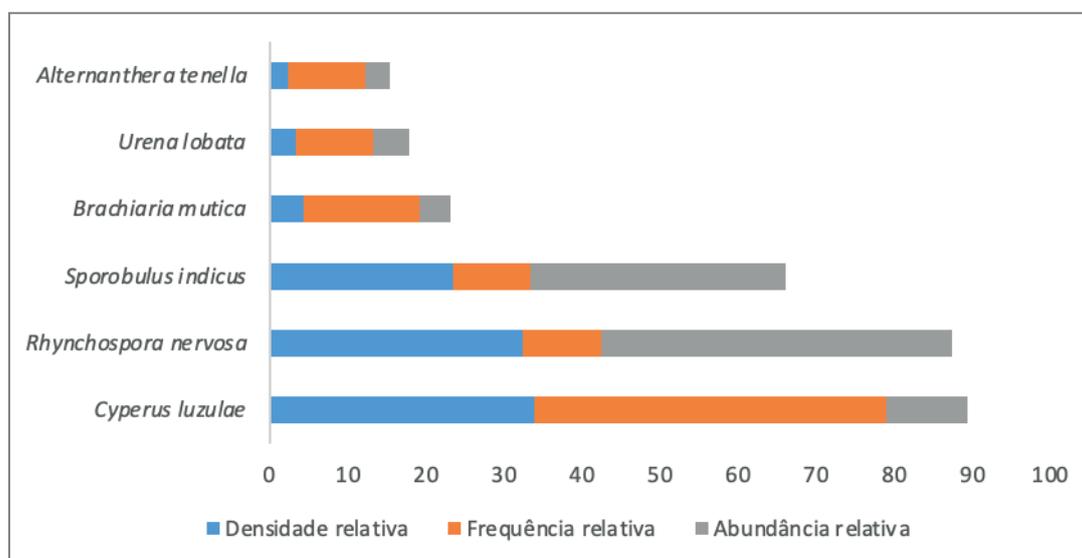
Figura 3. Valor de Importância das espécies de plantas daninhas encontradas em pastagem degradada no município de Lago Verde, estado do Maranhão, 2021.



A espécie dominante na pastagem de Lago Verde, de acordo com o Valor de Importância, também foi *R. nervosa*, (VI = 68,5), da mesma forma que na pastagem de Bacabal (Figura 3). Os parâmetros fitossociológicos que mais contribuíram para a composição do maior VI da espécie *R. nervosa* em Lago Verde, foram a densidade relativa, que caracteriza a ocorrência concentrada dessa espécie por unidade de área e a frequência relativa, que mostra a alta distribuição da espécie na área (Figura 3).

Ainda com relação à análise fitossociológica, *C. luzulae* foi a espécie dominante nas pastagens de São Luís Gonzaga (VI = 89,4) (Figura 4).

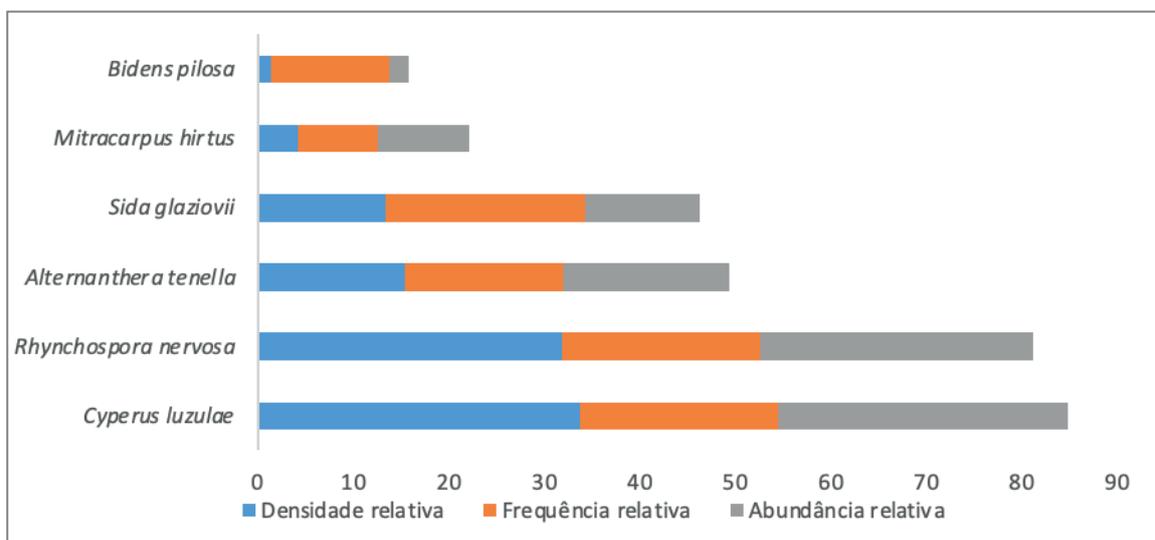
Figura 4. Valor de Importância das espécies de plantas daninhas encontradas em pastagem degradada no município de São Luís Gonzaga, estado do Maranhão, 2021.



Os parâmetros que mais contribuíram para a composição do maior VI da espécie *C. luzulae* em São Luís Gonzaga foram a densidade relativa e a frequência relativa. (Figura 4)

C. luzulae também foi a espécie dominante nas pastagens de Bom Lugar, da mesma forma que na pastagem de São Luís Gonzaga (VI = 84,8) (Figura 5).

Figura 5. Valor de Importância das espécies de plantas daninhas encontradas em pastagem degradada no município de Bom Lugar, estado do Maranhão, 2021.



Os parâmetros que mais contribuíram para o maior VI da espécie *C. luzulae* em Bom Lugar foram densidade relativa e abundância relativa (Figura 5).

Diferenças nos valores dos parâmetros fitossociológicos podem ser explicadas pelo histórico das pastagens, particularmente no que se refere ao manejo e controle inadequados das plantas daninhas, e pela forma de propagação das espécies, predominantemente por sementes, que são produzidas em grandes quantidades. Além disso, são plantas de crescimento muito rápido e vigoroso (LORENZI, 2008).

As espécies *R. nervosa* e *S. indicus* tem ciclo de vida perene e se reproduzem exclusivamente por sementes. Segundo Leck e Shutz (2015), *R. nervosa* pode produzir 9.500 sementes por planta enquanto que uma única planta de *S. indicus* pode produzir 200.000 sementes por ano (DIAS-FILHO, 2015).

A. conyzoides, *G. parviflora*, são plantas anuais que se reproduzem por sementes. Segundo Lorenzi (2008), uma única planta de *A. conyzoides* pode produzir 40.000 sementes enquanto que *G. parviflora* pode produzir 400.000 sementes por ciclo (TOIT; COURT DE BILLOT, 1991).

C. luzulae e *B. mutica* também são perenes, mas se propagam de forma sexual, por meio de sementes e também de forma assexual ou vegetativa, por meio de rizomas. São plantas muito agressivas e de difícil controle. São muito frequentes em todo o território brasileiro, particularmente nas pastagens (LORENZI, 2008).

S. verticillata, *U. lobata* e *S. glaziovii* tem ciclo de vida perene e se reproduzem exclusivamente por sementes, que são produzidas em grande quantidade (KISSMANN, 1997).

A. tenella é uma espécie anual ou perene, dependendo das condições de umidade do solo. Propaga-se apenas por sementes. Muito frequente nas áreas cultivadas.

A. australe é planta anual que se reproduz por sementes. *A. australe* tem um ciclo reprodutivo muito curto, em torno de 50 dias. (LORENZI, 2008).

M. hirtus e *B. pilosa* são plantas anuais que se reproduzem por sementes. Segundo Shivakumar *et al.* (2014) *B. pilosa* pode produzir 8.121 sementes por planta. Estas espécies infestam todas as áreas cultivadas e pastagens degradadas. (LORENZI, 2008).

Observou-se diferenças na diversidade florística entre as comunidades de plantas daninhas nas pastagens pesquisadas, conforme pode ser observado pelos valores do Índice de Diversidade de Shannon (Tabela 2).

A diversidade florística, em geral, foi baixa em todas as comunidades de plantas daninhas ns pastagens pesquisadas (KWAK; PETERSON, 2017). O maior valor foi observado Lago Verde ($H' = 1,670$), indicando que a pastagem deste município está com maior nível de degradação do que as demais. Em contraste, a pastagem localizada em Bacabal está com menor nvel de degradação entre todas as pastagens pesquisadas (Tabela 2).

Tabela 2. Índice de Diversidade de Shannon (H') das comunidades de plantas daninhas registradas em pastagens degradadas nos Municípios de Lago Verde, Bom Lugar, São Luís Gonzaga e Bacabal, na região do Médio Mearim, estado do Maranhão 2021.

Município/local das pastagens	Índice de Diversidade de Shannon (H')
Lago Verde	1,67
Bom Lugar	1,54
São Luís Gonzaga	1,46
Bacabal	1,01

Segundo Molnár *et al.* (2020), diferenças nas práticas culturais realizada pelos criadores de cada propriedade afetam a diversidade florística das comunidades de plantas daninhas nas pastagens.

Durante o levantamento observou-se que as pastagens de Lago Verde, Bom Lugar e São Luís Gonzaga, tem um manejo mais rudimentar, enquanto que a de Bacabal tem um manejo feito com nível tecnológico diferenciado onde o criador usa dois métodos de controle das plantas daninhas: o método mecânico, com roço e o químico, com aplicação localizada do herbicida do herbicida glifosato (N-(fosfometil)glicina), não-seletivo, sistêmico, aplicado em pós-emergência,. Isso explica a menor diversidade florística da comunidade de plantas daninhas na pastagem degradada deste município.

Todas as pastagens pesquisadas estão infestadas com plantas daninhas, inclusive com a ocorrência de espécies tóxicas e de baixa palatabilidade, reduzindo a capacidade de suporte, evitando que os bovinos façam pleno uso das áreas.

■ CONCLUSÕES

A composição florística das plantas daninhas variou entre as pastagens. As famílias botânicas mais representativas e que tiveram a maior riqueza florística foram Asteraceae, com quatro espécies, Cyperaceae, Malvaceae, Poaceae e Rubiaceae, com duas espécies cada.

Rhynchospora nervosa é a espécie mais importante nas pastagens degradadas de Bacabal e Lago Verde e *Cyperus luzulae* é a mais importante nas pastagens de São Luís Gonzaga e Bom Lugar. Estas espécies são aquelas que devem ter prioridade na proposição dos métodos de controle.

A diversidade florística das comunidades de plantas daninhas variou entre as pastagens pesquisadas. A pastagem de Lago Verde teve o maior valor indicando maior nível de degradação do que as demais;

Todas as pastagens estudadas estão infestadas de plantas daninhas, com nível moderado de degradação;

Recomenda-se a realização de pesquisas adicionais para a definição de métodos de controle sustentáveis de plantas daninhas visando a recuperação das pastagens degradadas do estado do Maranhão.

■ REFERÊNCIAS

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP - APG. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.181, n.1, p.1-20, 2016. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>

CARVALHO, F. L. C. *et al.* Composição florística de plantas daninhas em pastagens do IFTO - Campus Araguatins, Tocantins. 9 **JICE** p.1-11, 2018. <https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/jice/9jice/paper/view/9255>

COSTA, J. R.; MITJA, D.; LEAL FILHO, N. Bancos de sementes do solo em pastagens na Amazônia Central. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 74, p. 115-125, 2013. https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/431/pdf_40

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. ed. rev., atual. e ampl. Belém-PA, 2011. 216 p. https://www.researchgate.net/publication/261026141_Degradacao_de_pastagens_processos_causas_e_estrategias_de_recuperacao

DIAS-FILHO, M. B. **Controle de capim-capeta [*Sporobolus indicus* (L.) R. Br.] em pastagens no Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2015. 7p. (Comunicado técnico 268). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/amazonia-oriental/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1025209/controlode-capim-capeta-sporobolus-indicus-l-r-br-em-pastagens-no-estado-do-para>>. Acesso em: 22/01/2022.

- DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: o que é e como evitar**. Belém: Embrapa, 2017 (19 p.) <http://www.embrapa.br/amazonia-oriental/publicacoes>
- DIAS-FILHO, M. B. Manejo profissional da pastagem: fundamento para uma pecuária empresarial. **Documentos 431**, Belém:Embrapa Amazônia Oriental, 2017. 30 p..
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed; Brasília, DF: EMBRAPA 2018. 356 p. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>
- FERREIRA, E. A.; *et al.* Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em pastagens degradadas do Médio Vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 61, n.4, p. 502-510, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201461040008>
- FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. **Intensificação da pecuária brasileira: seus impactos no desmatamento evitado, na produção de carne e na redução de emissões de gases de efeito estufa. Relatório completo**. FGV, São Paulo-SP. p. 1-111. 2016. Disponível em https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/17724/Intensificacao_da_Pecuaria_Brasileira_Relatorio_Completo.pdf. Acesso em: 12 jan. 2022
- GHANIZADEH H.; HARRINGTON, K. C. Weed Management in New Zealand Pastures. **Agronomy** v.9, n. 448; p. 1-18, 2019, doi:10.3390/agronomy9080448
- INTERNATIONAL PLANT NAMES INDEX - INPI. **Search Plant Names. Plant Name Query**. Disponível em <http://www.ipni.org/ipni/plantnamesearchpage> Acesso em 02 jan. 2022
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA e ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário de 2016**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria.html>. Acesso em: 10 jan. 2021.
- KISSMANN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas. Tomo I**. São Paulo: Basf. 1997. 823 p
- KURDIOKOVA, O. M. Seed production capability of monocotyledonous and dicotyledonous weeds in segetal and ruderal habitats. **Ukrainian Journal of Ecology**, 2018, v.8, n.1, p. 153–157. 2018. doi: 10.15421/2018_2018
- KWAK, T. J.; PETERSON, J. T. Community indices, parameters, and comparisons. *In*: Guy; C. S.; Brown, M. L. (Eds.). **Analysis and interpretation of freshwater fisheries data**. Bethesda: American Fisheries Society, 2007. p..677-763.https://repository.lib.ncsu.edu/bitstream/handle/1840.2/483/Kwak_%26_Peterson_2007.pdf?sequence=1&isAllowed=y. 09 Mai. 2018.
- LECK, M. A.; SCHÜTZ, W. Regeneration of Cyperaceae, with particular reference to seed ecology and seedbanks. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v.7, n.2, p. 95-133, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2005.05.001>
- LIMA, A. K. O. *et al.* Composição florística e fitossociologia de plantas espontâneas em pastagens do gênero *Brachiaria* (Syn. *Urochloa*) no nordeste paraense. **Agroecosistemas**, v. 9, n. 2, p. 339 – 349, 2017.
- LIRA, E. H. A.; SOUZA, B. I.; OLIVEIRA, S. J. C. Fitossociologia de plantas daninhas em área de pastoreio no Município de Caturité, Região do Cariri Paraibano, Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. v.7, n. 15, p. 363-372, 2020. [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2020\)071526](https://doi.org/10.21438/rbgas(2020)071526)

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 4ª ed. Nova Odessa - SP: Instituto Plantarum, 2008. 640 p.

LUSTOSA, S. B. C. *et al.* Floristic and phytosociology of weed in response to winter pasture sward height at Integrated Crop-Livestock in Southern Brazil. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava-PR, v.9, n.2, p.19-26, 2016. (DOI): 10.5935/PAeT.V9.N2.02

MARQUES, R. F. *et al.* Interferência de plantas daninhas na formação de pastagem com capim Vaquero. **Acta Iguazu**, v.8, n.4, p. 107-120, 2019. DOI: <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v8i4.21477>

MOLNÁR, Z. *et al.* Knowledge co-production with traditional herders on cattle grazing behaviour for better management of species-rich grasslands. **Journal of Applied Ecology**, v.57 p.1677–1687. 2020. DOI: 10.1111/1365-2664.13664

MULLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**, New York: John Wiley & Sons, 1974. 547p.

SANTOS, W. F. *et al.* Phytosociology of weed in the southwestern Goiás region. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 40, e33049, 2018. Doi: 10.4025/actasciagron.v40i1.33049

SCHUSTER, M. Z. *et al.* Grazing intensities affect weed seedling emergence and the seed bank in an integrated crop–livestock system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 232, p. 232-239, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.08.005>

SHIVAKUMAR, K. V. *et al.* Weed seed production potentials in *Bidens pilosa* L. in plantation crops in hill zone of Karnataka, **International Journal of Research in Applied, Natural and Social Sciences**, v. 2, n.2, p. 11-18, 2014.

SOUSA, K. B; SOUSA, F. R. Levantamento de plantas daninhas em pastagens no município de Rolim de Moura – RO. *In: Responsabilidade social, produção e meio ambiente nas ciências agrárias 2* / Organizador Pedro Henrique Abreu Moura. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021. p.137-149. <https://doi.org/10.22533/at.ed.05421120713>

SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The Mathematical Theory of Communication**. Urbana: University of Illinois Press, 1949. 117p.

TOIT, A. E. G. du; COURT DE BILLOT, M. R. le; Weed emergence patterns of some arable weeds under field conditions. **South African Journal of Plant and Soil**, v.8, n.3, p. 153-157. 1991.

TORRES, P. *et al.* Ethnobotanical Study of Plants Poisonous to Cattle in Eastern Colombia. **International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research**. v.2, p. 14-19. 2012.

ZEB, U. *et al.* Floristic diversity and ecological characteristics of weeds at Atto Khel Mohmand Agency, KPK, Pakistan, **Acta Ecologica Sinica**, v.37, n. 6, p. 363-367, 2017.

COMPOSTAGEM DA FIBRA DE COCO PARA O CULTIVO DE COENTRO EM HORTAS ESCOLARES

Aninês Assunção Gomes

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - IFMT

Fabrcício Ribeiro Andrade

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - IFMT

Edgar Nascimento

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - IFMT

Adriana Paiva de Oliveira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - IFMT

Reinaldo de Souza Bilio

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - IFMT

Rozilaine Aparecida Pelegrine Gomes de Faria

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - IFMT

RESUMO

O objetivo deste estudo é reaproveitar os resíduos de coco verde para produção de um substrato orgânico para horta escolar a partir da compostagem. O resíduo do coco verde foi adquirido triturado, em forma de fibra em local de venda de água de coco verde, encaminhado para o viveiro do IFMT- Cuiabá-Bela Vista e disposto para secagem sobre lona plástica, ao ar livre. Após a secagem, as fibras foram pesadas para quantificação de massa seca, lavadas por imersão para retirada do excesso de sais, hidrolisadas por aspersão de solução de ácido sulfúrico (0,4% v/v). Após três dias da aspersão, mediu-se o pH das fibras com potenciômetro digital antes da borrifação de solução aceleradora de compostagem. Como fonte de nitrogênio para os microrganismos da solução utilizou-se ureia e como suporte físico, farelo de arroz. Para a avaliação da qualidade do composto orgânico produzido a partir das fibras de coco, analisou-se o rendimento, os parâmetros umidade, densidade, condutividade elétrica, retenção de água, pH, fósforo (P), potássio (K), cálcio e magnésio (Ca+Mg), Ca, Mg, alumínio (Al), teor de matéria orgânica (MO), capacidade de troca catiônica (CTC), relação C/N. Para avaliação da qualidade do coentro colhido, elaborou-se diferentes substratos (substrato comercial, terra preta+areia esterilizada (TPV, 1:1), composto orgânico produzido (FC) em um delineamento experimental inteiramente casualizado considerando seis tratamentos (Tc: 100% substrato comercial, T1: 100% TPV, T2: 75%TPV+25% FC, T3: 50%TPV + 50% FC; T4: 25%TPV + 75% FC; T5: 100% FC), em quatro repetições. As sementes foram semeadas em sacos de polietileno próprio para desenvolvimento de hortaliças e avaliados tempo médio de emergência, velocidade e porcentagem de emergência, altura da parte aérea, diâmetro do coleto, comprimento das raízes, massa fresca e seca das partes aérea e raiz. O material decomposto teve um rendimento de 16% (composto orgânico/fibra seca). Entre os substratos desenvolvidos, T4 e Tc mostraram maior velocidade de emergência ($p < 0,05$) quando comparados com T1 e menor tempo médio de emergência ($p < 0,05$) e quando comparados somente com Tc, T4 apresentou valores estatisticamente iguais ($p > 0,05$). Em relação à qualidade das plantas colhidas, os coentros colhidos de T5 apresentaram valores elevados de diâmetro de coleto, massa fresca de parte aérea e raízes. Conclui-se que os tratamentos com maiores proporções do material decomposto são apropriados para o cultivo de coentro corroborando com a sustentabilidade por apresentar uma alternativa no aproveitamento de resíduo.

Palavras-chave: Aproveitamento de Resíduo, Casca de Coco Verde, Substrato, *Coccoloba nucifera*, Hortaliça.

■ INTRODUÇÃO

A educação ambiental está entre um dos eixos essenciais na formação do aluno e, segundo uma das perspectivas adotadas pela Base Nacional Curricular Comum (BNCC) é imprescindível que haja “mobilização de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores para resolver demandas da vida cotidiana, do exercício da cidadania e do mundo do trabalho”. Esta perspectiva revela possibilidades importantíssimas para a Educação Ambiental nas escolas, uma vez que esta temática está inserida neste cotidiano dos alunos e tem se mostrado como um dos grandes problemas da humanidade (BERCHIN; CARVALHO, 2016).

Na verdade, a falta da educação voltada para a preservação ambiental revela a falta de conhecimento de grande parte da população ao se relacionarem com as questões problemáticas como por exemplo, a necessidade de políticas que amenizem os impactos que o desajuste no meio ambiente provoca no contexto socioambiental.

A relevância de se trabalhar com temas transversais como este, como propõe a BNCC, recai justamente sobre o fato de que os alunos passam a ter contato com a própria responsabilidade diante do contexto socioeconômico no qual se inserem, podendo desta forma desenvolver atitudes responsivas e proativas diante do cenário que envolve as questões ambientais bem como outras questões sociais que permeiam suas vidas.

Cabe ressaltar que com a aplicabilidade do substrato orgânico composto desenvolvido a partir do das cascas do coco verde, resíduo abundante nos grandes centros urbanos e que teriam como destino final o aterro sanitário, permitem a comunidade escolar unificar seus os conhecimentos didáticos com a prática, formando cidadãos com opiniões críticas sobre o cenário da sustentabilidade. Utilizar a fibra de coco verde é uma alternativa eficiente na mitigação das problemáticas ambientais provocadas pelo descarte inadequado. Para Uchôa (2013) a estrutura do pó de coco associado às suas propriedades físico-químicas torna-o particularmente adequado para ser utilizado como substrato, auxiliando na estrutura do solo e retenção de água. No entanto, a presença de sais minerais e taninos comumente encontrados neste tipo de material pode dificultar o desenvolvimento de olerícolas (CASTOLDI *et al.*, 2014). Diante das problemáticas ambientais ocasionadas devido à disposição inadequada dos resíduos gerados, é importante lembrar a compostagem é uma das práticas utilizadas para minimizar a disposição dos resíduos.

O processo de implementação das hortas escolares e da produção do substrato para assegurar a qualidade dos alimentos produzidos ali, em conjunto com a comunidade escolar promove ações libertadoras e emancipadoras no sentido de que o alunado será colocado como protagonista do processo (AUSTIN, 2022). Substrato é o termo técnico de um composto ou mistura de elementos como terra preta, areia e/ou vermiculita que serve de base para plantios, sendo definido como o meio ou a base onde se desenvolvem as raízes das

plantas cultivadas (UCHÔA, 2013; MINAMI, 1995). Além de fixar as plantas, serve também para suprir as necessidades oferecendo-lhes ar, água e nutrientes, pH, capacidade de troca catiônica, aeração, retenção de umidade, e porosidade (JORGE *et al.*, 2020; KAMPF; FERMINO, 2000; ROBER, 2000).

De acordo Jorge *et al* (2020) é interessante mencionar que essa popularização do substrato teve início nos anos 80 com o aparecimento das primeiras empresas nacionais formuladoras de substrato. Atualmente no Brasil a matéria vegetal mais usada na produção de substrato agrícola, ganha destaque a casca das árvores como pinheiro e eucalipto, juntamente com a fibra de coco pela alta disponibilidade.

Kaneko (2006) apresenta diferentes tipos de substratos a base de “madeira podre” e que são utilizados na região do Amazonas para o cultivo de hortaliças como o coentro e a cebolinha enquanto Rezende (2010) demonstra que compostos de resíduos da agroindústria canavieira, provindo de misturas utilizando bagaço de cana moído tem se mostrado eficientes para o cultivo de goiabeiras e eucaliptos. Correa *et al.* (2019) ao desenvolver substratos com resíduos orgânicos de palmito de açaí observaram que o substrato com este tipo de resíduo se mostraram como uma ótima alternativa para produção de mudas de alface, sendo superior aos demais substratos testados e seus resultados foram semelhantes ao substrato comercial.

Características físico-químicas do coco verde

O coco verde (*Cocos nucifera* L) é cultivado em regiões com clima favoráveis ao seu desenvolvimento, é formado por um epicarpo, que é a camada externa fina e lisa que forma a sua casca; pelo mesocarpo, camada intermediária fibrosa de onde obtém-se a fibra; endocarpo, uma camada lenhosa e dura e a castanha chamada de albúmem sólido, que é a parte do fruto de maior valor comercial, além da água de coco. O fruto chega a alcançar o peso médio de 3 a 4 kg e a quantidade de água diminui à medida que o coco amadurece. A casca do coco verde corresponde a 80% do seu peso bruto e o teor de fibras chega a cerca de 70 gramas (CORTEZ *et al.*, 2009; TECHNOLOGY, 2008)

As suas fibras são formadas por celulose, hemicelulose, lignina, pectina e minerais. A celulose é o principal constituinte estruturante, sendo um polissacarídeo linear de alto peso molecular, responsável pela estabilidade e resistência das fibras. A hemicelulose é um polissacarídeo formado pela polimerização de vários açúcares e que apresentam uma durabilidade intensa (ARAÚJO DE ALMEIDA; COLOMBO, 2021; BUDIARTI, 2020). A lignina é um polímero complexo que se encarrega da composição da parede celular e a sua concentração nas fibras interferem na flexibilidade assim como na taxa de hidrólise. Algumas ligninas consistem de polímeros fenilpropanóides, da parede celular, altamente condensados e muito resistentes à degradação (PUTRINO *et al.*, 2020; KOTARSKA *et al.*, 2015).

Figura 1. Resíduo de coco verde, em ponto de comercialização de venda de água de coco verde.



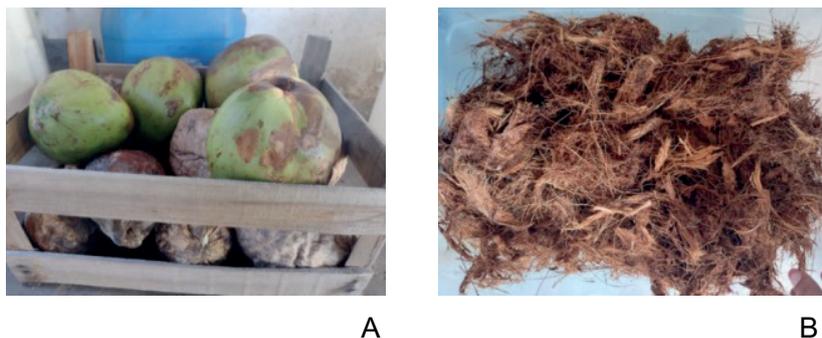
Fonte: acervo do autor, 2022.

O cultivo de plantas e hortaliças em substratos tem se tornado recorrente e os seus benefícios são muitos, entre eles ressalta-se a disponibilidade de ter grande amostra de matéria prima em regiões onde o consumo tem aumentado significativamente.

Para Carrijo *et al.* (2002) a fibra de coco tem propriedades significativamente favoráveis para a produção do substrato uma vez que a sua não reação com os nutrientes da adubação, a longa durabilidade e a abundância de matéria prima colocam o substrato produzido a partir da fibra de coco verde em lugar de destaque, validado por seu custo e benefício.

A fibra do coco retirada do mesocarpo (Figuras 2A e 2B) demonstra ter uma elasticidade maior que outras fibras vegetais, boa flexibilidade, fonte de recursos renováveis, e também tem sido usada para desenvolvimento de alguns produtos com valores agregados (ARAÚJO DE ALMEIDA; COLOMBO, 2021; TECHNOLOGY, 2008), fato este que a coloca em um lugar de destaque, uma vez que ela pode resistir não só à umidade, mas também a altas variações nas condições climáticas.

Figura 2. Casca do coco verde (A) fibras trituradas para observação das características físicas (B).



Fonte: acervo do autor, 2022.

Das fibras ao substrato

A extração das fibras pode ocorrer de duas formas: por maceração ou desfibramento mecânico. A maceração é realizada nas fibras de coco verde, enquanto o desfibramento mecânico ocorre nas fibras de coco seco (TECHNOLOGY, 2008).

Após o desfibramento, as fibras passam pelo procedimento de separação e lavagem em água corrente para diminuir o teor de substâncias tóxicas como o tanino, cloreto de potássio e sódio. Em seguida, devem ser dispostas para secagem ao sol, onde sua umidade é reduzida para uma faixa de 15 a 20% (CARRIJO *et al.*, 2002).

Para obter-se um bom substrato é necessário que o comprimento das fibras seja pequeno, portanto, deve-se diminuir o tamanho das fibras, o que conseqüentemente aumenta a capacidade de retenção de umidade e nutrientes. Bons resultados podem ser obtidos utilizando trituradoras e peneiras com furos de 3 mm ou 4 mm de diâmetro para o cultivo sem solo, entretanto, para a produção de mudas é recomendável substrato com granulometria ainda menor (CARRIJO *et al.*, 2002).

Apesar do consumo da fibra de coco maduro estar sendo utilizado em grande escala na indústria e no setor agrícola, sabe-se que o uso da fibra de coco verde ainda se encontra em estudo. Carrijo *et al.* (2002), afirma para o potencial que a mesma tem em relação ao seu uso para a produção de substratos, tanto para o uso em cultivo de mudas quanto para o uso do solo. Ele reitera os benefícios de usar a fibra verde pela alta porosidade que apresenta, pelo baixo custo e alta disponibilidade no mercado

A fibra pode ser usada de várias formas, entre elas o paisagismo e jardinagem, uma vez que ela fornece a umidade necessária para as plantas, facilitando o enraizamento e a qualidade de produção. Além do uso direto da fibra, após submissão a vários processos como corte, o desfibramento, a secagem, a trituração, a lavagem é possível a utilização em forma de composto orgânico, após o processo da compostagem (NUNES *et al.*, 2007). No entanto, para diminuir os prejuízos causados pela perda das fibras de granulometria menores deve-se fazer a lavagem das fibras longas antes de submetê-las ao processo de trituração

(CARRIJO *et al.*, 2002). Porém, devido à dificuldade no processo de degradação dos polímeros presentes nas fibras, recomenda-se a hidrólise, ácida ou enzimática para quebrar as ligações químicas entre as unidades de açúcares presentes (NETO, 2020), facilitando assim o acesso a essas unidades pelos microrganismos utilizados no processo de compostagem.

A utilização de resíduos do coco verde na forma de substrato, mostra-se como uma proposta atrativa, especialmente pelo baixo custo e capacidade de minimizar o impacto ambiental que o acúmulo exacerbado destes resíduos tem sobre o meio ambiente (CARRIJO *et al.*, 2002). No caso da produção de um substrato a partir da casca do coco verde, diversos autores demonstram que este tipo de resíduo apresenta uma boa capacidade de troca catiônica, estabilidade física e esterilidade biológica, pH adequado, condutividade elétrica, teor de nutrientes, relação C/N, relação água/ar, porosidade total, capacidade de retenção de água e drenagem (LEMAIRE, 1995; SASSAKI, 1997; BORNE, 1999; KONDURU ET AL., 1999; BOOMAN, 2000; CARRIJO *et al.*, 2004), características que corroboram com a possibilidade de transformar um resíduo urbano subaproveitado em um composto pronto para ser utilizado no cultivo de hortaliças.

Assim, o objetivo neste estudo é reaproveitar os resíduos de coco verde para produção de um substrato orgânico para horta escolar a partir da compostagem. E assim, fazer o cultivo de coentro e avaliar a emergência bem como a qualidade das plantas obtidas.

■ APRESENTAÇÃO

Instrumentação

As medidas e ajustes do pH foram realizadas em um pHmetro (Hanna Instruments, modelo HI 2221, EUA), as medidas de massa da fibra seca do coco verde foram realizadas em balança analítica (Shimadzu®, modelo auy-220-unibloc, Brasil), e a avaliação da umidade foi realizada em estufa de secagem com circulação de ar forçada (Quimis®, modelo Q317M-32, Brasil). Acompanhamento da temperatura ambiente foi feita com um Termo-Higrômetro digital (Incoterm, clock/humidity HTC-1), para medir o coleto do diâmetro utilizou-se um micrometro externo digital (Mitutoyo, modelo 291-821-30-MDC capacidade 0-25mm e resolução 0,001mm).

Soluções utilizadas

Para a preparo das soluções de todas as análises, utilizou-se água destilada. Para a hidrólise das fibras, foi preparada uma solução H₂SO₄ (0,4%, v/v) utilizando 80ml de ácido

sulfúrico P.A. (98,08% Synth), diluídos em 20L de água destilada, considerando 99,5kg de massa seca da fibra de coco, conforme o recomendado por Nunes *et al* (2007).

Na solução ativadora para o processo de compostagem foi utilizado o produto Embiotic®, composto pelos microrganismos *Lactobacilos plantarum* 104 UFC/mL e *Saccharomyces cerevisiae* 10³ UFC/mL (EMBIOTIC®, 2020). De acordo com o fabricante do produto Embiotic® foi necessário fazer a ativação dos microrganismos antes da aplicação sobre as fibras. Para 99,5 kg de massa seca de fibras, utilizou-se 5L de água destilada, 3kg de açúcar e 500mL do Embiótic® compostagem.

Como fonte de nitrogênio para os microrganismos preparou-se uma solução aquosa de ureia (3kg de ureia/5 litros de água destilada) e como suporte físico para os microrganismos distribuiu-se 5 kg e farelo de arroz.

Materiais

Borrifador costal 20L, lona, vergalhão de ferro, béquer, proveta, água destilada, cápsula, bastão de vidro, peneira de plástico de 50cm e 0,3mm, embalagem de papel pardo, placa de identificação, balde, regador manual, régua 30cm.

Compostagem da fibra de coco verde.

As fibras foram adquiridas já trituradas no ponto de venda de água de coco verde (Figura 3A), dispostas sobre lonas para secagem ao ar livre (temperatura ambiente média de 29,5 °C e umidade relativa do ar de 63%) durante 13 dias (Figura 3B, 3C).

Figura 3. Aquisição das fibras de coco verde no ponto de comercialização da água de coco verde (A), Fibras dispostas para secagem (B), Fibras após 13 dias de secagem (3C).



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Para avaliar a quantidade de massa seca presente e que será convertida em material decomposto pelos microrganismos, fez-se a análise da umidade. Para isso, retirou-se três alíquotas de 1,0 g cada das fibras recém adquiridas e antes de submetidas à secagem. Estas amostras foram desidratadas em estufa de circulação de ar forçada até peso constante, a 105 °C, durante 20 horas.

Após a avaliação da umidade das fibras e quantificação de massa seca, fez-se a tripla lavagem por imersão em uma caixa escorrendo o excesso de água em um tablado de madeira (Figura 4). O objetivo desta etapa é a remoção dos sais minerais presentes naturalmente nas fibras de coco (NUNES *et al.*, 2007).

Figura 4. Lavagem da fibra para retirada de teor de sais.



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Posteriormente a solução ácida foi borrifada sobre as fibras (Figura 5A), após 3 dias foi medido o pH. As amostras (1 g) foram dispostas em bequer, adicionado 10 mL de água destilada e a leitura do pH realizada em pHmetro digital. Observou-se $\text{pH} > 4,5$ então distribuiu-se o farelo de arroz (Figura 5B), fez-se o reviramento da fibra, para melhor fixação do farelo e borrifou-se a solução de ureia (Figura 5C) e a solução com microrganismos após ativação (Figura 5D) fazendo novo reviramento para melhor fixação da solução na fibra com o farelo de arroz.

Figura 5. Aplicação da solução de ácido sulfúrico (A), Borrifação da solução de ureia (B), Distribuição do farelo de arroz (C), Borrifação da solução com microrganismos após ativação (D).



(A)



(B)



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Após a borrifação da solução ativada fez-se a montagem da leira para início do processo de compostagem (Figura 6A). No acompanhamento da temperatura do interior da leira foi usado um vergalhão de ferro, e a umidade do material em compostagem foi feita com o teste da mão em cinco pontos da leira, conforme (NUNES *et al*, 2007). Após 75 dias da primeira aplicação da solução de microrganismos ativada, fez-se nova aplicação de mesma quantidade e a partir daí somente reviramento da leira a cada 5 dias para favorecer o processo de compostagem de maneira homogênea. Também é necessário que se faça o acompanhamento da temperatura e umidade da leira para não comprometer a decomposição. Após 112 dias da primeira aplicação da solução de microrganismos ativada, o material decomposto foi peneirado com uma peneira de plástico de tamanho 50 cm e abertura de malha de 3mm, (Figura 6B, Figura 6C), para obtenção do material decomposto em menor granulometria e de forma homogênea.

Figura 6. Fibra em processo de compostagem após 42 dias de aplicação da solução aceleradora ativada (A), Peneiramento do composto obtido (B), Composto orgânico peneirado (C).



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Após a obtenção do composto orgânico, foi elaborado 5 substratos diferentes, conforme delineamento experimental, para avaliação da qualidade dos coentros semeados e colhidos.

Delineamento experimental

Para avaliação da qualidade do coentro colhido, adquiriu-se um substrato comercial pronto para cultivo (Tc), preparou-se mistura terra preta + areia esterilizada (TPV, 1:1), e o composto orgânico produzido a partir da fibra de coco (FD), em um delineamento experimental inteiramente casualizado. Considerou-se seis tratamentos (Tc: 100% substrato comercial, T1: 100% TPV, T2: 75%TPV+25% FC, T3: 50%TPV + 50% FC; T4: 25%TPV + 75% FC; T5: 100% FC), em quatro repetições e 10 replicatas. Os sacos de polietileno (18x20 cm) para cultivo foram preenchidos com o mesmo volume do substrato e as sementes depositadas a 2 cm de profundidade. Todos os substratos foram submetidos a análise físico-química para caracterização dos mesmos.

Caracterização dos substratos

Os substratos Tc, T1, T2, T3 e T4 foram analisados conforme metodologia da Embrapa (EMBRAPA, 1997), em laboratório localizado em Cuiabá-MT, analisando-se os parâmetros. O substrato T5 foi caracterizado conforme metodologia MAPA (MAPA, 2017), em laboratório localizado em Várzea Grande-MT. Para avaliação da qualidade do substrato foram analisados os parâmetros umidade, densidade, condutividade elétrica, retenção de água, pH, P, K, Ca+Mg, Ca, Mg, Al, matéria orgânica (MO), carbono orgânico total (COT), Soma das Bases (S), CTC, Saturação por Base (S), relações Ca/Mg, Ca/K, Mg/K, Saturação (%) por: Ca, Mg, K, conforme recomendação de Carrijo *et al.* (2002) para avaliação de qualidade de substrato.

Caracterização dos coentros semeados dos diferentes substratos

As sementes de coentro (*Coriandrum sativum* L.) utilizadas para semeadura foram adquiridas no comércio local e apresentam germinação de 80% e pureza 99%, conforme informações do produtor. As sementes foram semeadas no dia 06 de dezembro de 2022 diretamente nos sacos e irrigadas quando necessário. Considerou-se emergidas as plântulas com 1 cm de altura a partir da superfície do substrato. A emergência foi acompanhada por 30 dias avaliando-se a velocidade de emergência e a porcentagem de emergência (ZUFFO *et al.*, 2020). Todo o experimento foi conduzido no viveiro do IFMT *campus* Cuiabá-Bela Vista.

Aos 44 dias depois da semeadura, as hortaliças foram retiradas dos sacos, lavadas para retirar excesso de substrato das raízes, encaminhadas para o laboratório de pesquisa do IFMT *campus* Cuiabá-Bela Vista e retirado o excesso de água com papel toalha. Avaliou-se os parâmetros altura da parte aérea, diâmetro do coleto, comprimento das raízes, massa fresca e massa seca das raízes e da parte aérea. O diâmetro do coleto foi medido com um

micrômetro digital, a massa seca foi avaliada distribuindo-se as plantas colhidas em parte aérea e raiz, em sacos de papel previamente tarados, e submetidos a desidratação em estufa de circulação de ar forçado, a 60°C até manter peso constante (72 horas). Após o período de secagem, os pacotes foram retirados da estufa e armazenados em dessecador até atingirem a temperatura ambiente. e em seguida os pacotes com as massas vegetal secas foram pesadas.

Análise dos dados

Os dados de velocidade média de emergência e tempo médio de emergência foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk, $p > 0,05$). Em sequência os dados foram submetidos a ANOVA e quando constatado diferença entre tratamentos, as médias obtidas foram analisadas por teste de média (Teste de Dunnet e Teste de Skot Knot). As demais variáveis foram calculadas o valor médio e expresso em média \pm desvio padrão. Utilizou-se o programa estatístico R para as análises comparativas.

Resultados obtidos

Após a peneiração do material decomposto, obteve-se rendimento de 16,08% (composto orgânico/massa fresca de fibra) o que reforça a importância do aproveitamento das fibras na forma de composto orgânico. Conforme Melo *et al.* (2015), nota-se que no processo de compostagem o teor de matéria orgânica diminui significativamente, o que se considerada esperado devido a mineralização do composto obtido.

Na tabela 1 são apresentados os parâmetros físico-químicos avaliados dos tratamentos Tc, T1, T2, T3 e T4. Observa-se que T3 e T4 apresentaram elevados valores de P (50,6 e 59,3 mg/dm³, respectivamente) e K (203 e 197 mg/dm³, respectivamente), nutrientes importantes no desenvolvimento das plantas e relação C/N elevada. Do ponto de vista nutricional, quanto menor a relação C/N menor a mobilização dos nutrientes. Considerando que Tc representa o substrato comercial, os valores desses substratos ficaram próximos deste, o que torna as fibras de coco, após o processo de compostagem, ideais na composição de substratos para cultivo de coentro.

Tabela 1. Parâmetros físicos - químicos nos diferentes tratamentos elaborados com fibra de coco após compostagem.

Tratamentos	pH		P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H	M O	N total	COT	Relação	Cond. Elétrica	Retenção de H ₂ O
	H ₂ O	CaCl ₂	(mg/dm ³)							(g/dm ³)	(g/kg)	(g/kg)	C/N	(mmhos/cm)	(mL/Kg)
TC	7,3	6,5	73,8	205,0	12,49	10,00	2,49	0,00	1,40	151,2	0,45	94,43	209,8	1,269	1,190
T1	5,4	4,6	6,6	50,5	1,26	0,85	0,41	0,33	2,75	25,6	0,56	17,32	30,9	0,060	320
T2	5,7	4,9	18,2	174,7	2,18	1,55	0,63	0,00	3,55	55,1	0,43	33,81	78,6	0,365	380
T3	5,9	5,1	50,6	203,0	2,46	1,75	0,71	0,00	3,42	67,7	0,29	40,11	138,3	0,645	470
T4	5,8	5,0	59,3	197,0	2,38	1,70	0,68	0,00	3,52	82,7	0,58	52,29	90,1	1,047	960

Tc: Tratamento controle (substrato comercial); T1: 100% TPV (50% terra preta + 50% areia esterilizada); T2: 75% TPV e 25% material decomposto da fibra de coco (FC); T3: 50% TPV e 50% FC; T4: 75% FC e 25% TPV; T5: 100% FC. CTC: capacidade de troca catiônica, M.O: matéria orgânica; COT; carbono orgânico total.

Fonte: Acervo do autor, 2023.

Os resultados para análise do pH em H₂O e CaCl₂ (Tabela 1) nos respectivos tratamentos T1, T2, T3 e T4, indicam que estes tratamentos apresentam acidez média o que explica os valores encontrados para Al nos tratamentos T2, T3 e T4 pois em pH superior a 5,5 não há presença de alumínio na forma de Al³⁺ (tóxica), e possivelmente pode indicar teor de fertilidade nestes tratamentos (PREZOTTI; GARÇONI, 2013). Ao comparar o tratamento T1 com demais tratamentos observa-se que o valor de alumínio encontrado em T1 é aceitável, ao considerar a composição deste tratamento e o período chuvoso que provocou o acúmulo de água, o que provavelmente favoreceu a solubilidade do Al³⁺. De acordo com Prezotti e Garçoni, (2013), os teores de alumínio entre 0,3-1,0 (cmolc/dm³) é considerado um teor médio e que pH até 5,1 indica a presença de alumínio em substratos. Nota se que o T1 apresenta baixo teor de matéria orgânica e que acarreta em menor valor de CTC, demonstrando um baixo teor da saturação de bases, o que torna este substrato inadequado para cultura dos coentros com relação aos demais tratamentos.

Considerando que os tratamentos T2, T3 e T4 possuem em suas composições uma porcentagem variável de material decomposto da fibra de coco e demonstram proximidade entre os valores obtidos nas análises das tabela 1 e tabela 2, o T4 se destaca por apresentar maior teor de matéria orgânica o que eleva a CTC ou seja, aumenta a retenção de nutrientes e a saturação de bases, o que de acordo com Prezotti e Garçoni, (2013) o teor de matéria orgânica indica fertilidade isso porque um solo com maiores teores de M.O .demonstram maiores valores de CTC, fornecendo mais nutrientes as plantas. T5 se destacou entre os demais substratos por apresentar elevado valor de CTC (Tabela 3), observando-se que, apesar de apresentar baixa relação C/N, a CTC colaborou com o desenvolvimento das sementes de coentro (Figura 7).

Tabela 2. Somas de bases, capacidade de troca catiônica e saturação das bases e relação entre nutrientes dos diferentes substratos.

Tratamentos	Soma bases (S)	CTC	Saturação Bases (V)	Relações			Saturação (%) por:				Sat. Al
	(cmolc/dm ³)		(%)	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca	Mg	K	H	
Tc	13,02	14,42	90,26	4,02	18,76	4,67	69,35	17,27	3,70	9,71	0,00
T1	1,39	4,46	31,17	2,07	6,47	3,12	19,06	9,19	2,94	61,55	19,19
T2	2,63	6,18	42,56	2,46	3,41	1,39	25,08	10,19	7,35	57,44	0,00
T3	2,99	6,42	46,57	2,46	3,32	1,35	27,26	11,06	8,22	53,35	0,00
T4	2,89	6,42	45,02	2,50	3,32	1,33	26,48	10,59	7,98	54,91	0,00

Tc: Tratamento controle (substrato comercial); T1: 100% TPV (50% terra preta + 50% areia esterilizada); T2: 75% TPV e 25% material decomposto da fibra de coco (FC); T3: 50% TPV e 50% FC; T4: 75% FC e 25% TPV; T5: 100% FC. CTC: capacidade de troca catiônica.

Fonte: Acervo do autor, 2023.

Tabela 3. Parâmetros físico-químicos do substrato de fibra de coco após a compostagem.

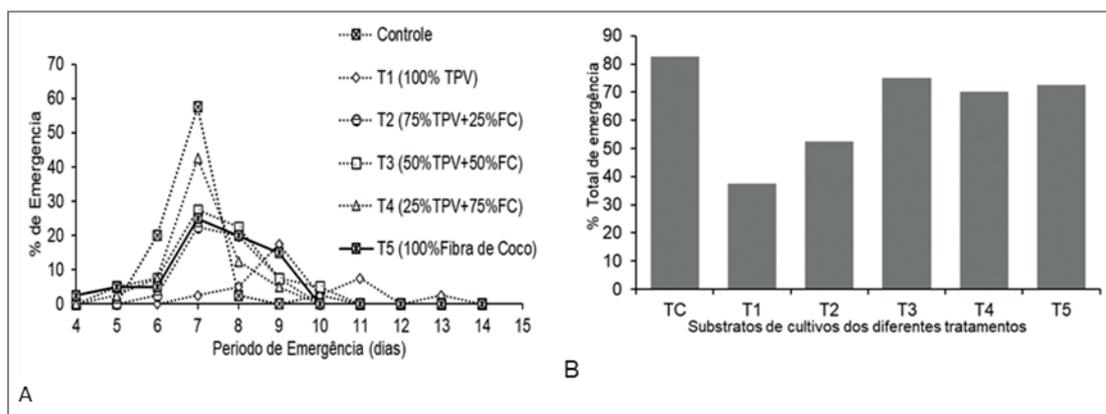
Tratamentos	N (total)	P ₂ O ₅ (total)	K ₂ O (total)	Ca	Mg	S	M. O	COT	relação	CTC	pH	Umidade 65° C	Densidade Úmida	Densidade Seca	Condução Elétrica
	Macronutrientes (g/kg)						(g/kg)	(g/kg)	C/N	(cmolc/dm ³)	(H ₂ O)	(%)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(μS/cm)
T5	26,6	11,5	8,3	5,6	3,5	4,0	848,3	471,3	17,7	68,0	4,5	30,3	217,4	151,5	571,6

T5: 100% de material decomposto da fibra de coco. M.O: matéria orgânica; COT: carbono orgânico total; CTC: capacidade de troca catiônica.

Fonte: Acervo do autor, 2023.

De acordo com os resultados obtidos nas análises dos parâmetros do tratamento T5, este é uma alternativa ideal para uso como substrato após o processo da compostagem, tornando um fator essencial para redução de impactos ambientais oriundos do descarte do resíduo de coco em lixões a céu aberto, aterros sanitários, obstrução de espaços públicos servindo como abrigo para insetos e roedores. Em vários estudos realizados com a fibra de coco verde, observa-se que o substrato de fibra de coco é uma eficiente alternativa para alguns cultivos. Pois funciona bem como substrato para o cultivo de hortaliças em condições ambientais favoráveis, sendo uma matéria-prima renovável com baixo custo para o produtor (CARRIJO *et al.*, 2002).

Figura 7. %emergência por dia (A), porcentagem total de sementes emergidas por tratamento (B). Tc: Tratamento controle (substrato comercial); T1: 100% TPV (50% terra preta + 50% areia esterilizada); T2: 75% TPV e 25% material decomposto da fibra de coco (FC); T3: 50% TPV e 50% FC; T4: 75% FC e 25% TPV; T5: 100% FC.



Fonte: Acervo do autor, 2023.

A germinação iniciou no quarto dia após sementeira com o máximo da emergência aos 7 dias para todos os substratos (Figura 7). Nota-se que ainda no sétimo dia de emergência, é significativo o percentual de sementes emergidas nos tratamentos T3, T4 e T5. Observou-se que nestes tratamentos o percentual total das sementes que emergiram foi de aproximadamente 80%, se aproximando do valor observado no substrato comercial (Tc). Segundo Carrijo *et al.* (2002), cultivar hortaliça em substrato de fibra de coco é uma excelente alternativa por apresentar uma boa porosidade (85%), uma capacidade de aeração (10 e 30%). Para Camposeco Montejo *et al.*, (2018) o substrato de fibra de coco verde também apresenta uma boa troca gasosa, pH, densidade, capacidade de troca catiônica e nutrientes, que proporcionam melhores condições de crescimento do que aquelas encontrados em solos agrícolas. A tabela 4 apresenta o tempo médio e a velocidade de emergência das sementes semeadas nos diferentes substratos. Nota-se que os tratamentos com maior teor do composto orgânico proveniente da compostagem da fibra de coco (FC) apresentaram maior velocidade e menor tempo de emergência ($p < 0,05$) quando comparados com T1 e T2. E quando comparados somente com o substrato comercial (Tc), T3, T4 e T5 apresentaram valores iguais estatisticamente ($p > 0,05$).

Tabela 4. Velocidade média de emergência e tempo médio de emergência dos diferentes substratos.

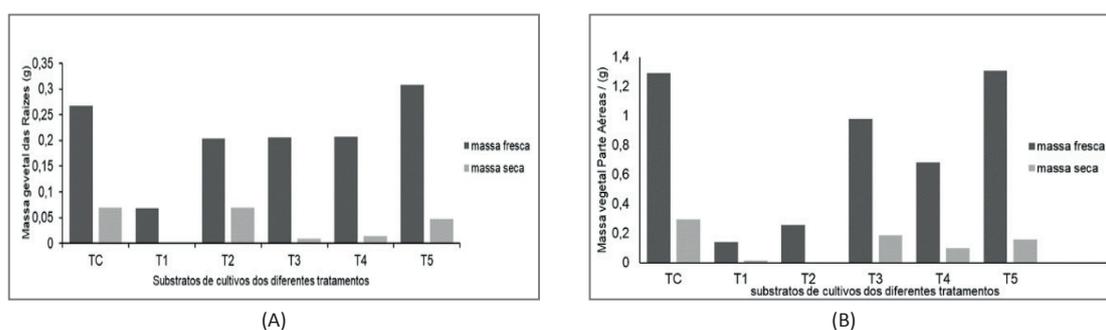
Tratamento	Velocidade emergência (número de sementes emergidas/dia)	Tempo médio (dias)
Tc	1,185 ± 0,122 a	6,750 ± 0,500 b
T1	0,397 ± 0,113 c	9,187 ± 1,068 a
T2	0,692 ± 0,128 b	7,790 ± 0,251 b
T3	1,048 ± 0,255 a	7,625 ± 0,250 b
T4	0,993 ± 0,328 a	7,375 ± 0,629 b
T5	1,012 ± 0,091 a	7,020 ± 1,169 b
Comparação apenas com o substrato comercial (Tc)		
Tc	1,185 ± 0,122 A	6,750 ± 0,500 B
T1	0,397 ± 0,113 B***	9,187 ± 1,068 A***
T2	0,692 ± 0,128 B**	7,790 ± 0,251 B
T3	1,048 ± 0,255 A	7,625 ± 0,250 B
T4	0,933 ± 0,328 A	7,375 ± 0,629 B
T5	1,012 ± 0,091 A	7,020 ± 1,169 B

Valores médios±desvio padrão seguidos de mesma letra minúsculas, na mesma linha, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de significância. ($p < 0,05$). Valores médios±desvio padrão seguidos de mesma letra maiúscula, na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Dunnetts: *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$. Tc: Tratamento controle (substrato comercial); T1: 100% TPV (50% terra preta + 50% areia esterilizada); T2: 75% TPV e 25% material decomposto da fibra de coco (FC); T3: 50% TPV e 50% FC; T4: 75% FC e 25% TPV; T5: 100% FC.

Fonte: Acervo do autor, 2023.

Na avaliação da qualidade das plantas colhidas, observa-se valores elevados de massa fresca de raízes e parte aérea para Tc e T5 (Figura 8A, 8B), o que torna o processo de compostagem da fibra de coco ideal para a produção de substrato para cultivo de coentro.

Figura 8. Massa vegetal fresca e seca dos coentros cultivados nos diferentes substratos. Massa vegetal das raízes (A), massa vegetal da parte aérea (B). Tc: Tratamento controle (substrato comercial); T1: 100% TPV (50% terra preta + 50% areia esterilizada); T2: 75% TPV e 25% material decomposto da fibra de coco (FC); T3: 50% TPV e 50% FC; T4: 75% FC e 25% TPV; T5: 100% FC.

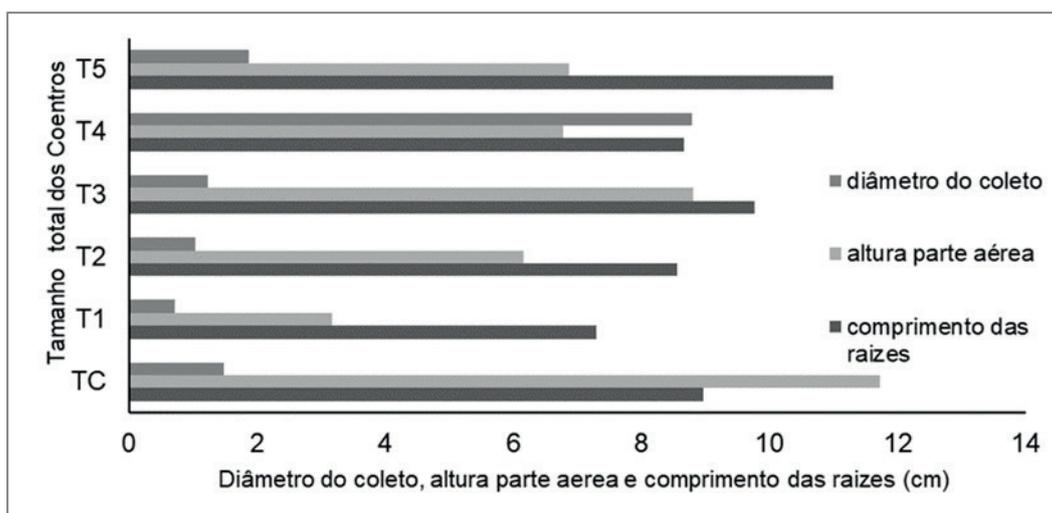


Fonte: Acervo do autor, 2023.

Avaliando-se o ganho de biomassa de carbono, T5 apresentou resultados tanto para massa seca de parte aérea quanto para as raízes, o que reforça a necessidade de estímulo por parte dos órgãos responsáveis na compostagem desse resíduo de coco. A transformação das fibras de coco em um composto compatível para o cultivo de coentro torna este resíduo, comumente gerado nos grandes centros, a serem incluídos em programas de reciclagem. Apesar da dificuldade em se degradar as fibras presentes, a utilização de hidrólise ácida seguida da aplicação de uma solução de compostagem favorece a degradação e a

transformação desse resíduo em um substrato viável para a aplicação e utilização em escolas ou comunidades. Além do ganho da massa seca, o diâmetro do colete e o comprimento das raízes observado em T4 (Figura 9) reforça que o material decomposto pode ser aproveitado como elemento a ser adicionado na produção de substrato uma vez que neste tratamento foi utilizado 75% do material decomposto.

Figura 9. Comprimento das raízes e parte aérea e diâmetro do colete dos coentros cultivados nos diferentes tratamentos. Tc: Tratamento controle (substrato comercial); T1: 100% TPV (50% terra preta + 50% areia esterilizada); T2: 75% TPV e 25% material decomposto da fibra de coco (FC); T3: 50% TPV e 50% FC; T4: 75% FC e 25% TPV; T5: 100% FC.

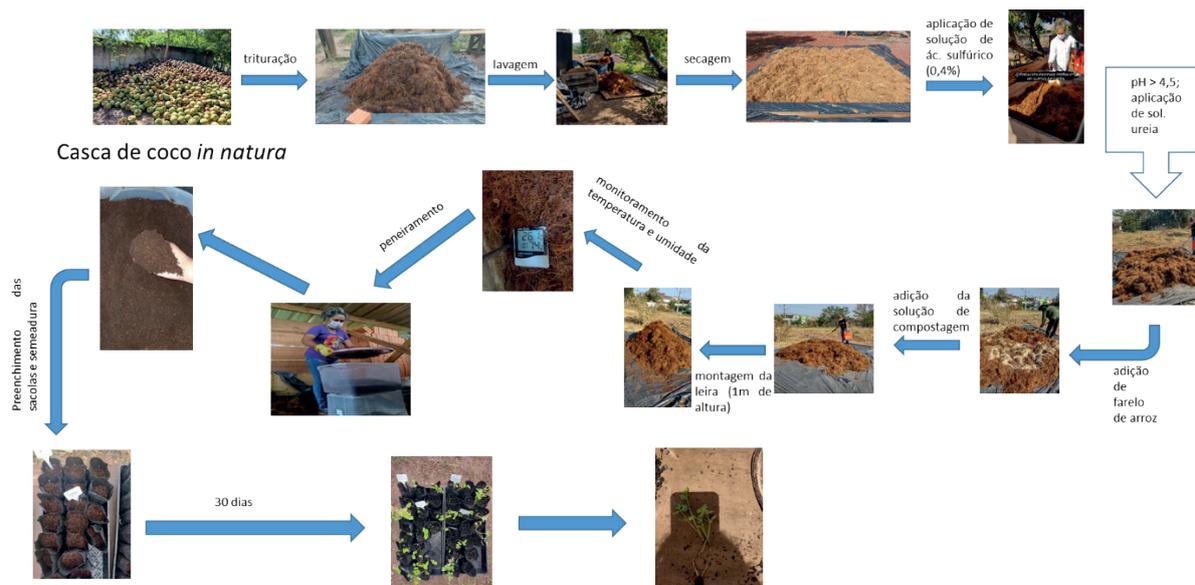


Fonte: Acervo do autor, 2023.

■ APLICAÇÃO

Para a compostagem das fibras do coco é imprescindível que se faça a hidrólise do material triturado antes da aplicação dos microrganismos. Para este estudo as fibras foram adquiridas trituradas nos postos de venda de água de coco. As fibras de coco verde apresentam umidade elevada. Recomenda-se fazer secagem ao sol para remover o excesso de umidade pois o material de interesse para a compostagem são os compostos orgânicos presentes e a água que acompanha inicialmente a fibra pode prejudicar a quantidade de solução ácida a ser borrifada previamente. Três dias após a borrifação da solução ácida deve-se fazer a medição do pH para não comprometer o desenvolvimento dos microrganismos. Para 99 kg de fibra triturada e seca utilizou-se 5 kg de farelo de arroz e 3kg de ureia. Após o período de compostagem (mínimo de 90 dias), o material obtido foi peneirado resultando em 16 kg de composto orgânico. Este composto pode ser utilizado tanto diretamente no cultivo de coentro quanto misturado na proporção de 3:1 pois os parâmetros físico-químicos demonstraram que a qualidade das plantas obtidas foi semelhante quando em cultivo em substrato comercial próprio para hortaliças. É possível diminuir a quantidade de casca de coco verde nos grandes centros urbanos com a compostagem desse material vegetal.

Figura 10. Fluxograma representando a obtenção do composto orgânico a partir das fibras de coco.



Fonte: o autor, 2022.

■ LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES FUTURAS

Ao longo do trabalho observou-se que o sucesso no processo da compostagem está vinculado às condições de temperatura ambiente, ou seja, em regiões frias buscar desenvolver o processo nas épocas mais quentes do ano. Também é necessário que o viveirista adquira as fibras já trituradas do ponto de venda. Caso contrário, será necessário adquirir um triturador. O projeto pode ser desenvolvido em escolas ou comunidades em que haja grande produção do resíduo, uma vez que as fibras do coco verde apresentam aproximadamente 70% de umidade. Recomenda-se que o projeto seja implantado em escolas onde haja estímulo ou programa voltado para a horta escolar, pois o aproveitamento de um resíduo possibilitará ao estudante praticar ações voltadas à sustentabilidade. Notou-se que para o cultivo do coentro o composto produzido fornece os nutrientes necessários. Os autores sugerem o estudo com outros tipos de hortaliças ampliando as possibilidades de cultivo com este tipo de substrato.

A proposta apresentada obteve sucesso com a colheita de coentro cultivado em substrato proveniente de resíduo da fibra do coco, reconhecida por ser material de difícil degradação e que possa resistir às condições climáticas durante 8 a 12 anos. A reciclagem das fibras através da compostagem colabora com a sustentabilidade, diminui os custos com material de cultivo e estimula o reaproveitamento de resíduos urbanos.

Agradecimentos

Agradecimentos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, *campus* Cuiabá-Bela Vista pela infraestrutura ofertada para o desenvolvimento deste trabalho, pelo fomento recebido no edital RTR/PROPES/IFMT 116/2021 e pela bolsa concedida pelo edital RTR/PROPES/ IFMT 23/2022.

■ REFERÊNCIAS

ARAÚJO DE ALMEIDA, M.; COLOMBO, R. Construction of green roofs via using the substrates made from humus and green coconut fiber or sugarcane bagasse. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 22, p. 100477, 2021.

AUSTIN, S. The school garden in the primary school: meeting the challenges and reaping the benefits, **Education 3-13**, v. 50, n. 6, p.707-721, 2022.

BERCHIN, I. I.; CARVALHO, A. de S. C. O papel das conferências internacionais sobre o meio ambiente para o desenvolvimento dos regimes internacionais ambientais: de Estocolmo à Rio +20. In: COSTA, R. S. DA; GUERRA, J. B. S. O. DE A.; DIAS, T. (Ed.). **Debates Interdisciplinares VII**. 1. ed. Palhoça: Editora Unisul, p. 167–186, 2016.

BOOMAN J.L.E. Evolução dos substratos usados em horticultura ornamental na Califórnia. In: KÄMPF AN; FERMINO MH. (Eds) **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Gênese, p. 43-65, 2000.

BORNE H.R. **Produção de mudas de hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 189p., 1999.

BUDIARTI, N. Y.. Alkaline hydrolysis as an accelerator of dry coconut husk degradation. **Sustainability (Switzerland)**, v. 4, n. 1, p. 1–9, 2020.

CAMPOSECO-MONTEJO, N. et al. Response of Bell Pepper to Rootstock and Greenhouse Cultivation in Coconut Fiber or Soil. **Agronomy**. v.8 p. 111. 2018.

CARRIJO, O. A. et al. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. *Horticultura Brasileira*, v. 20, n. 4, p. 533–535, 2002.

CARRIJO, O. A. et al. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.05-09, 2004.

CASTOLDI, R. et al. Performance of cucumber hybrids cultivated in coconut fiber and soil. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 86–90, 2014.

CORREA, B. A. et al. Reaproveitamento De Resíduos Orgânicos Regionais Agroindustriais Da Amazônia Tocantina Como Substratos Alternativos Na Produção De Mudas De Alface. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 9, n. 1, 2019.

CORTEZ L. A. B. et al. Processamento de casca e fibra de coco verde por carbonização para agregação de valor Biomassa no Brasil e no mundo. **Biomassa para energia**, v.3 n.1, p.021-030, 2009.

- EMBRAPA, **Manual de Métodos de Análise de solos**, Centro Nacional de pesquisa de solos. Rio de Janeiro. 2. ed. rev. atual. 212 p. (EMBRAPA-CNPS.Documentos, 1997).
- JORGE et al. **Informações técnicas sobre substratos utilizados na produção de mudas de hortaliças**. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2020. 30 p. (Embrapa Hortaliças. Documento,180).
- KAMPF, A. N.; FERMINO, H. H. **Substratos para plantas: a base de produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Genisis, 2000. p. 312
- KANEKO, M. G. **Substratos Regionais Da Amazônia À Base De Madeira Em Decomposição (Paú)** 2013. Dissertação (Mestrado) Faculdade De Agronomia E Medicina Veterinária, Universidade De Brasília. Brasília p. 58, 2006.
- KONDURU, S. et al. Coconut husk and processing effects on chemical and physical properties of coconutcoir dust. **HortScience**, v.34, p.88-90, 1999.
- KOTARSKA, K. et al. Study on the decomposition of lignocellulosic biomass and subjecting it to alcoholic fermentation: Study on the decomposition of lignocellulosic biomass. **Renewable Energy**, v. 75, p. 389–394, 2015.
- LEMAIRE F. Physical, chemical and biological properties of growing medium. **Acta Horticulturae**, v. 396, p. 273-284, 1995.
- MAPA, Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos. Brasília, DF. MAPA, 2017. 240 p.
- MELO, L. DOS S.; COSTA, T. L. S.; SANTOS, T. L. S.; NUNES, M. U. C. Avaliação de métodos alternativos de compostagem para biodegradação da casca de coco verde. **V Seminário de Iniciação Científica e Pós-Graduação da Embrapa Tabuleiros Costeiros**, p. 10, 2015.
- MINAMI, K.; PUCHALA, B. Produção de mudas de hortaliças de alta qualidade. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, suplemento, p.162-163, 2000.
- NUNES, M. U. C.; SANTOS, J. R.; SANTOS, T. C. Tecnologia para biodegradação da casca de coco seco e de outros resíduos do coqueiro. **Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica**, p. 1–5, 2007.
- PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI, A. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**, – Vitória, ES: Incaper, 2013. 104 p.
- PUTRINO, F. M. et al. Study of supercritical carbon dioxide pretreatment processes on green coconut fiber to enhance enzymatic hydrolysis of cellulose. **Bioresource Technology**, v. 309, p. 123387, 2020.
- REZENDE, J. S. O uso de resíduos orgânicos na composição de substratos alternativos para a produção de mudas. 2010. Dissertação (Mestrado) - Agronomia Fitotecnia. Universidade Federal de Urubelândia. Urubelândia.
- ROBER, R. Substratos hortícolas: possibilidades e limites de sua composição e uso; exemplos de pesquisa, da indústria e do consumo. In: KAMPF, A. N.; FERMINO, M. H. **Substratos para plantas: a base de produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Genisis, 2000. p. 312.

TECHNOLOGY, I. G. Dossie Fibra de coco - EMBRAPA. p. 3045, 2008.

SASSAKI O.K. Resultados preliminares da produção de hortaliças sem o uso de solo no Amazonas. **Horticultura brasileira**, v.15, p. 165-169, 1997.

UCHÔA, T. R. Avaliação de substratos a base de casca de coco moída para a produção de mudas de maracujeiro. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agroecologia) – Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual da Paraíba, p. 23. 2013.

ZUFFO, A. M.; GONZÁLEZ AGUILERA, J.; LIMA, R. E.; ALVES, C. Z. Substrates for the production of lettuce seedlings. *European Journal of Horticultural Science*, v. 85, n.5, 372–379, 2020.

DA UTILIZAÇÃO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS NA CULTURA DE MILHO

| Jean Lucas Vriesman

Centro De Ensino Superior Dos Campos Gerais - Cescage

| Davi Gonçalves dos Santos

Centro De Ensino Superior Dos Campos Gerais - Cescage

| Dannylo Henrique Goolkate

Centro De Ensino Superior Dos Campos Gerais - Cescage

| Luis Miguel Schiebelbein

Centro De Ensino Superior Dos Campos Gerais - Cescage

RESUMO

Objetivo: Identificar formações de reboleiras na plantação através da utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) em conjunto com o índice de vegetação OSAVI (índice de Vegetação Ajustado Ao Solo Otimizado) e relacionar a aplicação dos VANTs com a Agricultura de Precisão.

Palavras-chave: Reboleiras, Agricultura de Precisão, Drones.

■ INTRODUÇÃO

A utilização de drones voltada para implementação do rendimento agrícola é uma das várias faces da Agricultura de Precisão. O termo, *per si*, representa o pináculo técnico da Agricultura Moderna. Seu conceito traduz-se na eficiência aplicada, um modo de gestão que potencializa o retorno econômico enquanto reduz o impacto ao meio ambiente. (EMBRAPA, 2013, p. 26).

Nesta ótica, as diversas patologias das lavouras, no caso em tela, as reboleiras, necessitam não apenas de tratamento e resolução como o necessitam de forma eficiente e adequada. Dessa forma, compreendendo a identificação do problema como parte integrante fundamental à sua posterior resolução, a utilização dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), demonstrar-se-á a escolha mais eficiente e adequada para o saneamento das referidas disfunções.

■ MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Carambeí, Estado do Paraná, na Fazenda Frísia (24° 59' 15" S 50° 06' 38"W), com altitude de 1.029 m possuindo 12 ha. O terreno apresentou-se como irregular, com vários índices erosivos. Apresentou ainda vários locais com banhado, com consequentes falhas de plantio.

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi utilizado o Drone Phantom 4 Advanced, com câmera RGB. A altura do voo foi de 70 metros; a sobreposição frontal foi de 75%, a lateral de 65%. A direção do voo foi de 153 graus, sua velocidade de 7 m/s. O ângulo do gimbal marcou 90 ° e a duração média de cada voo variou de 15 a 16 minutos, com a utilização de uma unidade de bateria. O voo foi feito em dia claro, sem nebulosidade, estando o céu, naquele momento, limpo. Por fim, a Distância de Amostra do Solo (GSD) utilizada foi de 2,5 cm.

O aplicativo utilizado para o mapeamento foi o Drone Deploy. Tal aplicativo é disponibilizado por uma plataforma de software de drones, sendo capaz de, ilimitadamente, voar, mapear e compartilhar, de acordo com o próprio fornecedor do serviço. O processamento de dados foi feito via QGIS, um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de Código Aberto licenciado. O processamento das imagens foi feito através da técnica de ortomosaico, por meio do programa Web ODM.

Finalmente, o Índice de Vegetação adotado foi o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo Otimizado (OSAVI). O índice adotado utiliza a refletância no espectro NIR e vermelho, levando em consideração o valor padrão do fator de ajuste de fundo do dossel. Seu cálculo é compreendido pela equação $OSAVI = NIR - RNIR + R + 0.16$.

■ RESULTADOS

O experimento iniciou-se com a realização de um sobrevoo, datado do dia 11 de novembro de 2022. A partir dele pode-se obter um ortomosaico que contém a fase de floração da cultura de milho em toda a área. Indica-se também, na imagem, o corte A, que incide sobre uma reboleira. Compreende a Figura 1:

Figura 1. Ortomosaico resultante do voo no dia 11 de novembro de 2022, na área Triticale 1, município de Carambeí – PR – BR.



Fonte: Os autores, 2022.

O índice utilizado no experimento foi o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo Otimizado (OSAVI). Os valores foram obtidos a partir do software QGIS e foram reclassificados por tabela através do Excel. À vista disso, são registrados os seguintes resultados:

Tabela 1. Índice OSAVI.

Vegetação	-0,4 até -0,2
Palha	-0,2 até -0,01
Banhado/Solo	-0,01 até 1
Implantada a cultura de milho	0,1 até 0,3

Floração: aplicação do índice OSAVI em 11 de novembro de 2022.

Das informações registradas com o sobrevoo, obteve-se o corte A, que apresenta a incidência de uma reboleira sobre a plantação, representada pela Figura 2:

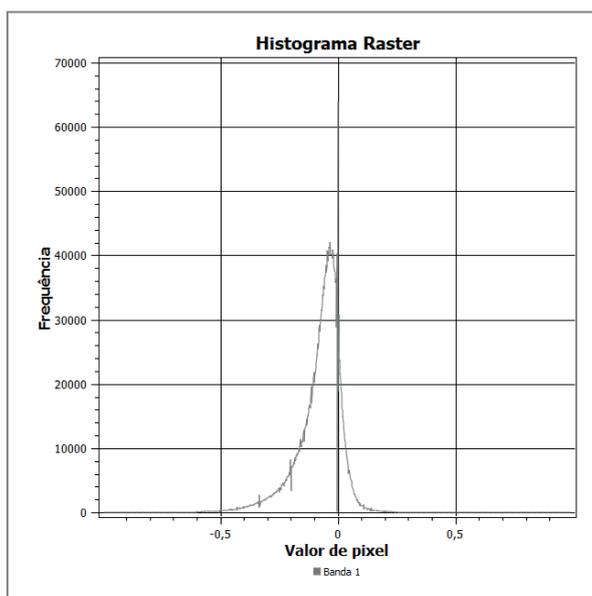
Figura 2. Ortomosaico resultante do voo no dia 11 de novembro de 2022, na área Triticale 1, município de Carambeí – PR – BR. Floração: Reboleira Corte A.



Fonte: Os autores, 2022.

A partir do ortomosaico obtido via QGIS e, por meio do mesmo software, foi feita a verificação do índice, seguida do desenvolvimento de um histograma, representado pela Figura 3:

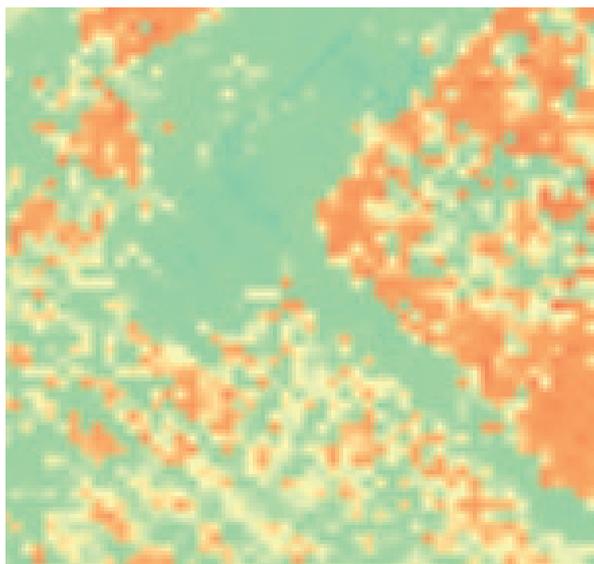
Figura 3. Histograma referente ao Voo de 11 de novembro de 2022. Aplicação do índice OSAVI.



Fonte: Os autores.

Verificados os limites máximos e mínimos, a classificação foi checada, de modo a sanar eventuais erros. Por fim, os dados foram reclassificados por tabela. A partir disso, tem-se a Figura 4:

Figura 4. Floração: Aplicação do índice OSAVI em Reboleira. Visualização Obtida a partir de ferramenta do Software QGIS versão 3.28.



Fonte: Os autores, 2022.

A partir dessa imagem gerada, gerou-se também uma tabela, com valores máximos e mínimos de 1 a 6. Feito esse processo, a tabela foi reclassificada:

Tabela 2. Floração: Resultados da Aplicação do índice OSAVI em Reboleira.

Feição	Valor
Voo 3-ortho...	0
Voo 3-ortho...	
Banda 1	0.0243712

Finalmente, os dados foram exportados para o Excel, de modo a ficarem representadas as áreas identificadas com o auxílio do VANT. Também foi feita a medição de suas respectivas porcentagens com relação à área total.

A tabela demonstra a somatória e a proporção das áreas discriminadas, registradas no experimento, relacionadas, por fim, com área total. Seguem os resultados.

A variação dos índices se dá em razão da diferença na captura de refletância dos espectros NIR e vermelho. Como cada item listado na tabela possui um determinado valor, a diferença entre os valores indica diferentes objetos, a saber, os discriminados em cada tabela:

Tabela 3. Proporção da Área Total – 11 de novembro – Índice OSAVI.

Legenda	Rótulos de Linha	Soma de área	%
Banhado	-1	10,13	0,03%
Banhado	1	59,29	0,19%
Banhado	2	297,13	0,94%
Banhado	3	1778,48	5,61%
Vegetação	4	10869,8	34,30%
Implantado o Milho	5	3228	10,19%
Palha	6	15066,15	47,54%
Composto não identificado	7	340,12	1,07%
Composto não identificado	8	32,68	0,10%
Composto não identificado	9	7,69	0,02%
Composto não identificado	10	2,67	0,01%
Total Geral		31692,17	100,00%

Fonte: Os autores.

■ DISCUSSÃO

Tendo em vista os dados apresentados, relativos ao período da Floração, percebe-se que a utilização dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) para a identificação de reboleiras na plantação de milho mostrou-se eficiente e precisa nesse estágio de desenvolvimento da planta.

A utilização de imagens georreferenciadas por um ortomosaico garante que se demonstre precisamente a área afetada pela patologia supra citada. Utilizando-se, em sequência, o índice OSAVI é possível aferir medição precisa nesta fase da cultura do milho.

Os resultados obtidos reforçam os de trabalhos semelhantes, a saber, REIS, 2020 e REZENDE, 2021. O primeiro autor em questão também analisou a eficácia dos resultados obtidos por medições utilizando Veículos Aéreos Não Tripulados. Por mais que seu estudo varie no quesito de cultura escolhida, adotando a cana de açúcar ao invés do milho, suas conclusões favorecem as nossas no sentido de afirmação da eficiência dos VANTs para uso agrícola. O trabalho de REIS ainda discorreu a respeito de comparações entre o uso de VANTs e métodos manuais de identificação de injúrias na plantação. Em harmonia com o supra afirmado, atestou a eficiência da primeira opção. (REIS, 2020)

De igual modo, os resultados também favorecem as conclusões de REZENDE a respeito do uso de VANTs. Tendo como base o trabalho de JORGE; INAMASU, 2014, afirma que os drones são exemplos de ferramentas utilizadas para levantamentos em lavouras, sendo bastante utilizados nas culturas da soja, milho, cafeeiro e cana-de-açúcar. O autor ainda reitera que eles podem se difundir pelas demais culturas, uma vez que, com o apoio do drone é possível melhorar a produção da cultura e identificar injúrias que podem ser corrigidas a tempo. (REZENDE, 2021)

Um ponto necessário, a título de contextualização da aplicação dos VANTs sob a ótica da Agricultura de precisão é, justamente, a exposição acerca deste modelo de gestão: É compreendido por três partes integrantes, inerentes à sua operação. A saber: Captação de dados em uma escala e frequência adequadas; interpretação e análise desses dados e; a gestão e implementação de uma resposta a uma escala espacial de tempo adequada. (INAMASU, R.Y. *et al.*, 2011)

Os três elementos da Agricultura 4.0 são essenciais para a concretização do conceito supracitado. Dessa forma, não basta a captação precisa dos dados, ou a interpretação e análise dos mesmos associada a convencional gestão da propriedade. É necessário que se faça presente o conceito de eficiência, indissociável da própria ideia de Agricultura de Precisão.

Dessa forma, todos os três procedimentos integrantes da gestão devem levar em conta sua finalidade: A obtenção de maior retorno econômico associada ao menor impacto ambiental.

É necessário, ainda, distinguir a Agricultura de Precisão da própria precisão. Seguindo o exemplo de Bernardi, uma máquina precisa, ou seja, uma máquina com um sistema de distribuição regular e uniforme, que tem a menor variação possível dentro das especificações de ajuste, é apenas uma máquina convencional. Ela realiza uma operação precisa, com erro dentro de uma faixa tolerável. Todo caso, esta não é uma máquina que se destina à Agricultura de Precisão, uma vez que não ajuda na gestão da variabilidade espacial do campo e nem aplica insumos utilizando uma taxa variada.

Dessa forma, segundo o autor, a precisão pode ser dissociada da AP, porém a AP não pode ser dissociada da precisão. (BERNARDI, A. C. C. *et al*, 2014)

Tendo em vista o exposto, pode-se partir para a definição dos resultados que provém da adoção do sistema de gestão tratado. Inamasu *et al.* (2011) delimitam três efeitos principais:

1. Aumento na produção. A adoção do sistema da Agricultura 4.0 permite ao produtor auferir maiores lucros provenientes do melhor desempenho na produção. A adesão ao método implica na adesão de resultados fundados na eficiência, sendo o lucro a primeira consequência lógica destes.

2. Aumento na Qualidade do Produto. A adesão ao sistema de gestão tratado pressupõe a anuência de práticas que visam a eficiência da lavoura. Dessa forma, uma segunda consequência lógica se revela no aumento da qualidade do produto. O raciocínio pode ser melhor compreendido através de um exemplo: A melhor distribuição de insumos em uma lavoura reordena as áreas em que, num primeiro momento, haviam insumos em excesso de um lado e insumos em escassez do outro. A partir da adoção do dito sistema de gestão, passa-se a zelar pelo equilíbrio entre as áreas que anteriormente se encontravam desreguladas, passando assim, a gozarem de adequada distribuição. Dessa forma, a produto que

anteriormente apresentava escassez ou excesso do referido insumo, passa a ser tratado da forma adequada, levando, por conseguinte, ao aumento de sua qualidade geral.

3. Melhor uso de recursos e insumos. À guisa do exemplo anterior, a melhor distribuição de insumos não só aumenta a qualidade geral da lavoura como também aproveita melhor os recursos do produtor. Com a adoção do sistema de Agricultura de Precisão os gastos desnecessários em insumos e outros recursos, anteriormente não aproveitados, são reduzidos ao máximo que permite a gestão local. (INAMASU, R.Y. *et al.*, 2011)

A composição dos resultados a serem obtidos depende, em última análise, de fatores que podem ser distribuídos em cinco grandes grupos. Seguindo as lições de Inamasu *et al* (2011), são eles:

1. O determinado pela “Cultura”. A escolha da cultura a ser produzida impacta diretamente nos resultados auferidos pelo produtor, uma vez que muda a própria forma da produção, bem como seu objetivo. A soja e o trigo, por exemplo, devem ser produzidos visando a produtividade, uma vez que se trata de commodities, proporcionando lucro com base na quantidade produzida. Já em culturas como a da uva ou de café especial, a intenção da produção é a obtenção de qualidade na produção, uma vez que a precificação da colheita é assim estabelecida.

2. O determinado pelos “fatores naturais dinâmicos”. Caracterizado principalmente pelos fatores climáticos, tem como problema clássico a estiagem. O planejamento hídrico, neste caso, vai além do acompanhamento meteorológico, revelando-se, aqui, o nicho da irrigação de precisão, parcela da Agronomia 4.0 que se propõe a gerir o problema supra referido. A composição dos resultados, dessa forma, é alterada conforme o impacto dos fatores naturais dinâmicos na lavoura, à guisa do exemplo utilizado. Um segundo exemplo da determinação desses fatores pode ser observado na comparação entre duas safras: a primeira produzida em condições adequadas e a segunda castigada por uma geada. A alteração dos fatores referidos determina, condenando totalmente a produção, em alguns casos, os resultados obtidos na colheita.

3. O determinado pela “função de substrato”. O terceiro grupo difere-se do segundo pela estabilidade e previsibilidade de suas características locais. Dessa forma, seu manejo e correção são, em igual grau, mais estáveis quando correlacionados com o grupo dos fatores naturais dinâmicos. O manejo adequado do substrato interfere diretamente na produção auferida, sendo também área de atuação da Agricultura de Precisão. Podem-se citar, ainda, ferramentas utilíssimas para a consecução de resultados adequados, como as provindas da geoestatística e os próprios drones orientados para a leitura e mapeamento da lavoura.

4. O determinado por “pragas e doenças”. Este grupo é diretamente associado ao uso de agrotóxicos, em especial aos pulverizados. O impacto da utilização dos mesmos, tanto

na produtividade e qualidade do produto, quanto nos danos ao meio ambiente é objeto da Agricultura de Precisão, bem como o são as próprias patologias da lavoura. Uma das formas de controle desse conjunto de fatores pode se dar pela utilização de VANPs (Veículos Aéreos Não Tripulados), de forma a aperfeiçoar a precisão da identificação das pragas e doenças que acometem as lavouras.

O determinado pelo “manejo”. O quinto e último grupo refere-se aos fatores relacionados ao uso do maquinário agrícola. Como a natureza desses fatores é antrópica, sua alteração e correção são, particularmente, de simples execução. Citem-se os desvios na linha plantio, preparo do solo, aplicação de insumos, enfim, toda sorte de alterações que podem ser concebidas pela ação humana. (INAMASU, R.Y. *et al.*, 2011)

Tendo em vista o exposto, compreende-se como essencial para o tema a ser desenvolvido por este trabalho o conceito de Agricultura de precisão, definido como sistema de gestão da lavoura que visa a produtividade e a proteção ao meio ambiente. É preciso considerar, também, os principais resultados gerados pela adesão ao referido sistema, bem como os fatores que os condicionam, sendo estes categorizados em cinco grandes grupos. (INAMASU, R.Y. *et al.*, 2011)

A lógica inerente ao conceito da Agricultura 4.0 estende-se para as ferramentas de que se utiliza, tendo, este trabalho, particular enfoque nos VANTs, ou drones, principalmente no que diz respeito a identificação de reboleiras, inseridas no supra referido grupo de fatores de número 4.

Dessa forma, passa-se a análise quanto à importância do combate às referidas patologias da lavoura, de modo a concatenar a lógica produtiva com a necessidade de execução.

De acordo com a EMBRAPA, reboleira é uma expressão de doença de solo que afeta plantas em áreas determinadas, sendo facilmente visualizada no campo. (EMBRAPA, 2007)

A reboleira é caracterizada por uma área destacada na lavoura, de fácil reconhecimento pela perspectiva aérea. A doença de solo afeta as referidas áreas da propriedade, comprometendo parcelas da lavoura.

Quanto à eficiência dos meios tradicionais, Rezende afirma que a verificação da presença de pragas nos cultivos agrícolas é tradicionalmente realizada em campo com investigação realizada in situ e são efetivas. Todo caso, tal trabalho é considerado muito demorado e desgastante em razão da mão-de-obra. (REZENDE, 2021)

Tal qual as ervas daninhas, a identificação de doenças de solo, em geral, é enquadrada no supra referido grupo de fatores determinado por “pragas e doenças”, integrando o escopo da Agricultura de Precisão. (INAMASU, R.Y. *et al.*, 2011)

O emprego de drones revela-se opção viável e eficiente na identificação de reboleiras, uma vez que estas são facilmente localizadas com o uso de fotografias aéreas. Dessa forma, o posterior controle dessa patologia torna-se mais eficaz com a utilização dos VANTs.

A concatenação dos resultados práticos com a teoria que funda a Agricultura de Precisão é indispensável para a visualização completa do sistema de gestão como um todo. Ao se comparar os dois lados, pode-se compreender qual é a lógica, qual é o raciocínio necessário para adequar a prática com sua finalidade, definida anteriormente pela teoria. O resultado desta operação é a identificação dos conceitos abstratos com os conceitos aplicados.

Tendo em vista os problemas apresentados, bem como sua contextualização na Agricultura 4.0, recomenda-se a aplicação dos VANTs para a identificação, e posterior solução, de reboleiras que podem acometer a lavoura.

A adesão ao sistema de gestão compreendido pela Agricultura de Precisão demanda a escolha das técnicas que melhor impactem no retorno produtivo da propriedade, tratando de temas como a melhor distribuição de recursos e visando, também, a menor avaria possível ao ecossistema. Nesse contexto, a utilização de drones para a identificação de patologias na lavoura compreende meio adequado e eficaz para tal.

Dessa forma, constata-se que o experimento realizado na Área Triticale 1 demonstrou resultados frutíferos, estando de acordo com estudos semelhantes desenvolvidos neste campo da Agricultura 4.0. bem como com os próprios fundamentos da Agricultura de Precisão.

■ CONCLUSÃO

Ante o exposto, pode-se notar, através dos resultados, a precisão na aplicação do índice OSAVI. Dessa forma, é possível afirmar que a aplicação de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), como ferramenta para a Agricultura de Precisão, mostrou-se eficaz e precisa. Tais conceitos compreendem o norte da Agricultura 4.0, de forma que a aplicação dos drones é recomendada quando da adoção de tal modelo de gestão.

■ REFERÊNCIAS

BERNARDI, Alberto Carlos de Campos; NAIME, João de Mendonça; RESENDE, Álvaro Vilela de; BASSOI, Luís Henrique; INAMASU, Ricardo Yassushi. Agricultura de Precisão Resultados de um Novo Olhar. 1. ed. Brasília: Editora Cubo, 2014.

Drone Deploy Development Team. Drone Deploy. 2013. Disponível em: www.dronedeploy.com/. Acesso em: 01/12/2022.

EMBRAPA. Glossário. Embrapa Hortaliças, nov. 2007. Disponível em: https://sistemasde-producao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/glossario.html. Acesso em: 24 nov. 2022.

INAMASU, Ricardo Yassushi; NAIME, João de Mendonça; RESENDE Álvaro Vilela de; BASSOI, Luís Henrique; BERNARDI, Alberto Carlos de Campos. Agricultura de Precisão Um Novo Olhar. 1. ed. Editora Cubo, 2014.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Agricultura de Precisão. Brasília, 3. ed. 2013.

PHANTOM 4 ADV. SZ DJI Technology Co.Ltd. Disponível em: www.dji.com/br/phantom-4-adv. Acesso em: 01/12/2022.

QGIS Development Team. QGIS GeographicInformation System. Open SourceGeospatial Foundation. 2017. Disponível em: https://qgis.org/pt_BR/site/. Acesso em: 01/12/2022.

REIS, Higor da Silva. Utilização de Veículos Aéreos não Tripulado para Identificação de Falhas no Plantio na Cana de Açúcar. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Centro Universitário Goiás, Goiânia, 2020.

REZENDE, Denner Borges. Uso de Imagens Tomadas por Aeronave Remotamente Tripulada para Detecção de Injúrias Provocadas por spodopterafrugiperdaem Milho. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2021.

WebODMDevelopment Team. WebODMOpenDroneMap. 2014. Disponível em: www.opendronemap.org/webodm/. Acesso em: 01/12/2022. REZENDE, Denner Borges. Uso de Imagens Tomadas por Aeronave Remotamente Tripulada para Detecção de Injúrias Provocadas por spodoptera frugiperda em Milho. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2021.

DINÂMICA DAS EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA (GEE) EM SISTEMAS EXTENSIVOS E CONSORCIADOS COM LEGUMINOSA.

| **João Guedes Borré**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ

| **Israel Oliveira Ramalho**

Embrapa Agrobiologia

| **Wesley dos Santos Souza**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ

| **Stallone da Costa Soares**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ)

| **|Lucas Peralta Carneiro Borges**

Universidade Federal Lavras - UFLA

| **Gustavo Campos Alves**

Universidade Federal Lavras - UFLA

| **Bruno Grossi Costa Homem**

Embrapa Agrobiologia

RESUMO

A pecuária brasileira é caracterizada por baixos índices zootécnicos e, nos últimos anos, mostrou elevado potencial poluidor ao meio ambiente. A utilização de gramíneas consorciadas com leguminosas compreende uma alternativa para incremento na produção de animais criados a pasto, além de reduzir os impactos ambientais gerados por ruminantes, principalmente em clima tropical. O objetivo dessa revisão foi evidenciar a dinâmica da emissão de gases do efeito estufa gerados em sistemas produtivos de animais da raça Nelore (aptidão para regiões tropicais). O uso de leguminosas assume grande importância especialmente em pastagens formadas por monocultura de gramíneas sem fertilização nitrogenada em estágio de degradação. Essas espécies melhoram a qualidade da liteira, reduzem as emissões de gases, contribuem na ciclagem de nutrientes e no armazenamento do carbono no solo. Nesse cenário, a intensificação da ciclagem do N em pastagens tropicais auxilia na redução do processo de degradação e/ou recuperação dessas áreas, colaborando com os serviços ecossistêmicos e consequentemente na mitigação de gases de efeito estufa.

Palavras-chave: Consórcio, Gases de Efeito Estufa, Ciclagem de Nutrientes.

■ INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais nas últimas décadas destacaram questões de produção relacionadas à poluição, degradação ambiental e mudanças climáticas (Dick *et al.*, 2015). Desta forma, os impactos ambientais dos produtos agrícolas e alimentares são tipicamente de grande preocupação (Ridoutt *et al.*, 2014). Anualmente, a agropecuária libera à atmosfera quantidades significativas de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O; Herrero *et al.*, 2016). Assim, neste novo contexto global, o conhecimento dos sistemas de produção e suas relações ambientais tornou-se uma necessidade iminente.

A importância do agronegócio brasileiro colocou o país em uma posição proeminente sobre as emissões de gases de efeito estufa globais. No mundo, os ruminantes são responsáveis por produzirem 25% das emissões de metano CH₄, enquanto que no Brasil, esta contribuição pode atingir acima de 70% (MCTI, 2016). Reduções nessas emissões são fundamentais, por meio da realização de estudos que elucidem os impactos que os ruminantes causam no ambiente, especialmente no que se refere na dinâmica planta-animal-solo-clima (Blanco *et al.*, 2007).

Dentro das emissões de CH₄ geradas pelos ruminantes no Brasil, em torno de 96,8% é ocasionada pelos bovinos (MCTI, 2016). Atualmente, com um rebanho bovino estimado em torno de 209 milhões de cabeças, o Brasil se enquadra como o segundo maior do mundo em número de cabeças (MCTI, 2016). Destes 209 milhões de cabeças, 90% dos bovinos são de aptidão para produção de carne (Berndt and Tomkins, 2013).

De acordo com estatísticas mais recentes, 90% dos bovinos de corte são criados exclusivamente à pasto (ANUALPEC, 2015; Pedreira *et al.*, 2015). No entanto, a maior parte da produção é em pastagens não-fertilizadas de gramíneas de origem africana, principalmente *Brachiaria spp.* (Jank *et al.*, 2014). Dados do último censo agropecuário no ano de 2006 relatam que temos em torno de 172,3 milhões de hectares de pastagens (IBGE, 2006), o que daria hoje uma lotação de 1,09 bovinos/ha.

Em decorrência dessa característica de baixa lotação por hectare, no Brasil é comum que áreas marginais, de difícil acesso e de baixo potencial agrícola sejam preferencialmente destinadas para a formação de pastagens. Essas peculiaridades contribuem para criar uma tradição de baixo investimento no uso de tecnologia e de insumos na formação e no manejo de grande parte das pastagens brasileiras. A principal consequência danosa dessa situação tem sido a alta incidência de pastagens degradadas no País e a estigmatização da pecuária desenvolvida a pasto, como atividade improdutiva e essencialmente danosa ao meio ambiente (Dias Filho, 2014).

Diante disso, uma das tecnologias e alternativa que poderiam ser usadas em alternativa para recuperação das pastagens degradadas seria o uso do consórcio com leguminosas

forageiras. As leguminosas não contribuem apenas em termos de produção de alimentos, mas também são importantes para melhorias na qualidade dos solos, redução das emissões de gases de efeito estufa e com respeito ao sequestro de carbono. Motivo esse, coloca as leguminosas com papel importante nas perspectivas futuras do agronegócio brasileiro.

Contudo, as leguminosas podem contribuir em diferentes nichos no sistema de produção à pasto, no qual pode-se destacar: (1) alta quantidade de proteína e menor teor de fibra, o que a potencializa como um alimento de maior valor nutritivo para ser usado na alimentação animal (Muir *et al.*, 2011, 2014); (2) pastos consorciados com gramínea/leguminosa ou exclusivos de leguminosas necessitam de menores quantidades de fertilizantes nitrogenados devido a contribuição das leguminosas com a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) por meio de simbiose com microrganismos hospedeiros, o que subsequente contribui para melhoria da fertilidade do solo por meio da decomposição de seus resíduos (Rochester *et al.*, 2001; Crews and Peoples, 2005); (3) melhorias nas características estruturais do solo e impactos diretos na sua biologia, principalmente pelo estímulo a microbiota benéfica do solo (Rochester *et al.*, 2001; Kirkegaard *et al.*, 2008; Osborne *et al.*, 2010); e finalmente, redução das emissões de gases de efeito estufa emitidos na pecuária, atuando diretamente na produção de CH₄ e N₂O, e indiretamente sobre a dependência de fertilizantes advindos de combustíveis fósseis (Jensen *et al.*, 2012; Lüscher *et al.*, 2014; Cardoso *et al.*, 2016).

Dentre esses benefícios do uso de leguminosas em pastagens, destaca-se a contribuição direta na diminuição das emissões de gases de efeito estufa. Estima-se que o uso de leguminosas em pastagens possa sequestrar globalmente o equivalente a 200 Mt CO₂eq por ano em estoque de carbono do solo, em que cerca de metade do potencial global de mitigação dessa opção é nos países em desenvolvimento (Herrero *et al.*, 2016).

■ DESENVOLVIMENTO

Cenário e Características da pecuária brasileira

As pastagens no Brasil tornaram-se um foco de especialistas em desenvolvimento e conservação em todo o mundo, devido à sua extensão e ao seu potencial em relação ao aumento previsto do consumo de carne nas próximas décadas (Barretto *et al.*, 2013; Strassburg *et al.*, 2014).

Os sistemas de produção de gado bovino são desenvolvidos em todos os 27 estados brasileiros e são altamente diversificados como resultado de ações históricas, sociais, econômicas e fatores ambientais (Latawiec *et al.*, 2014). Os bovinos criados são predominantemente *Bos indicus* (principalmente animais da raça Nelore, Gir e Guzerá), no Sudeste,

Centro-Oeste, Nordeste e Norte, e *Bos taurus* (principalmente Hereford, Aberdeen Angus, Simmental e Charolês) predominando na região Sul do país.

Em geral, as fazendas de produção de bovinos de corte no país incluem todo o ciclo de produção (cria, recria e engorda), ou a associação de cria com recria e recria com engorda, ou ainda a criação de cada fase isolada, sendo essa última realizada em menor escala. Esses sistemas fazem uso de pastagens cultivadas (principalmente espécies do gênero *Brachiaria* e *Panicum*) e naturais, associadas ou não à alimentação suplementar e ao confinamento parcial (Latawiec *et al.*, 2014).

O principal método de lotação é o contínuo com grandes extensões de pastagens, em que o rebanho é mantido quase que exclusivamente nessas áreas com baixo uso de insumos. Em algumas fazendas são adotados sistemas intensivos de produção de bovinos à pasto, no qual são caracterizados pela utilização de espécies forrageiras de melhor rendimento e qualidade, além de realização de adubações periódicas, o que acarreta em melhorias no sistema de produção animal. Fazendas tecnificadas representam uma pequena parcela do total que usam do recurso forrageiro para criação de bovinos (Latawiec *et al.*, 2014).

Hoje, a cadeia produtiva do boi está concentrada nas regiões Centro-Oeste e Norte do país. O maior rebanho de gado do país está distribuído entre os estados do Mato Grosso do Sul e no Norte do Mato Grosso. O estado do Mato Grosso atualmente é o principal produtor brasileiro de carne bovina, com aproximadamente 29 milhões de cabeças, representando 13,6% do rebanho nacional (ANUALPEC, 2015).

A lotação animal média das pastagens brasileiras gira em torno de 0,91 unidades de animais (1 UA é equivalente a um animal de 450 kg de peso corporal) por hectare. As taxas de lotação variam desde níveis mais baixos (0,81 UA/há na região do semiárido nordestino), para níveis intermediários (0,91 UA/há na região Centro-Oeste, 0,94 UA/há na região Sudeste e 0,97 UA/há na região Norte), e para níveis mais elevado (1,18 UA/há no Sul do Brasil; IBGE, 2006). Diante deste cenário, a produtividade da pecuária de corte calculada gira em torno de 5,1 arrobas/hectare/ano (Dias-Filho, 2011), o que é considerado muito baixa.

Outra característica importante da dinâmica das áreas de pastagem no Brasil tem sido a substituição do uso de pastagens naturais por pastagens cultivadas, fato esse que ocasionou uma irrisória melhora nos índices zootécnicos brasileiros a partir da década de 1970. A explicação é que muitas dessas pastagens naturais estão sendo substituídas por lavouras, além de outras atividades, ou mesmo por pastagens cultivadas, normalmente mais produtivas do que certas pastagens naturais (Dias-Filho, 2011). As exceções para essa tendência são as regiões Sul e Nordeste. Nessas regiões ainda predominam grandes áreas ocupadas com pastagens naturais (Dias-Filho, 2011).

O grande problema hoje do uso de pastos na pecuária é os seus diferentes estágios de degradação. A degradação de pastagens é um fenômeno global. Estima-se que cerca de 20% das pastagens mundiais (naturais e plantadas) estejam degradadas ou em processo de degradação, sendo essa proporção pelo menos três vezes maior nas regiões mais áridas do planeta (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2004). No Brasil, a degradação de pastagens está presente em todas as regiões. No entanto, o problema tende a ser maior nos locais em que a pecuária vem apresentando as maiores taxas de expansão, isto é, nas áreas de fronteira agrícola. Estima-se que 80% das pastagens cultivadas no Brasil, responsáveis por mais de 55% da produção de carne nacional, encontrem-se em degradação (Dias-Filho, 2011; Dias Filho, 2014).

Em resumo, isso afeta diretamente a sustentabilidade da pecuária. Considerando-se apenas a fase de engorda de bovinos, a produtividade de carne de uma pastagem degradada pode ser seis vezes inferior ao de uma pastagem recuperada ou em bom estado de manutenção (Peron and Evangelista, 2004). Desta forma, a pecuária brasileira é caracterizada por apresentar baixos índices zootécnicos, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Índices zootécnicos médios do rebanho brasileiro e em sistemas tecnológicos mais evoluídos.

Índices	Média Brasileira	Sistema Melhorado	Sistema com tecnologia avançada	Meta
Natalidade	60%	70-80%	>80%	= 90%
Mortalidade até a desmama	8%	6%	4%	2%
Taxa de desmama	54%	65%	75%	88%
Mortalidade pós-desmama	4%	3%	2%	1%
Idade a 1ª cria	4 anos	3-4 anos	2-3 anos	1,7-2,6
Intervalo de partos	21 meses	18 meses	14 meses	12 meses
Idade ao abate	4 anos	3 anos	2,5 anos	1-2 anos
Taxa de abate	17%	20%	22%	= 35%
Peso de carcaça	200 kg	220 kg	230 kg	245 kg
Rendimento de carcaça	53%	54%	55%	55%
Lotação	0,9 UA/há	1,2 UA/há	1,6 UA/há	= 2 UA/há
Kg de carcaça/há	34	53	80	= 200
Taxa de descarte de matrizes	----	----	---	15-20%

Fonte: Zimmer e Euclides Filho (1997).

Emissões pela pecuária

A pecuária é uma das atividades econômicas de grande importância para o Brasil. Devido à grande extensão de terras disponíveis para a pecuária, principalmente pelas grandes áreas de pastagem, o país ocupa lugar de destaque no mundo quanto à produção no setor.

Os principais processos que resultam em emissões de gases de efeito estufa na pecuária estão descritos a seguir:

- Fermentação entérica: corresponde a uma etapa da digestão dos ruminantes, sendo uma das maiores fontes de emissão de CH₄ no país. A intensidade desse processo depende de diversos fatores, como a categoria animal, alimentação, nível de consumo do animal e das diversas práticas de criação. Das emissões de metano, destaca-se a provenientes do rebanho bovino, que é o segundo maior no mundo. O setor de agropecuária é o maior responsável pelas emissões de CH₄, com 74,4% no ano de 2010, sendo a principal emissão decorrente da fermentação entérica dos ruminantes (eructação), quase toda referente ao gado bovino. Em 2010, as emissões associadas de CH₄ a fermentação entérica foram de 11.158 Gg, 89,9% do total das emissões de CH₄ do setor da agropecuária (MCTI, 2016).
- Emissões de N₂O provenientes de solos agrícolas: a emissão de N₂O decorre da aplicação de fertilizantes nitrogenados, tanto de origem sintética quanto animal, e da deposição de dejetos de animais em pastagem. Essa deposição de dejetos em pastagem não é considerada como aplicação de fertilizantes, já que não é intencional, porém, é o mais importante no Brasil devido à predominância da pecuária extensiva. As emissões de N₂O ocorrem principalmente no setor de agropecuária, correspondendo à 84,2% das emissões totais de N₂O em 2010. Quando consideramos somente as emissões dos animais em pastagem, ela corresponde a 36,1% das emissões totais de N₂O (MCTI, 2016).

Dinâmica das emissões com uso de pastagens consorciadas com leguminosas

Metano (CH₄)

As leguminosas podem contribuir para redução da produção de metano entérico, principalmente por unidade de consumo (Lüscher *et al.*, 2014). Vários estudos relataram que animais ruminantes alimentados com leguminosas forrageiras emitem menos quantidade de CH₄ em relação à animais alimentados em dietas exclusivas de gramíneas (McCaughey *et al.*, 1999; Pacheco *et al.*, 2014; Andrade *et al.*, 2016).

A hipótese mais concreta que suporta o efeito das leguminosas na emissão de metano é que, as mesmas apresentam como característica presença de compostos secundários, no qual destaca-se os taninos. Resultados da literatura já demonstraram que a emissão de CH₄ pelos ruminantes diminui quando esses animais são alimentados com forragens ricas em tanino, como as leguminosas tropicais (Waghorn, 2008; Tedeschi *et al.*, 2014). A atividade anti-metanogênica de taninos hidrolisáveis e condensados tem sido amplamente demonstrada em vários estudos *in vivo* e *in vitro* (Hess *et al.*, 2003, 2006; Carulla *et al.*, 2005; Gerber *et al.*, 2013).

Taninos condensados e hidrolisáveis extraídos de uma variedade diversificada de leguminosas tropicais reduziram a produção de metano *in vitro* em torno de 50% (Patra and Saxena, 2011; Jayanegara *et al.*, 2015) e um potencial de redução *in vivo* de até 20% nas emissões de metano pelos ruminantes (Śliwiński *et al.*, 2002). Um parâmetro que exerce grande influência sobre as emissões de CH₄ é o peso da molécula de tanino, em que maiores reduções das emissões são observadas com plantas que possuem taninos com maior peso molecular (Huang *et al.*, 2011).

Em geral, o modo de ação dos taninos na diminuição das emissões de metano não foi completamente descrito. Diretamente, compostos secundários das leguminosas tropicais podem inibir, através de anticorpos bactericidas ou manipulações bacteriostáticas, o crescimento ou a atividade de microrganismos metanogênicos (Tavendale *et al.*, 2005; Naumann *et al.*, 2013, 2014, 2017a), provavelmente por ligarem a proteínas e enzimas da célula microbiana (Gerber *et al.*, 2013). Além disso, taninos podem inibir alguns protozoários ruminais, e indiretamente, afetar os microrganismos metanogênicos (Gerber *et al.*, 2013). Indiretamente, esses compostos secundários podem afetar negativamente as bactérias celulolíticas (Patra and Saxena, 2011; Pacheco *et al.*, 2014) e, conseqüentemente, a respiração anaeróbica de carboidratos a ácidos graxos de cadeia curta, em particular o acetato, reduzindo assim a formação de CO₂ e H₂ necessários para as bactérias metanogênicas (Jayanegara *et al.*, 2012). Desta forma, leguminosas tropicais podem assim oferecer uma oportunidade para reduzir a produção entérica de CH₄.

Óxido Nitroso (N₂O)

O processo de desnitrificação é a mais importante fonte de N₂O de sistemas baseados em pastagens (Rochester, 2003; Peoples *et al.*, 2004a, Soussana *et al.*, 2010). O processo de desnitrificação ocorre quando o solo apresenta grande parte dos seus poros preenchidos com água, o que acarreta em restrita disponibilidade de oxigênio, ocasionando um aumento na concentração de nitrato (NO₃⁻) no solo. Juntamente a isso, com um teor de carbono orgânico mineralizável adequado presente para ser usado como fonte de energia por microrganismo (Peoples *et al.*, 2004b; Stehfest and Bouwman, 2006). Muitas espécies de microrganismos do solo são capazes de sobreviver em condições anóxicas utilizando-se do processo de desnitrificação (Jensen *et al.*, 2012).

Essencialmente, NO₃⁻ é substituído por O₂ como um aceitador de elétron respiratório; o NO₃⁻ é reduzido a nitrito e em seqüência a N₂O e gás nitrogênio (N₂). A maior parte das perdas gasosas será como N₂, mas a pequena proporção das emissões totais na forma de N₂O (ou seja, a proporção de N₂O/N₂) pode ser afetada por muitas variáveis diferentes, como

taxa de aplicação de N, concentração de matéria orgânica no solo, pH do solo e textura (Rochester, 2003; Stehfest and Bouwman, 2006; Peoples *et al.*, 2009).

Além disso, o processo de nitrificação no solo também é favorecido quando ocorre um fornecimento de N-amoniaco por meio de aplicação de fertilizantes. Desta forma, grandes picos de emissões de N_2O são medidos em pastagens logo após a aplicação dos fertilizantes nitrogenados e com os solos encharcados de água (Klumpp *et al.*, 2011).

As principais razões em que sistemas de produção à pasto com introdução de leguminosas podem emitir menores quantidades de N_2O em relação a sistema com pastagem fertilizada com N são: (1) o N é fixado através de simbiose com microrganismos dentro dos nódulos, e portanto, não está disponível no solo de forma reativa; (2) a atividade simbiótica de fixação do N_2 é regulada negativamente se a taxa de crescimento das plantas é pequena; e (3) em pastagens consorciadas de gramíneas com leguminosas, as raízes absorvem o N oriundo das raízes das leguminosas e da mineralização da matéria orgânica, pelo fato da liberação ser de forma mais lenta e gradual (Jensen *et al.*, 2012; Luscher *et al.*, 2014). Jensen *et al.* (2012) encontraram que as emissões anuais de N_2O foram maiores em pastos exclusivos de gramínea adubados com N (19 locais-ano, 4,49 kg de N_2O -N/há) em relação à pastos exclusivos de leguminosa (17 locais-ano; 0,79 e 1,99 kg de N_2O -N/há) para trevo branco e leucina, respectivamente.

Dentro das diretrizes revisadas de gases de efeito estufa (IPCC, 2006), a fixação biológica de N_2 foi realmente removida como fonte direta de emissão de N_2O . No entanto, existem observações ocasionais de aumento das emissões de N_2O por leguminosas (Virkajärvi *et al.*, 2010). O que ocorre é uma falta de evidências de emissões significativas decorrentes do próprio processo de fixação do nitrogênio pelas leguminosas (Rochette and Janzen, 2005), em que as emissões de N_2O de leguminosas também pode ser resultado da decomposição de resíduos de leguminosas, o que torna a magnitude de tais emissões permanecer incerta (Baggs *et al.*, 2006).

Emissões de CO_2 decorrentes da produção de fertilizantes nitrogenados e fixação biológica de N_2

Um século após a sua invenção, o processo de Haber-Bosch para produção de amônia (NH_3) permanece inalterada. A amônia é sintetizada a partir de uma mistura de volume 3:1 de H_2 e N_2 a temperatura e pressão elevadas na presença de um catalisador de ferro (Jensen *et al.*, 2012).

Para cada Kg de N como fertilizante produzido no processo industrial de Haber-Bosch há um consumo grande de energia (58MJ) e também emitem significativas quantidades de gases de efeito estufa (8,6 kg de CO_{2eq}) na forma de 19g de N_2O IPCC (2006). Além disso,

o IPCC (2006) sugere que, para cada 100 kg de fertilizante nitrogenado adicionado ao solo, em média 1,0 kg de N é emitido na forma de N_2O , gás esse que é 298 vezes mais potente que o CO_2 (Foster *et al.*, 2007). Assim, a emissão de 1,0 kg de N na forma de N_2O equivale a 1,57 kg de gás N_2O , o que geraria um impacto por quilograma de N_2O-N equivalente a 470 kg de CO_2 .

Cerca de metade do CO_2 gerado durante a produção de NH_3 será reutilizado se a NH_3 for convertida em ureia, que é a forma mais utilizada de adubo nitrogenado aplicado em pastagens (67% do fertilizante nitrogenado total consumido anualmente; IFA 2010). No entanto, uma vez que a ureia é aplicada no solo, ela é hidrolisada rapidamente pela enzima urease a NH_3 , sendo que o CO_2 originalmente capturado durante a produção de ureia será lançado na atmosfera (Jenkinson, 2001). Consequentemente, a produção global anual de fertilizantes de cerca de 100 Tg de N (1 Tg = 1012g; IFA 2010) fabricado com uma eficiência de 2,6-3,7 kg de CO_2 gerado por quilograma de N sintetizado, representa em torno de 300 Tg de CO_2 liberados para a atmosfera a cada ano.

Quando se pensa no uso de leguminosas, toda a emissão de CO_2 gerada pelo processo industrial de fabricação dos fertilizantes nitrogenados é eliminada. No entanto, como resultado do processo de fixação do N_2 pelas nódulos das leguminosas, ocorre uma demanda muito alta de energia e requisitos de carbono para a assimilação do nitrogênio (Atkins, 1984; Kaschuk *et al.*, 2009). Desta forma, as leguminosas no processo FBN perdem CO_2 das raízes para o solo, em que as perdas de CO_2 pelas leguminosas giram em torno de 10-25 g de CO_2 por grama de N assimilado no processo de FBN (Atkins, 1984; Kaschuk *et al.*, 2009).

As estimativas globais da quantidade anual de N fixado pelas leguminosas no processo de FBN variam entre 33 e 46 Tg de N (Peoples *et al.*, 2009). Supondo-se que o processo de fixação do N_2 expire em média 10 g de CO_2 de um sistema radicular nodulado de uma leguminosa para cada g de N assimilado em relação as plantas que utilizam N de fertilizantes ou do solo, daria uma emissão de 350 a 500 Tg de CO_2 expirado através dos nódulos das raízes das leguminosas anualmente (Jensen *et al.*, 2012).

Dito isso, críticas em relação ao uso de leguminosas em pastagens já teriam total fundamento, haja visto que leguminosas por sua vez emitem maiores quantidades de CO_2 no processo de FBN em relação a produção de fertilizantes nitrogenados. No entanto, o CO_2 liberado pelas leguminosas para a atmosfera será recuperado no processo de fotossíntese, de modo que qualquer molécula de CO_2 que não for recuperada pela planta, e eventualmente, escapar do dossel da leguminosa para a atmosfera será considerado com C neutro. Em contrapartida, todo o CO_2 liberado durante a síntese do fertilizante N é oriundo de energia fóssil e representa uma contribuição líquida para as concentrações atmosféricas de CO_2 (Jensen *et al.*, 2012).

Efeito da leguminosa no sequestro de carbono do solo

Em termos de mitigação das emissões de CO₂, o sequestro de carbono no solo é uma das opções. Dentre os componentes que representam as formas de carbono orgânico no solo (COS), o húmus é considerado o mais estável que pode ser afetado por ações antrópicas e representa de 40-60% do COS (Christopher and Lal, 2007).

Uma das formas para promover mudanças no estoque de carbono no solo é a introdução de leguminosas (Conant *et al.*, 2001). Os resíduos de leguminosas são, em geral, muito mais próximos dos microrganismos e da matéria orgânica do solo (principalmente relação C/N), do que espécies que não são leguminosas. Além disso, a matéria orgânica advinda de leguminosa tende a ter maiores concentrações de fósforo do que outras espécies (Pinkerton and Randall, 1994). Desta forma, a inclusão de leguminosas em sistemas agrícolas são mais propícios ao sequestro C e ao acúmulo de COS ao longo do tempo.

Além da introdução de leguminosas, outros fatores podem influenciar a dinâmica do estoque de carbono no solos em pastagens, no qual inclui: (1) o clima da região e se as pastagens são irrigadas ou não, no qual exercem efeitos sobre a produtividade primária líquida das plantas e processo de perdas de carbono; (2) a taxa de lotação e o manejo do pastejo que podem causar efeitos direto na ciclagem de nutrientes; (3) a composição botânica da pastagem (porcentagem de leguminosa em relação à gramínea; e (4) idade da implantação da pastagem e o estado inicial do estoque de carbono, uma vez que a taxa de mudança no COS tende a ser maior em áreas de pastagens com menores teores de carbono inicial (Conant *et al.*, 2001; Soussana *et al.*, 2010; Klumpp *et al.*, 2011; Jensen *et al.*, 2012)

Avaliação das emissões/remoções de gases de efeito estufa em cenário que retrate a condição de uso extensivo das pastagens brasileiras

Estimativa das emissões de gases de efeito estufa

Para a avaliação das emissões de gases de efeito estufa da pecuária brasileira, uma abordagem do ciclo de vida foi adotada, abrangendo o ciclo completo de todo o rebanho, desde o nascimento dos bezerros até animais adultos pronto para serem abatidos. As emissões de gases de efeito estufa foram expressas em função da massa unitária (kg) de peso de carcaça, análise conhecida como “pegada de carbono”.

A avaliação do cenário da pecuária brasileira das emissões de gases de efeito estufa foi realizada usando metodologias de Nível 2 do IPCC (2006). Já para o CO₂ advindo de combustíveis fósseis foi usado nas análises do ciclo de vida do processo de produção. Os dados de produção brasileira média utilizados foram os descritos anteriormente na seção “Cenário da pecuária brasileira”.

Os gases de efeito estufa avaliados foram CH_4 de fermentação entérica e de fezes bovina; emissões de N_2O de fezes e urina depositadas nas pastagens; e gases de efeito estufa (principalmente CO_2 fóssil) emitido na produção, fabricação e transporte de alimentos para animais, combustíveis, agroquímicos e máquinas utilizadas no sistema de produção.

As emissões foram calculadas levando em consideração um rebanho com 100 matrizes Nelore com quatro touros. As informações básicas de sobre os indicadores de desempenho animal (digestibilidade da forragem consumida nas diferentes fases do crescimento animal, índices reprodutivos, rendimento de carcaça e pesos médios) foram retiradas em trabalhos científicos e de dados pessoais de acompanhamento em fazendas.

As emissões totais de gases de efeito estufa foram estimadas em $\text{CO}_{2\text{eq}}$ usando fatores de conversão global do potencial de aquecimento de 25 e 298 para CH_4 e N_2O , respectivamente (Forster *et al.*, 2007). Os resultados foram expressos como $\text{CO}_{2\text{eq}}$ por kg de peso de carcaça.

Emissões de metano entérica

A metodologia do IPCC (2006) baseia-se em requisitos de energia bruta e energia digestível em alimentos. Na metodologia utilizou-se o peso corporal de animais machos e fêmeas adultos, o peso corporal e o ganho médio diário de todas as outras categorias mais jovens, a digestibilidade e o teor de proteína da forragem. Usando os procedimentos descritos no manual do IPCC, calculou-se a energia bruta de cada categoria animal e assumiu-se que a proporção do consumo de energia bruta consumida convertida em CH_4 (valor de Y_m) foi de 6,5% (Johnson and Johnson, 1995). A produção total de CH_4 de todo o rebanho foi calculada com a proporção de dias no ano em que cada categoria animal estava no campo, o número de animais em cada categoria que posteriormente produziu a produção anual total de CH_4 do rebanho.

Emissões de metano pelas fezes

As emissões de CH_4 das fezes foram determinadas a partir da produção fecal total, da ingestão de forragem e a digestibilidade. O consumo de forragem de cada categoria animal foi calculado a partir do peso metabólico animal ($\text{PC}^{0,75}$) e a digestibilidade da forragem consumida. As emissões de CH_4 das fezes foram estimadas pela metodologia do IPCC (2006).

Emissões N_2O de excretas bovinas

Para as emissões de N_2O das fezes e da urina, primeiramente foi calculada a ingestão de N pelos animais a partir do teor de proteína da pastagem e o consumo de matéria

seca. O N excretado foi estimado pela diferença entre a ingestão de N e a quantidade de N depositado na carcaça dos animais (2,5% do peso corporal, Scholefield *et al.*, 1991) e o N exportado no leite no caso das vacas de cria em lactação. A quantidade de N excretada foi separado em N excretados nas fezes e na urina (Lessa *et al.*, 2014; Sordi *et al.*, 2014) de acordo com a equação de Scholefield *et al.* (1991):

$$Ru/f = [1.2725 * (\%N \text{ na dieta})] - 1,09$$

em que Ru/f é a quantidade de N excretado na urina em relação as fezes.

Os fatores de emissão adotados para urina e fezes na estação da chuva durante os sete meses foram de 1,93% e 0,14%, respectivamente, e 0,01% para urina e fezes na seca.

Emissões de CO₂ fóssil de recursos utilizados

As emissões foram calculadas com base nos fatores de emissão do IPCC. As emissões de CO_{2eq} associadas à energia elétrica e combustível (diesel) foram calculados usando os fatores de 3,53 kg de diesel CO_{2eq}/L (74,1 kg CO_{2eq}/GJ - IPCC, 2006) e 115 kg CO_{2eq}/MWh para eletricidade (EPE, 2015).

Estimativa das emissões de CH₄ e N₂O

Foi considerado pastos com *Brachiaria spp.* implantados há muito tempo, sem aplicação de calcário e fertilizantes. Animais da raça Nelore, com realização de algumas vacinas e fornecimento de sal mineral. A digestibilidade média da forragem em todas as fases de produção foi de 49% e o teor de proteína do pasto considerado foi de 7% (Euclides *et al.*, 2009).

Com uma produção de leite por vaca considerada de 3,1 litros, com período médio de lactação de 7 meses. O gerenciamento do rebanho é o mínimo possível, com pequenos ou nenhum monitoramento do rebanho. Os demais índices zootécnicos utilizados da pecuária brasileira estão descritos na Tabela 1. Na Tabela 2 estão descritos o número e a composição do rebanho médio de uma fazenda com 100 matrizes.

Tabela 2. Descrição das categorias de animais, número e duração em cada fase (categoria).

Categoria animal	Número de cabeças	Peso inicial e final (kg)	Duração (dias)
Touros	4	650	365
Vacas	100	450	365
Bezerro macho	28	30-180	210
Bezerra fêmea	28	30-150	210
Novilho jovem	27	180-280	440
Novilha jovem	27	150-250	440
Machos 3 anos	27	280-380	275
Fêmeas 3 anos	27	250-360	367
Machos em terminação	27	360-500	200
Fêmeas aptas para emprenhar	27	360-430	180
Total de animais	322	-	-

Por ano, em média foram abatidos 27 machos em terminação, 20 vacas de descarte e 7 novilhas fêmeas aptas para emprenhar (as outras 20 fêmeas repõem as matrizes abatidas). Em geral, o peso de carcaça médio de cada categoria é 265 kg, 220 kg e 225 kg, respectivamente, o que dá um total de carcaça produzida de 13.130 kg. Além disso, a fazenda terá um consumo de 11.000 kg de suplemento mineral, o que dá um gasto de 4.920 MWh de energia elétrica e 2280 litros de diesel para transporte do suplemento. A taxa de lotação considerada é a de 0,9 UA/há, em que na fazenda o rebanho todo corresponde à 260 UA. Diante dessa taxa de lotação, a área de pastagem será de 290 há, no qual teria uma produção de 45,27 kg de carcaça por há. Na Tabela 3 encontra-se os dados estimados da emissão de CH₄ e N₂O.

As emissões de combustíveis fósseis (kg de CO₂/rebanho) estimadas foram de 2.261,8 para energia elétrica, 2.033,6 para suplemento mineral e 8.035,0 para diesel, o que dá uma emissão total de 12.330,4 kg de CO₂/rebanho e 0,92 kg CO₂/kg carcaça.

Tabela 3. Estimativa das emissões de CH₄ e N₂O em kg por rebanho de acordo com metodologia do IPCC (2006).

Itens	Metano (CH₄)		Óxido Nitroso (N₂O)	
	Kg de CH₄	%	Direta	Indireta
Touros	522,9	2,2	1,1	1,35
Vacas	10.458,1	43,6	17,1	21,0
Bezerros	1.466,2	6,1	0,7	0,9
Novilhos jovens	7.903,6	33,0	10,3	12,7
Animais em terminação	3.061,4	12,8	3,8	4,7
Fezes ¹	546,9	2,3	-	-
Total	23.959,1	-	73,6	-
kg gás/kg carcaça	1,82	-	0,0056	-
CO₂eq/kg carcaça	45,50	-	1,67	-

¹As emissões de N₂O das fezes dos animais são a contabilização das emissões diretas de N₂O em cada categoria animal.

Desta forma, as emissões em um cenário que retrate a pecuária brasileira em uma fazenda com 100 matrizes seria de: 23,9 Mg/rebanho de CH₄, 73,6 kg/rebanho de N₂O e

12,3 Mg/rebanho de CO₂, no qual esses valores somados geram uma emissão de 631,7 Mg/rebanho de CO_{2eq} e 48,2 kg CO_{2eq}/kg de carcaça.

■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pastagens consorciadas demonstram maiores taxas de acúmulo de carbono, desempenho animal e ciclagem de nutrientes, quando comparadas com pastagens em monocultura com pouca ou nenhuma fertilização nitrogenada. Essas vantagens são reduzidas ou desconsideradas quando esse tipo de sistema é comparado com pastos fertilizados com níveis moderados ou altos de N. Contudo, as emissões de GEE no ambiente são mais elevadas em sistemas produtivos fertilizados com altas doses de N. Desse modo, o uso de leguminosa assume grande importância para intensificação da produtividade sustentável da pecuária a pasto, principalmente, em regiões tropicais.

■ REFERÊNCIAS

Andrade, E.A., E.X. Almeida, G.T. Raupp, M.F. Miguel, D.M. De Liz, P.C.F. Carvalho, C. Bayer, and H.M.N. Ribeiro-Filho. 2016. Herbage intake, methane emissions and animal performance of steers grazing dwarf elephant grass v. dwarf elephant grass and peanut pastures. *Animal* 10:1684–1688. doi:10.1017/S1751731116000628.

ANUALPEC/FNP. 2015. Anuário da Pecuária Brasileira (Yearbook of Brazilian Livestock). Instituto FNP, AGRA FNP Pesquisas Ltda, São Paulo, Brazil.

Atkins, C.A. 1984. Efficiencies and inefficiencies in the legume/Rhizobium symbiosis—A review. *Plant and Soil* 82:273–284. doi:10.1007/BF02184267.

Baggs, E.M., R.M. Rees, K.A. Smith, and A.J.A. Vinten. 2006. Nitrous oxide emission from soils after incorporating crop residues. *Soil Use and Management* 16:82–87. doi:10.1111/j.1475-2743.2000.tb00179.x.

Barretto, A.G.O.P., G. Berndes, G. Sparovek, and S. Wirsenius. 2013. Agricultural intensification in Brazil and its effects on land-use patterns: an analysis of the 1975-2006 period. *Global Change Biology* 19:1804–1815. doi:10.1111/gcb.12174.

Berndt, A., and N.W. Tomkins. 2013. Measurement and mitigation of methane emissions from beef cattle in tropical grazing systems: a perspective from Australia and Brazil. *Animal : an international journal of animal bioscience* 7 Suppl 2:363–372. doi:10.1017/S1751731113000670.

Blanco, C.C., E.E.S. Jr., B.R.C. dos Santos, M.A. da Silva, and V.D. Pillar. 2007. On the overlap between effect and response plant functional types linked to grazing. *Community Ecology* 8:57–65. doi:10.2307/24113363.

Carulla, J.E., M. Kreuzer, A. Machmüller, and H.D. Hess. 2005. Supplementation of *Acacia mearnsii* tannins decreases methanogenesis and urinary nitrogen in forage-fed sheep. *Australian Journal of Agricultural Research* 56:961–970. doi:10.1071/AR05022.

Christopher, S.F., and R. Lal. 2007. Nitrogen Management Affects Carbon Sequestration in North American Cropland Soils. *Critical Reviews in Plant Sciences* 26:45–64. doi:10.1080/07352680601174830.

Conant, R.T., K. Paustian, and E.T. Elliott. 2001. GRASSLAND MANAGEMENT AND CONVERSION INTO GRASSLAND: EFFECTS ON SOIL CARBON. *Ecological Applications* 11:343355. doi:10.1890/10510761.

Dias Filho, M.B. 2014. Diagnóstico das Pastagens no Brasil. Embrapa Amazônia Oriental Documentos:22. doi:10.1163/_q3_SIM_00374.

Dias-Filho, M.B. 2011. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40:243–252. Edição. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Brasília, Brazil.

EPE, 2015. Balanço Energética Nacional 2014. Available at https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2014_Web.pdf.

Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Berntsen, T., Betts, R., Fahey, D.W., Haywood, J., Lean, J., Lowe, D.C., Myhre, G., Nganga, J., Prinn, R., Raga, G., Schulz, M., Van Dorland, R., 2007. Changes in atmospheric constituents and radiative forcing. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. (Eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis* Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Gerber, P.J., A.N. Hristov, B. Henderson, H. Makkar, J. Oh, C. Lee, R. Meinen, F. Montes, T. Ott, J. Firkins, A. Rotz, C. Dell, A.T. Adesogan, W.Z. Yang, J.M. Tricarico, E. Kebreab, G. Waghorn, J. Dijkstra, and S. Oosting. 2013. Technical options for the mitigation of direct methane and nitrous oxide emissions from livestock: a review.. *Animal : an international journal of animal bioscience* 7 Suppl 2:220–234. doi:10.1017/S1751731113000876.

Herrero, M., B. Henderson, P. Havlík, P.K. Thornton, R.T. Conant, P. Smith, S. Wirsenius, A.N. Hristov, P. Gerber, M. Gill, K. Butterbach-Bahl, H. Valin, T. Garnett, and E. Stehfest. 2016. Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. *Nature Climate Change* 6:452–461. doi:10.1038/nclimate2925.

Hess, H.D., M. Kreuzer, T.E. Díaz, C.E. Lascano, J.E. Carulla, C.R. Soliva, and A. Machmüller. 2003. Saponin rich tropical fruits affect fermentation and methanogenesis in faunated and defaunated rumen fluid. *Animal Feed Science and Technology* 109:79–94. doi:10.1016/S0377-8401(03)00212-8.

Huang, X.D., J.B. Liang, H.Y. Tan, R. Yahya, and Y.W. Ho. 2011. Effects of *Leucaena* condensed tannins of differing molecular weights on in vitro CH₄ production. *Animal Feed Science and Technology* 166–167:373–376. doi:10.1016/J.ANIFEEDSCI.2011.04.026.

IBGE 2006. Censo Agropecuário 2006. Grandes Regiões e Unidades da Federação, Rio de Janeiro, Brazil.

- IFA (2010) International Fertilizer Industry Association, Paris France. <http://www.fertilizer.org/ifa/Home-Page/STATISTICS>.
- IPCC, 2006. In: Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. (Eds.), IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Agriculture, Forestry and Other Land Use. Intergovernmental Panel on Climate Change, vol. 4. IGES, Japan.
- Jank, L., S.C. Barrios, C.B. Do Valle, R.M. Simeão, and G.F. Alves. 2014. The value of improved pastures to Brazilian beef production. *Crop and Pasture Science* 65:1132–1137. doi:10.1071/CP13319.
- Jayanegara, A., F. Leiber, and M. Kreuzer. 2012. Meta-analysis of the relationship between dietary tannin level and methane formation in ruminants from in vivo and in vitro experiments. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 96:365–375. doi:10.1111/j.1439-0396.2011.01172.x.
- Jayanegara, A., G. Goel, H.P.S. Makkar, and K. Becker. 2015. Divergence between purified hydrolysable and condensed tannin effects on methane emission, rumen fermentation and microbial population in vitro. *Animal Feed Science and Technology* 209:60–68. doi:10.1016/j.anifeedsci.2015.08.002.
- Jenkinson, D.S. 2001. The impact of humans on the nitrogen cycle, with focus on temperate arable agriculture. *Plant and Soil* 228:3–15. doi:10.1023/A:1004870606003.
- Jensen, E.S., M.B. Peoples, R.M. Boddey, P.M. Gresshoff, H.N. Henrik, B.J.R. Alves, and M.J. Morrison. 2012. Legumes for Mitigation of Climate Change and the Provision of Feedstock for Biofuels and Biorefineries. A Review.
- Johnson, K.A., and D.E. Johnson. 1995. Methane emissions from cattle. *Journal of animal science* 73:2483–92.
- Kaschuk, G., T.W. Kuyper, P.A. Leffelaar, M. Hungria, and K.E. Giller. 2009. Are the rates of photosynthesis stimulated by the carbon sink strength of rhizobial and arbuscular mycorrhizal symbioses?. *Soil Biology and Biochemistry* 41:1233–1244. doi:10.1016/J.SOILBIO.2009.03.005.
- Kirkegaard, J., O. Christen, J. Krupinsky, and D. Layzell. 2008. Break crop benefits in temperate wheat production. *Field Crops Research* 107:185–195. doi:10.1016/J.FCR.2008.02.010.
- Klumpp, K., J.M.G. Bloor, P. Ambus, and J.-F. Soussana. 2011. Effects of clover density on N₂O emissions and plant-soil N transfers in a fertilised upland pasture. *Plant and Soil* 343:97–107. doi:10.1007/s11104-010-0526-8.
- Latawiec, A.E., B.B.N. Strassburg, J.F. Valentim, F. Ramos, and H.N. Alves-Pinto. 2014. Intensification of cattle ranching production systems: Socioeconomic and environmental synergies and risks in Brazil. *Animal* 8:1255–1263. doi:10.1017/S1751731114001566.
- Lüscher, A., I. Mueller-Harvey, J.F. Soussana, R.M. Rees, and J.L. Peyraud. 2014. Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: A review. *Grass and Forage Science* 69:206–228. doi:10.1111/gfs.12124.
- McCaughy, W.P., K. Wittenberg, and D. Corrigan. 1999. Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows. *Canadian Journal of Animal Science* 79:221–226. doi:10.4141/A98-107.

- MCTI, 2016. Estimativas Anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil, Terceira
- Muir, J.P., W.D. Pitman, J.C. Dubeux, and J.L. Foster. 2014. The future of warm-season, tropical and subtropical forage legumes in sustainable pastures and rangelands. *African Journal of Range & Forage Science* 31:187–198. doi:10.2989/10220119.2014.884165.
- Naumann, H.D., A.E. Hagerman, B.D. Lambert, J.P. Muir, L.O. Tedeschi, and M.M. Kothmann. 2014. Molecular weight and protein-precipitating ability of condensed tannins from warm-season perennial legumes. *Journal of Plant Interactions* 9:212–219. doi:10.1080/17429145.2013.811547.
- Naumann, H.D., C.E. Cooper, and J.P. Muir. 2017a. Seasonality affects leaf nutrient and condensed tannin concentration in southern African savannah browse. *African Journal of Ecology* 55:168–175. doi:10.1111/aje.12336.
- Naumann, H.D., J.P. Muir, and B.D. Lambert. 2013. Condensed Tannins In The Ruminant Environment: A Perspective On Biological Activity. *Journal of Agricultural ...* 1:8–20.
- Osborne, C.A., M.B. Peoples, and P.H. Janssen. 2010. Detection of a reproducible, single-member shift in soil bacterial communities exposed to low levels of hydrogen.. *Applied and environmental microbiology* 76:1471–9. doi:10.1128/AEM.02072-09.
- Pacheco, D., G. Waghorn, and Peter H.Janssen. 2014. Decreasing methane emissions from ruminants grazing forages : a fit with productive and financial realities ?. *Animal production science* 54:1141–1154. doi:10.1071/AN14437.
- Patra, A.K., and J. Saxena. 2011. Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91:24–37. doi:10.1002/jsfa.4152.
- Pedreira, C.G.S., L.S. Silva, and M.P. Alonso. 2015. Use of grazed pastures in the Brazilian live- stock industry: a brief overview. In: A.R. Evangelista, C.L.S. Avila, D.R. Casagrande, M.A.S. Lara, T.F. Bernardes. (Eds.), *Proceedings of the 1st International Conference on Forages in Warm Climates*. Lavras, MG, Brazil, 1–3 June 2015, pp. 7–17
- Peoples MB, Angus JF, Swan AD, Dear BS, Hauggaard-Nielsen H, Jensen ES, Ryan MH, Virgona JM (2004a) Nitrogen dynamics in legume-based pasture systems. In: Mosier AR, Syers KJ, Freney JR (eds) *Agriculture and the nitrogen cycle, the Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE)*. Island, Covelo, pp 103–114.
- Peoples MB, Boyer EW, Goulding KWT, Heffer P, Ochwoh VA, Vanlauwe B, Wood S, Yagi K, Van Cleemput O (2004b) Pathways of nitrogen loss and their impacts on human health and the environment. In: Mosier AR, Syers KJ, Freney JR (eds) *Agriculture and the nitrogen cycle, the Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE)*. Island, Covelo, pp 53–69.
- Peoples, M.B., J. Brockwell, D.F. Herridge, I.J. Rochester, B.J.R. Alves, S. Urquiaga, R.M. Boddey, F.D. Dakora, S. Bhattarai, S.L. Maskey, C. Sampet, B. Rerkasem, D.F. Khan, H. Hauggaard-Nielsen, and E.S. Jensen. 2009. The contributions of nitrogen-fixing crop legumes to the productivity of agricultural systems. *Symbiosis* 48:1–17. doi:10.1007/BF03179980.
- Peron, A.J., and A.R. Evangelista. 2004. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. *Ciência e Agrotecnologia* 28:655–661. doi:10.1590/S1413-70542004000300023.

- Pinkerton, A., and P. Randall. 1994. Internal phosphorus requirements of six legumes and two grasses. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34:373. doi:10.1071/EA9940373.
- Ridoutt, B.G., G. Page, K. Opie, J. Huang, and W. Bellotti. 2014. Carbon, water and land use footprints of beef cattle production systems in southern Australia. *Journal of Cleaner Production* 73:24–30. doi:10.1016/J.JCLEPRO.2013.08.012.
- Rochester, I., M. Peoples, N. Hulugalle, R. Gault, and G. Constable. 2001. Using legumes to enhance nitrogen fertility and improve soil condition in cotton cropping systems. *Field Crops Research* 70:27–41. doi:10.1016/S0378-4290(00)00151-9.
- Rochester, I.J. 2003. Estimating nitrous oxide emissions from flood-irrigated alkaline grey clays. *Australian Journal of Soil Research* 41:197. doi:10.1071/SR02068.
- Rochette, P., and H.H. Janzen. 2005. Towards a Revised Coefficient for Estimating N₂O Emissions from Legumes. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 73:171–179. doi:10.1007/s10705-005-0357-9.
- Scholefield, D., D.R. Lockyer, D.C. Whitehead, and K.C. Tyson. 1991. A model to predict transformations and losses of nitrogen in UK pastures grazed by beef cattle. *Plant and Soil* 132:165. doi:10.1007/BF00010397.
- Śliwiński, B.J., C.R. Soliva, A. Machmüller, and M. Kreuzer. 2002. Efficacy of plant extracts rich in secondary constituents to modify rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology* 101:101–114. doi:10.1016/S0377-8401(02)00139-6.
- Sordi, A., J. Dieckow, C. Bayer, M.A. Albuquerque, J.T. Piva, J.A. Zanatta, M. Tomazi, C.M. da Rosa, and A. de Moraes. 2014. Nitrous oxide emission factors for urine and dung patches in a subtropical Brazilian pastureland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 190:94–103. doi:10.1016/j.agee.2013.09.004.
- Soussana, J.F., T. Tallec, and V. Blanfort. 2010. Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. *animal* 4:334–350. doi:10.1017/S1751731109990784.
- Stehfest, E., and L. Bouwman. 2006. N₂O and NO emission from agricultural fields and soils under natural vegetation: summarizing available measurement data and modeling of global annual emissions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 74:207–228. doi:10.1007/s10705-006-9000-7.
- Strassburg, B.B.N., A.E. Latawiec, L.G. Barioni, C.A. Nobre, V.P. da Silva, J.F. Valentim, M. Vianna, and E.D. Assad. 2014. When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. *Global Environmental Change* 28:84–97. doi:10.1016/J.GLOENVCHA.2014.06.001.
- Tavendale, M.H., L.P. Meagher, D. Pacheco, N. Walker, G.T. Attwood, and S. Sivakumar. 2005. Methane production from in vitro rumen incubations with *Lotus pedunculatus* and *Medicago sativa*, and effects of extractable condensed tannin fractions on methanogenesis. *Animal Feed Science and Technology* 123–124:403–419. doi:10.1016/J.ANIFE-EDSCI.2005.04.037.
- Tedeschi, L.O., C.A. Ramírez-Restrepo, and J.P. Muir. 2014. Developing a conceptual model of possible benefits of condensed tannins for ruminant production. *Animal* 8:1095–1105. doi:10.1017/S1751731114000974.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. 2004. Land degradation in drylands (LADA): GEF grant request. Nairobi, Kenya.

Virkajärvi, P., M. Maljanen, K. Saarijärvi, J. Haapala, and P.J. Martikainen. 2010. N₂O emissions from boreal grass and grass - clover pasture soils. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 137:59–67. doi:10.1016/J.AGEE.2009.12.015.

Waghorn, G. 2008. Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production-Progress and challenges. *Animal Feed Science and Technology* 147:116–139. doi:10.1016/j.anifeedsci.2007.09.013.

ZIMMER, A.H.; K. EUCLIDES FILHO. 1997. As Pastagens e a Pecuária de Corte Brasileira. In: Simpósio Internacional sobre Produção Animal em Pastejo, 1997, Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG: [s.n.], p.349-380.

ENTRAVES À COMERCIALIZAÇÃO DE HORTALIÇAS NA FEIRA DA QUADRA 304 SUL NA PERSPECTIVA DA AGRICULTURA FAMILIAR PALMENSE

| Weslei Júnior Borges

Universidade Federal do Tocantins - UFT
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - IFTO

| Vinícius Souza Ribeiro

Universidade Federal do Tocantins - UFT
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - IFTO

| José Eustáquio Canguçu Leal

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - IFTO

| Antônio Carlos Silveira Gonçalves

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - IFTO

| Clauber Rosanova

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - IFTO

| Jaqueline Boni Ribeiro

Agência Tocantinense de Regulação, Controle e Fiscalização de Serviços Públicos - ATR

RESUMO

Agricultura familiar é um conceito utilizado para caracterizar as unidades de produção rural, estruturadas no trabalho familiar, que se identificam pela relação entre terra, trabalho e família. As recentes transformações ocorridas no espaço agrário brasileiro, com o advento da modernização, afetaram as pequenas e médias propriedades rurais, provocando a descapitalização e a exclusão social do pequeno agricultor familiar, o que trouxe como consequência o êxodo rural, por exemplo. **Objetivo:** O presente trabalho busca analisar as principais dificuldades enfrentadas na comercialização de alface, couve e cheiro verde pelos agricultores familiares da feira da quadra 304 Sul, na cidade de Palmas-TO, assim como os preços praticados na feira e nos mercados de bairros da cidade. **Métodos:** Foram aplicados, no ano de 2014, treze questionários semiestruturados em um grupo delimitado agricultores familiares, assim como coletados preços de horti frutis em três mercados de bairros. **Resultados:** A pesquisa aponta que segundo os entrevistados não há entraves à comercialização dos produtos, e a diferença dos preços nos diferentes espaços de comercialização só é significativa para a alface, sendo de 11,33% a 55,60% mais barata na feira. **Conclusões:** A pesquisa sugere, a partir do levantamento do perfil dos entrevistados, a realização de pesquisas futuras que podem contribuir para o acompanhamento e/ou (re)direcionamento das ações públicas em questões sensíveis ao segmento da agricultura familiar no Brasil.

Palavras-chave: Agricultura Familiar, Comercialização, Feira Livre.

■ INTRODUÇÃO

Atualmente, a discussão sobre a agricultura familiar vem ganhando legitimidade social, política e acadêmica no Brasil, passando a ser utilizada com mais frequência nos discursos dos movimentos sociais rurais, pelos órgãos governamentais e por segmentos do pensamento acadêmico, principalmente pelos pesquisadores das Ciências Sociais que estudam o universo da agricultura e do mundo rural (SCHNEIDER, 2003).

Segundo Schneider (2003) a emergência da expressão “agricultura familiar” no contexto brasileiro surgiu a partir de meados da década de 1990, tardiamente, quando comparada à tradição dos estudos sobre esse tema nos países desenvolvidos. Nesse período, ocorreram dois eventos que tiveram um impacto social e político muito significativo no meio rural, especialmente na região Centro-Sul.

Primeiramente, em meados dos anos de 1990, assistiu-se a uma grande explosão e intensificação dos movimentos sociais no campo, que produziram inclusive formas de manifestação política que perduram até hoje, como é o caso dos eventos anuais em torno do “Grito da Terra”. O sindicalismo rural enfrentava nesta época grandes desafios – impactos da abertura comercial, falta de crédito agrícola e queda dos preços dos principais produtos agrícolas de exportação –, a incorporação e fortalecimento da noção de agricultura familiar passaram a ser uma bandeira de luta de um conjunto de categorias sociais. Tais como, assentados, arrendatários, parceiros, integrados a agroindústrias, entre outros, que não mais podiam ser confortavelmente identificados com as noções de pequenos produtores ou, simplesmente, de trabalhadores rurais (SCHNEIDER, 2003).

O segundo evento, que contribuiu para a afirmação do termo agricultura familiar no cenário social e político brasileiro está relacionado à criação do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), em 1996, pelo governo federal. Esse programa, formulado como resposta às pressões do movimento sindical rural desde o início dos anos de 1990, nasceu com a finalidade de conceder crédito agrícola e apoio institucional às categorias de pequenos produtores rurais que vinham sendo excluídos das políticas agrícolas ao longo da década de 1980 e encontravam sérias dificuldades de se manter na atividade.

A partir da criação do PRONAF, o sindicalismo rural brasileiro passou a reforçar a defesa de propostas que vislumbrassem o compromisso cada vez mais sólido do Estado com uma categoria social considerada específica e que também necessitava de políticas agrícolas que beneficiassem a classe (juros menores, apoio institucional etc.).

Assistiu-se a partir da segunda metade da década de 1990, a uma relativa retomada dos estudos agrários e rurais no Brasil que até então despertava pouco interesse dos pesquisadores. Voltou-se então a discutir não apenas a agricultura e a produção agrícola, mas também o rural *lato senso*, ou seja, o mundo rural de forma ampla, para além das discussões

acerca dos impasses e das possibilidades da reforma agrária e dos assentamentos, das questões relacionadas aos impactos do progresso tecnológico ou das migrações. Esse novo cenário permitiu que os estudiosos ampliassem suas pesquisas temáticas por novos temas, como a agricultura familiar, a conformação dos mercados de trabalho e a dinâmica ocupacional da população rural (SCHNEIDER, 2003).

Colonos, camponeses, pequenos produtores, tabaréus são algumas, entre tantas outras, denominações atribuídas aos agricultores familiares. Para alguns estudiosos, a denominação de agricultura familiar engloba todas as definições anteriores, enquanto para outros, esse conceito é de uma amplitude muito maior, que dificulta o seu entendimento (PEREIRA, 2004). Os diversos significados e classificações que são atribuídas à agricultura familiar dependem do objetivo para a qual a expressão foi criada.

Para fins legais, e de enquadramento nas linhas de crédito do PRONAF, agricultor familiar e empreendedor familiar rural é aquele que: (i) faz uso predominante da mão-de-obra familiar; (ii) gere com a própria família a propriedade rural; (iii) detém área inferior a quatro módulos fiscais¹; e (iv) no mínimo metade da renda familiar é oriunda das atividades econômicas desenvolvidas na propriedade (BRASIL, 2006; 2017).

Segundo dados do Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2023), 77% do total de propriedades rurais do país são classificadas como agricultura familiar. Ainda de acordo com o último Censo, a agricultura familiar responde por 23% do valor bruto da produção e 23% da área total da agropecuária brasileira.

Neste contexto, o objetivo da presente pesquisa foi analisar as principais dificuldades enfrentadas na comercialização de alface, couve e cheiro verde pelos agricultores familiares da feira da quadra 304 Sul, na cidade de Palmas-TO, bem como os preços praticados na feira e nos mercados de bairro.

Este trabalho justifica-se pela escassez de trabalhos acadêmicos sobre o assunto além da necessidade de se conhecer as dificuldades dos agricultores familiares no transporte, formulação de preços e comercialização de produtos de hortaliças e a partir dessa realidade fazer um diagnóstico que possa ajudar os gestores municipais e estaduais na formulação de políticas públicas capazes de minimizar tais dificuldades.

Tal justificativa é reforçada considerando-se que a comercialização da produção agrícola é a parte essencial da produção agropecuária, o que coloca as decisões de comercialização

¹ Módulo Fiscal: Unidade de medida expressa em hectares, fixada para cada município, considerando os seguintes fatores: Tipo de exploração predominante no município; Renda obtida com a exploração predominante; Outras explorações existentes no município que, embora não predominantes, sejam significativas em função da renda ou da área utilizada; Conceito de propriedade familiar. No caso do Estado do Tocantins, com exceções dos municípios de Sandolândia e Araguaçu um módulo fiscal corresponde a 70 hectares o restante dos municípios corresponde a 80 hectares.

entre as principais atividades gerenciais para estabilização de preços e renda agrícola, com peso significativo na rentabilidade dos empreendimentos do agronegócio (Gebert, Fontes e Reis, 2010; Azevedo, 2007). Azevedo (2007), ainda reforça que todos os esforços para aumento da produtividade, ganhos de escala, sinergias produtivas e redução de custos, obtidos durante o processo produtivo, podem se dissipar no momento da comercialização do produto agrícola.

Por fim, o trabalho não tem o objetivo de esgotar a temática, tão pouco a pretensão de apresentar solução pronta para possíveis problemas encontrados, mas sim identificar e apresentar dados que apontem para caminhos que levem a criação de alternativas que assegurem condições melhores de comercialização aos agricultores familiares.

■ MÉTODOS

Tradicionalmente as feiras livres são locais de grande importância, cultural e econômica. Nas feiras livres é comercializada uma enorme variedade de produtos que satisfazem os mais variados tipos de consumidores. Apesar da diversidade de produtos comercializados naquele espaço, no presente trabalho serão pesquisados apenas três tipos de hortaliças folhosas: couve, alface e cheiro verde.

Foi realizada pesquisa do tipo exploratória com o objetivo de proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses (GIL, 2007). O método utilizado foi o qualitativo e quantitativo visto que, utiliza procedimentos estruturados e instrumentos formais para coleta de dados e não possui ideias preconcebidas das interpretações dos eventos.

A pesquisa foi desenvolvida na feira do produtor rural localizada na quadra 304 Sul, na cidade de Palmas-TO. Cabe ressaltar que no mesmo local funciona a feira livre nas terças e sextas feiras, contudo a pesquisa foi realizada somente nos dias de terças-feiras, ou seja, com os agricultores que trabalham na denominada feira do produtor. Em 2014, a feira do produtor contava com aproximadamente 13 agricultores que produzem e comercializam os produtos objetos dessa pesquisa (couve, alface e cheiro verde).

Além destes agricultores familiares, também foram pesquisados três mercados localizados em quadras comerciais e/ou residenciais e ao menos dois hipermercados, todos localizados em Palmas-TO. Nestes locais foram verificados os meios de transportes, os preços praticados, as perdas e as formas de exposição das hortaliças.

O trabalho consistiu na aplicação de questionário semiestruturado com perguntas abertas e fechadas junto aos agricultores familiares da feira para verificar possíveis dificuldades encontradas por eles no transporte dos produtos, na formulação dos preços praticados, no percentual de perda e na forma de exposição dos produtos. Afim de uma filtragem inicial

para identificação do feirante como agricultor familiar foram realizadas perguntas chaves relativas à mão de obra utilizada, propriedade e gestão da propriedade.

Com a aplicação do questionário foi possível ainda realizar um levantamento do perfil socioeconômico dos agricultores familiares possibilitando assim, verificar a estrutura e as condições de trabalho que os agricultores familiares pesquisados em comparativos a outras regiões do país. Os questionários foram aplicados nos meses de fevereiro a maio de 2014, as visitas também foram realizadas no mesmo período.

■ RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados neste capítulo abrangem o perfil dos agricultores familiares que comercializaram sua produção, de couve, alface e cheiro verde, na feira da quadra 304 Sul. Adicionalmente, apresenta os possíveis entres às comercialização, assim como os preços praticados nos locais pesquisados.

Perfil dos agricultores familiares

A média de indivíduos por família dos agricultores familiares pesquisados foi de 4,0, o que se encontra dentro da média nacional quando comparado à região Norte e ao Brasil. Segundo (DIESE, 2011 *apud* RIBEIRO 2014), a média da região Norte e do Brasil são respectivamente: 3,8 e 3,5 indivíduos. A proporção entre homens e mulheres foi de 50%, acompanhando assim a distribuição nacional no meio rural, homens (52,1%) e mulheres (47,9%), segundo dados apontados pela Pesquisa Nacional de Amostra Domiciliar (PNAD) (IBGE,2011, *apud* RIBEIRO 2014).

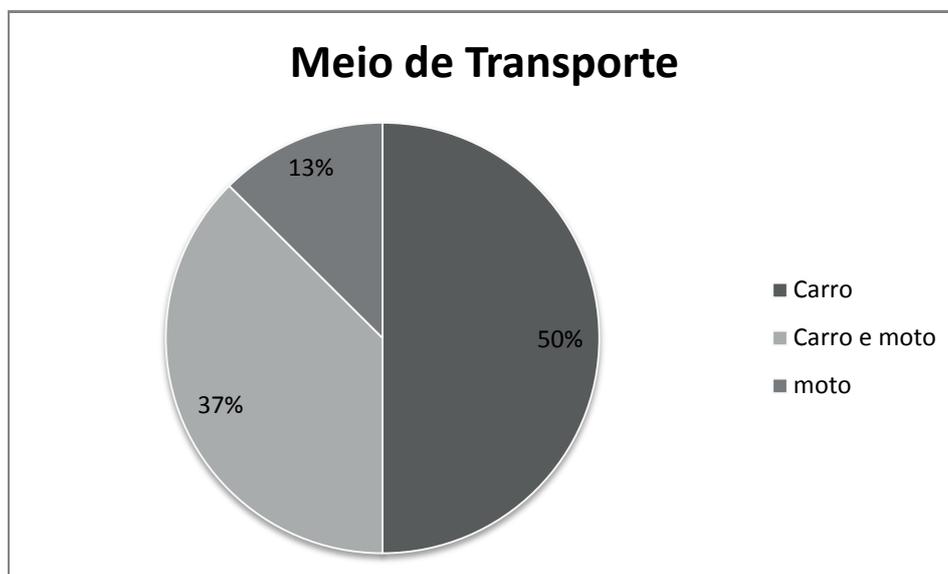
A média de idade dos agricultores (considerando seus familiares) foi de 26,6 anos. O percentual de indivíduos que participaram das atividades agrícolas foi de 62,5% e o índice de agricultores acima dos 60 anos de idade somaram 3%, esse índice ficou bem abaixo das médias da região Norte e nacional, respectivamente 7,8% e 11,7% (Dieese, 2011, p.69).

Após a aplicação do questionário os índices de escolaridade apresentados foram os seguintes: 34% concluíram apenas o ensino fundamental, 47% o ensino médio, 6% o ensino superior e 3% não foram alfabetizados.

Com relação ao tipo de construção 100% agricultores familiares responderam que moravam em casas de alvenaria com energia elétrica e banheiro (no interior da residência), 50% possuíam água encanada, 100% possuíam geladeira e/ou *freezer* e fogão a gás, e 88% disseram possuir máquina de lavar e/ou tanquinho, a média de quartos nas residências foi de 2,25.

O meio de transporte utilizado pelos agricultores familiares na sua totalidade foi do tipo próprio, sendo que 50% possuíam carro, 13% moto e 37% carro e moto.

Figura 1. Meio de transporte utilizado pelos agricultores familiares.

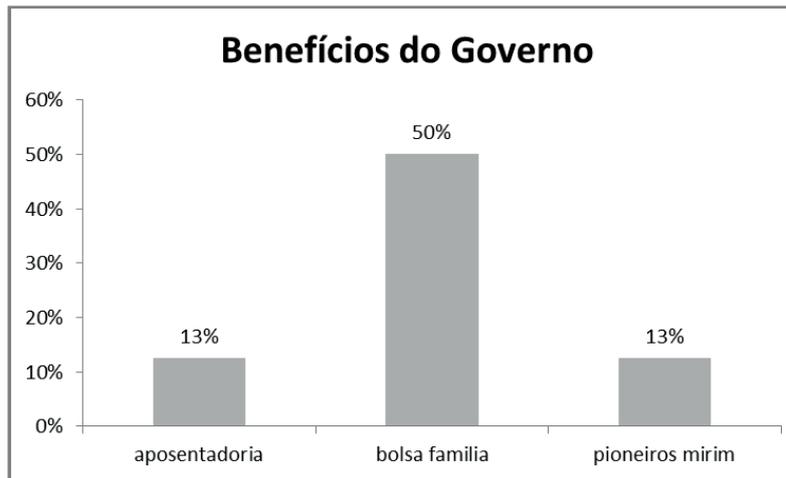


Em média, os agricultores familiares estavam a uma distância de 25,5km da feira da quadra 304 Sul. Deste total, 21,75km das vias de acesso eram de estradas asfaltadas (85%) e 3,75km de vias não asfaltadas (15%).

Dos entrevistados 25% receberam crédito do governo através do Programa Nacional do Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF). Receberam ainda outros benefícios do governo federal, tais como: aposentadoria (13%), bolsa família (50%) e pioneiros mirins (13%) (Figura 2).

Os agricultores receberam do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) assistência técnica para auxiliá-los na realização do controle de pragas, nas técnicas de manejo, entre outros benefícios. Tal auxílio foi realizado através de visitas semanais ou mensais dependendo de cada caso. O percentual de agricultores familiares que recebem tal assistência foi de 29%.

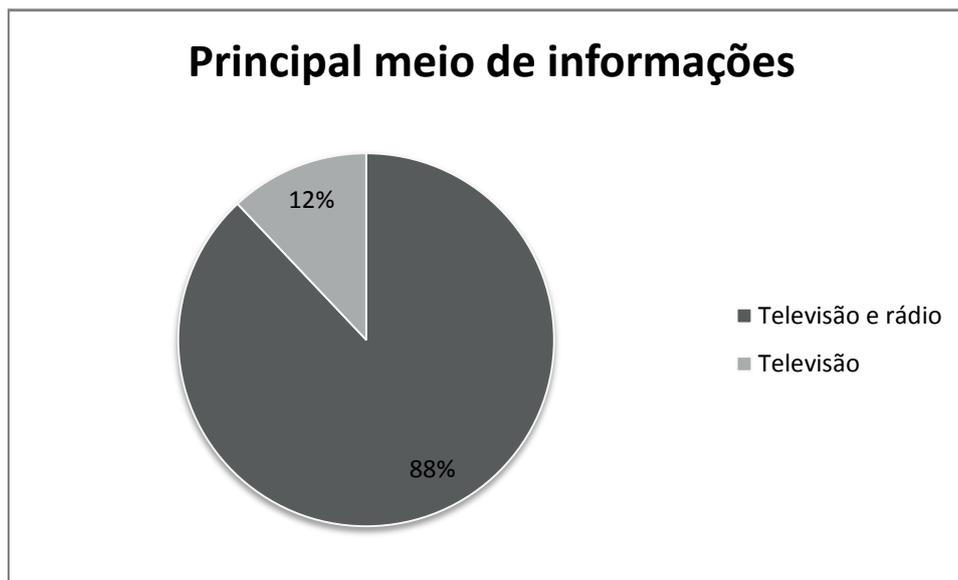
Figura 2. Benefícios concedidos pelo Governo Federal.



Fonte: autores.

O principal meio de informação utilizado pelos agricultores familiares foi o rádio e a televisão, sendo que 12% possuem somente televisão e 88% televisão e rádio (Figura 3).

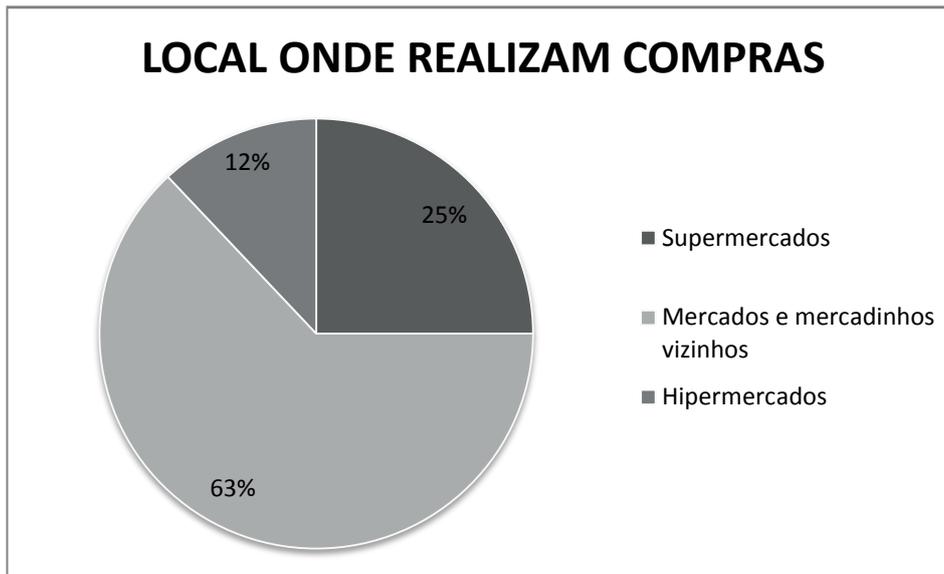
Figura 3. Principal fonte de informações utilizada pelos agricultores.



Fonte: autores.

Todos os agricultores entrevistados responderam que os alimentos produzidos em suas propriedades não são suficientes para atender as suas necessidades e de seus familiares fazendo assim com que recorram a supermercados, mercadinhos vizinhos e hipermercados. A figura 4 apresenta o percentual de cada local onde os agricultores realizaram suas compras de alimentos.

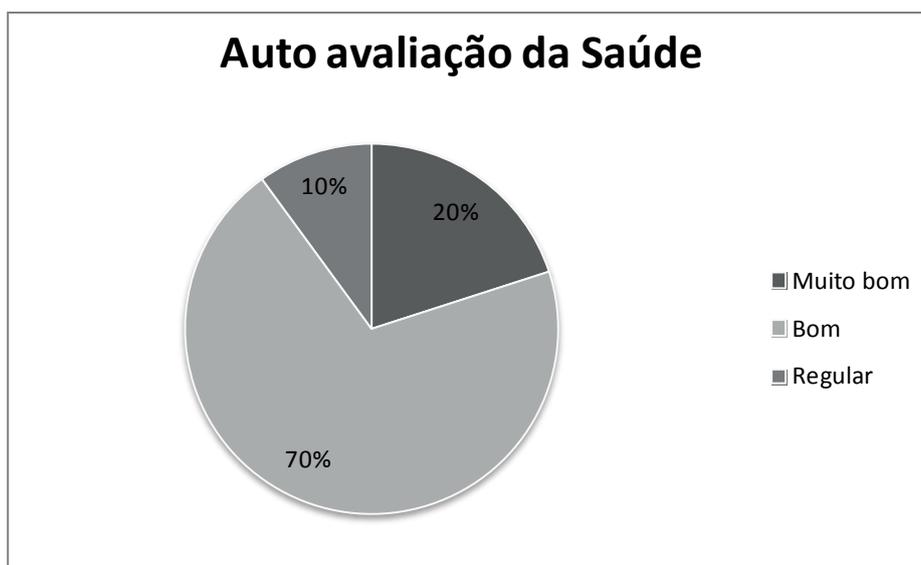
Figura 4. Estabelecimentos utilizados para compras de alimentos.



Fonte: autores.

Com relação à saúde dos agricultores e seus familiares, 100% receberam assistência médica pública e visitaram o(s) médico(s) em média quatro vezes ao ano. Dos entrevistados 25% classificaram como muita boa a assistência recebida, 75% boa e 25% regular. O atendimento recebido (presença de especialistas/tempo de espera) foi avaliado por 38% como sendo regular e por 62% como bom. A figura 5, aponta a auto avaliação de saúde dos agricultores.

Figura 5. Auto avaliação da saúde dos agricultores familiares.



Fonte: autores.

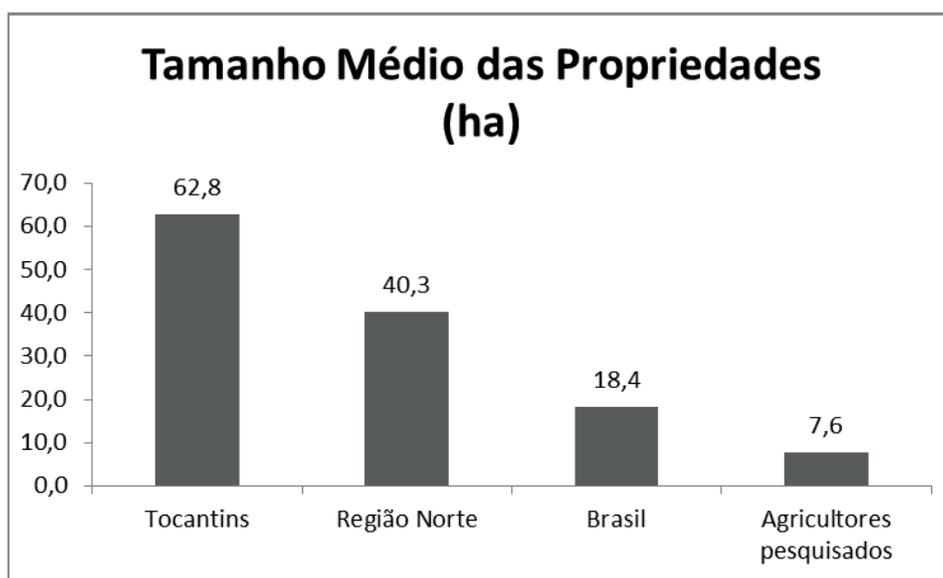
Dos agricultores familiares pesquisados que possuem filhos em idade escolar, 100% responderam que possuíam acesso à escola pública e utilizavam como meio de transporte

ônibus escolar para levarem seus filhos. Adicionalmente, 50% dos agricultores responderam que não concluíram seus estudos porque tinham que ajudar os pais nas atividades agrícolas diárias.

Sobre os equipamentos e utensílios utilizados pelos agricultores familiares, 100% disseram possuir telefone celular, televisão e rádio, 50% possuíam computador, sendo que destes 12% com internet, e 100% declararam que não possuir gerador elétrico e telefone rural.

O tamanho médio das propriedades que comercializam seus produtos na feira foi de 7,61 (ha), média bem inferior quando comparado ao tamanho médio das propriedades de agricultura familiar no Tocantins 62,82 (ha), na região Norte 40,3 (ha) e no Brasil 18,37 (ha), segundo da dos apontados por Ribeiro (2014) (Figura 6).

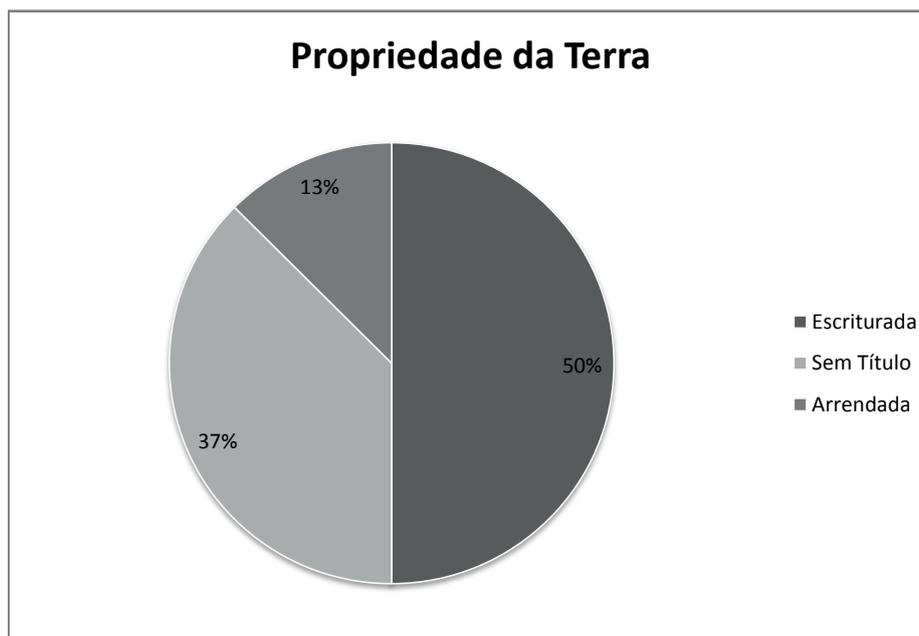
Figura 6. Tamanho médio das propriedades.



Fonte: adaptado de Ribeiro (2014).

Sobre a situação das propriedades, o questionário apresentou os seguintes dados: 50% das propriedades possuíam escrituras, 37% não possuíam título e 13% eram arrendadas (Figura 7).

Figura 7. Situação das propriedades dos agricultores familiares.



Fonte: autores.

Transporte, perdas/sobras e disposição dos produtos

A média de perda da produção comercializada na feira, considerando todos os agricultores familiares entrevistados, foi de 12% enquanto a média nos mercados de bairro pesquisados foi de 15%. Em relação às sobras, os agricultores familiares que trabalham na feira responderam que faziam doação (100%), doavam e alimentavam os animais (50%), doam e vendiam em outros locais (12%). Todos os proprietários dos mercados de bairros responderam que doavam as sobras de alface, couve e cheiro verde aos seus funcionários. Ainda segundo estes proprietários, o que não era possível de ser consumido, cerca de 5%, era destinado à alimentação animal (para os empresários que tinham uma chácara) ou descartado na forma de lixo.

A pesquisa mostrou que o transporte utilizado por todos os agricultores familiares para levarem seus produtos até à feira era realizado em veículo próprio. Isso demonstrou uma condição econômica boa por parte destes agricultores, já que quando da aplicação do questionário imaginava-se que alguns deles não possuiriam transporte próprio. Os proprietários de mercados declararam que recebiam os produtos no estabelecimento, não sabendo responder se o transporte utilizado pelo fornecedor é próprio ou não.

Os agricultores familiares declararam ainda que não possuíam nenhum tipo de dificuldade para transportar seus produtos até a feira, segundo eles as estradas mesmo em tempos de chuvas ofereciam condições razoáveis de trafegabilidade, não oferecendo assim riscos à escoação da produção. Vale ressaltar que, 75% dos agricultores familiares contratavam eventualmente mão de obra terceirizada para ajudar na produção.

Adicionalmente, a pesquisa revelou que os agricultores familiares que trabalhavam na feira estavam situados próximos à capital do Tocantins, dos entrevistados a maioria (55%) possuíam suas propriedades no município de Porto Nacional, no povoado de Luzimangues, o que facilitava o transporte e conseqüentemente influenciava no custo final do produto.

A forma de disposição dos produtos na feira e nos mercados de bairro foi parecida, geralmente os produtos eram expostos em bancadas. O que diferenciava era a forma como são vendidos, na feira, a alface, por exemplo, era comercializada em palitos, ou seja, dependendo do tamanho da alface o palito pode conter de três a seis pés de alface, já nos mercados eles eram vendidos por unidade. Os demais produtos pesquisados (couve e cheiro verde) eram comercializados, tanto na feira como nos mercados, de forma igual, ou seja, em pequenas porções amarradas, também chamadas de moes.

O acondicionamento dos produtos na feira era feito sobre a bancada sem nenhum tipo de refrigeração, os agricultores usam apenas *sprays* de água para conservar os produtos. Dos três mercados pesquisados apenas um possuía ambiente climatizado onde acondicionavam os produtos.

Dos preços

Os preços praticados na comercialização dos produtos na feira e nos mercados de bairro apresentaram valores bem distintos. A forma de embalagem dos produtos na feira proporcionava uma economia por parte dos consumidores, visto que lá a alface era vendida em palitos, variando de três a seis unidades do produto por palito. O preço praticado na feira durante o período da pesquisa foi de R\$ 8,00 o palito².

O preço médio praticado nos mercados foi de R\$ 3,00 a unidade, se comparado à escala de preços convertidos para unidades praticados na feira, de R\$ 1,33 (palito com seis unidades) a R\$ 2,66 (palito com três unidades), constata-se uma considerável diferença de preços. Em linha gerais, os preços da feira foram de 55,60% a 11,33% mais baratos em comparação como os mercados de bairro.

Esta mesma constatação não se materializou para a couve e o cheiro verde. Uma vez que, tanto a couve quanto o cheiro verde apresentaram níveis de preços médios praticamente idênticos aos comercializados nos mercados, respectivamente, R\$5,00 e R\$3,00.

2 Vale registrar que os preços praticados no período em que foram coletados os dados da pesquisa sofreu um movimento sazonal de alta em função da estação chuvosa. Segundo os agricultores familiares, nesse período a produção cai em virtude da dificuldade de se produzir, elevando-se assim o preço dos produtos. A título de exemplificação, ainda segundo os entrevistados, no período considerado verão na capital (junho a novembro), o preço da alface vendida na feira cairia para aproximadamente, R\$ 5,00 o palito.

■ CONCLUSÕES

A agricultura familiar pode ser entendida como o cultivo da terra realizado por pequenos proprietários rurais, tendo como mão de obra essencialmente o núcleo familiar. Agricultura familiar gera mais de 80% da ocupação no setor rural e responde no Brasil por 7 de cada 10 empregos no campo e por cerca de 40% da produção agrícola. Atualmente a maior parte dos alimentos que abastecem a mesa dos brasileiros vem das pequenas propriedades. A agricultura familiar favorece emprego de práticas produtivas ecologicamente mais equilibradas, como o poli cultivo e o menor uso de insumos industriais.

Dada a importância da agricultura familiar, o presente trabalho teve como objetivo analisar os entraves à comercialização dos produtos (alface, couve e cheiro verde) pelos agricultores familiares que trabalham na feira do produtor (feira da quadra 304 Sul), bem como os preços praticados na feira e nos mercados de bairro.

A hipótese de que os agricultores familiares enfrentariam dificuldades para comercializar seus produtos não se sustentou já que o questionário apresentou dados que refletem uma realidade até certo ponto surpreendente. Afinal, todos os entrevistados apontaram não enfrentar nenhum tipo de dificuldade para transportar seus produtos até a feira, assim como não nenhum obstáculo para comercialização. Constatou-se também que nenhum agricultor pagou frete ou até mesmo dividiu transporte com terceiros.

Os resultados apresentados demonstraram que o perfil sócio econômico dos agricultores entrevistados pode ser considerado como bom, uma vez que todos os entrevistados possuíam transporte próprio e residiam em casas de alvenaria, por exemplo.

Após a apuração dos resultados ficou comprovada a vantagem econômica de se adquirir a alface na feira devido aos seus preços serem consideravelmente inferiores,. Já o cheiro e verde e a couve, não seguiram a mesma lógica, tendo em vista que foram comercializados em níveis de preços praticamente equivalentes. Sendo assim, para os dois últimos horti frutis, o consumidor poderia optar, na perspectiva econômica, pela aquisição dos produtos em ambos lugares. Contudo, deve-se considerar por parte dos consumidores quanto à decisão de compra, a provável comercialização na feira de um produto mais fresco e próximo do seu local de cultivo.

Como contribuição para estudos futuros, a partir das limitações deste, sugerimos que a pesquisa seja ampliada para todas as feiras da cidade de Palmas-TO, visando analisar a realidade não apenas de um público restrito, no caso a feira do produtor, e sim dos agricultores familiares da capital em uma amplitude maior.

Por fim, destacamos a partir dos dados da pesquisa que o número de agricultores familiares que recebem algum tipo de assistência técnica por parte do estado e/ou município foi pequeno, apenas 29%. Assim como o total daqueles que receberam recursos do PRONAF,

apenas 25%. Diante deste cenário, sugerimos que sejam realizados novos levantamentos, afim identificar em quais níveis se encontram atualmente tais percentuais. Tais informações podem ser valiosas para o acompanhamento e/ou (re)direcionamento das ações públicas nestas questões específicas.

■ REFERÊNCIAS

AZEVEDO, P. F. Comercialização de produtos agroindustriais. In: BATALHA, MARIO OTAVIO (ORG). **Gestão Agroindustrial**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2007, v. 1, p. 63-112.

BRASIL. **Lei n. 11.326 de 24 de julho de 2006**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11326.htm. Acesso em: 01/03/2023.

BRASIL. **Decreto n. 9.064/2017**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Decreto/D9064.htm. Acesso em: 01/03/2023.

DIEESE - Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. **Estatísticas do meio rural 2010-2011**. 4.ed. Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos; Núcleo de Estudos Agrários e Desenvolvimento Rural; Ministério do Desenvolvimento Agrário. São Paulo: DIEESE; NEAD; MDA, 2011.

GEBERT, D. R.; FONTES, R. E.; REIS, R. P. Estratégia de comercialização na cafeicultura utilizando o mercado derivativo: uma análise das melhores épocas de hedge para o cafeicultor. In: Anais 48º Congresso de Economia, Administração e Sociologia Rural - SOBER. Campo Grande - MS: SOBER, 2010. v. 1. p. 1-14.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário, Florestal e Aquícola 2017**. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br>. Acesso em: 02/04/2023.

PEREIRA, E. Q. **Assistência técnica e extensão rural ou assessoria técnica e social? visões opostas do apoio à agricultura familiar**. 2004. Tese (Doutorado em Sociologia Rural e do Desenvolvimento) – Centro de Ciências Humanas, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB, 2004. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/2228>

RIBEIRO, V. S. **Biodiesel e agricultura familiar no Tocantins: análise a partir da teoria dos Conjuntos Fuzzy**. 2014. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Federal do Tocantins. Palmas, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11612/201>

SCHNEIDER, S. A. **Pluriatividade na agricultura familiar**. Porto Alegre: UFRGS, 2003.

GROWTH, PRODUCTION AND CORN YIELD ESTIMATES UNDER DIFFERENT LEVELS OF WATER REPLACEMENT AND DOSES OF NITROGEN

| **Wemerson Saulo da Silva Barbosa**

Federal University of Western Bahia - UFOB

| **Guilherme Bastos Lyra**

Federal University of Alagoas - UFAL

| **Ivomberg Dourado Magalhães**

Federal University of Alagoas - UFAL

| **Rener Luciano de Souza Ferraz**

Federal University of Campina Grande - UFCG

| **Iêdo Teodoro**

Federal University of Alagoas - UFAL

| **Gustavo Bastos Lyra**

Federal Rural University of Rio de Janeiro - UFRRJ

| **José Leonaldo de Souza**

Federal University of Alagoas - UFAL

ABSTRACT

Objetivo: The importance of the rational use of irrigation and fertilisation on maize performance is well known. The aim of this study was to evaluate growth, production and water balance in maize, and to adjust multiple regression models for estimating production components, total biomass accumulation and grain yield under different levels of water replacement and doses of nitrogen. The experiment was conducted at the Centre for Agricultural Sciences of the Federal University of Alagoas (CECA/UFAL). The experimental design was of randomised blocks in split plots. The AG 7088 VT PRO3 maize genotype was used. The treatments consisted of irrigation depths (40, 80, 120, 160 and 180% of the crop evapotranspiration - ETC) and doses of nitrogen (N) (0, 75, 150 and 225 kg ha⁻¹). The following growth variables were evaluated: canopy height (CH), root collar height (RH), leaf length (LL), leaf width (LW), number of green leaves (NGR), number of dry leaves (NDL), leaf area (LA), green leaf weight (GLW) and dry leaf weight (DLW), together with the following production components: Productivity (PROD), 1000-grain weight (TGW), ear length (EL), number of rows per ear (NRE), number of grains per row (NGR) and weight of grain per ear (GWE). There was a significant effect ($p < 0.005$) from irrigation depth (D) on the PC1 variables as a function of the ETC, with no significant effect on the other PCs. There was a significant effect ($p < 0.001$) from the nitrogen dose (N) on PC1, with no significant effect on PC2 or PC3. There was no significant effect from the D x N interaction. The greatest leaf area (9,355 cm²), canopy height (221 cm), leaf width (10.33 cm) and weight of grain per ear (209.74 g) were obtained with the dose of 225 kg N, using complementary irrigation at 200% of the ETC. However, the highest productivity (8.57 t) is achieved with 150 kg N, with complementary irrigation at 200% of the ETC, a value 41.70% higher than the dose of 0 kg N with irrigation at 40% of the ETC. The multiple regression model showed a significant fit to the variables under analysis and is an important tool to aid in decisions on maize crop management.

Keywords: *Zea Mays*, Irrigation, Fertilisation, Multivariate.

■ INTRODUCTION

Maize (*Zea mays* L.) is a basic crop for Brazilian agriculture and is cultivated in all areas of the country. In addition to being a source of starch, it is the raw material for such products as oil, sugar and ethanol, among others (CONTINI *et al.*, 2019; SEGOVIA-CARDOZO *et al.*, 2019). The cereal has gained prominence in the domestic agricultural sector due to its wide range of uses, from animal feed to the high-tech industry for quality products, including cosmetics and medicines (MIRANDA, 2018).

Maize is the most produced grain in Brazil; it is estimated that in 2020 the harvest will achieve a production of 101.9 million tons, an increase of 4.5% in relation to the previous harvest, in an area of 13.5 million hectares, with an average productivity of 5.7 t ha⁻¹ (CONAB, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2018).

The northeast of Brazil is the fourth largest producer of this cereal, with around 5.1 million tons grown on 2.5 million hectares. However, crop yield is low (2.3 t ha⁻¹) compared to the 6.5 t ha⁻¹ produced in the south. The low yield seen in the northeast is a result of the inadequate management of fertilisers and correctives, the soil and climate conditions, and soil management (SILVA *et al.*, 2005 LYRA *et al.*, 2010).

Irrigation is considered an agricultural practice with the potential to increase maize production. However, in agriculture, poorly planned and poorly managed irrigation is a cause for concern, especially due to the large amount of water used by the sector. However, when carried out rationally, it can be an important strategy for optimising agricultural production (LIANG *et al.*, 2016). A reduction in the water available in the soil results in a decrease in maize productivity; however, to achieve the productive potential of maize, it is also necessary to meet the nutritional requirements of the cereal, due to the large amount of nutrients extracted from the soil (FARINELLI & LEMOS, 2012).

Fornasieri Filho (2007) reports the significance of nitrogen (N) as the nutrient that most limits grain productivity due to its important function in the biochemical processes of the plant as a constituent of proteins, enzymes, coenzymes, nucleic acids, phytochromes and chlorophyll, in addition to being required in greater quantities by the maize.

Given the above, the aim of this study was to evaluate growth, production and water balance in maize, and adjust multiple regression models for estimating production components, total biomass accumulation and grain yield under different levels of water replacement and doses of nitrogen.

■ MATERIAL AND METHODS

The experiment was conducted at the Centre for Agricultural Sciences of the Federal University of Alagoas, Rio Largo, in the state of Alagoas (AL) (9°28'2" S, 35°49'43" W, at an altitude 127 m), in the Coastal Tablelands. According to the Thornthwaite and Mather classification, the climate in the region is characterised as humid, megathermic (hot), with a moderate water deficiency during the summer and a large excess of water during the winter. The mean annual rainfall is 1,818 mm, with the minimum (41 mm) in January, and maximum (294 mm) in July. The air temperature ranges from 19.3°C in August to 31.7°C in January, with an annual mean of 25.4°C and a monthly mean relative humidity greater than 70% (SOUZA *et al.*, 2005; FERREIRA JUNIOR *et al.*, 2014).

The meteorological data were provided by the Laboratory for Irrigation and Agrometeorology (LIA) of CECA/UFAL, and collected from an automatic weather station (Micrologger - CR 1000, Campbell Scientific, Logan, Utah), located 300 m from the experimental area. The following meteorological elements were measured at ten-minute intervals: temperature (T, °C), relative humidity (H, %), wind speed at a height of 2 m (u_2 , $m\ s^{-1}$) and rainfall (P, mm).

The local soil was classified as a cohesive argisolic Yellow Latosol of medium/clayey texture with a slope of less than 2%. Base fertiliser and a supply of calcium and magnesium were applied based on the chemical analysis of the soil (Table 1), using 115 kg P_2O_5 , 192 kg K_2O and 100 kg dolomitic limestone at a depth of 10 cm (COELHO *et al.* 1995).

Table 1. Physical and chemical characteristics of the soil in the experimental area. Rio Largo, AL.

Physical Characteristics									
Type of soil		cohesive argisolic Yellow Latosol							
Texture		Medium/Clayey							
BIR ($mm\ h^{-1}$)		52							
Volumetric Density ($Mg\ m^{-3}$)		1.52							
Total Porosity ($m^3\ m^{-3}$)		0.423							
θ_{CC} ($m^3\ m^{-3}$)		0.244							
θ_{PMP} ($m^3\ m^{-3}$)		0.48							
Mean slope (%)		≤ 2							
Chemical Characteristics									
Depth	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	1CTct
m	H ₂ O	-----mg dm ⁻³ -----			-----Cmol.dm ⁻³ -----				
0 – 0.2	6.10	5	29	39	2.4	1	0.09	3.6	3.6
Depth	2CTCT	MO	3V	4m	Ca Sat.	Mg Sat.	K Sat.	Na Sat.	
m	Cmol.dm ⁻³	g kg ⁻¹	-----%-----						
0 – 0.2	7.24	26.3	50.3	2.4	24	15.6	0.6	0.5	

¹Effective cation exchange capacity (CECt); ²Total cation exchange capacity (CECT); ³Base saturation (V); ⁴Aluminium saturation (m).

The AG 7088 VT PRO3 cultivar was used, a single early-cycle hybrid. The VT PRO3 technology confers resistance to the herbicide glyphosate and to the control of such pests as the stalk borer (*Diatraea saccharalis*), fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*), corn earworm (*Helicoverpa zea*) and cucurbit beetle (*Diabrotica speciosa*). Sowing was carried out manually at a depth of 5.0 cm, adopting a density of 50,000 plants (SARMENTO, 2015). Spontaneous plants and pests were controlled by herbicide and synthetic insecticides respectively.

The study was carried out from 29 February to 20 June 2016. The experimental design was of randomised blocks in an area of 3,040 m², in a split-plot scheme with four replications, comprising five irrigation depths as the principal factor, at 40, 80, 120, 160 and 200% of the crop evapotranspiration - ETC (Table 2), and nitrogen doses (N) in the form of urea (45% N) as the secondary factor, at 0, 75, 150 and 225 kg ha⁻¹.

Table 2. Percentage ETC % and total applied water depth (irrigation + precipitation) during the crop cycle. Rio Largo, AL.

ETC %	40	80	120	160	200
Total Water Depth (mm)	623.4	690.8	705.6	779.4	840.4

Crop evapotranspiration was determined from the reference evapotranspiration during the experimental period, using the Penmann-Monteith method (Equation 1), parameterised as per FAO bulletin 56 (ALLEN *et al.*, 1998); the crop coefficient (Kc) used was based on Doorenbos and Kassam (1979), adopting for the initial, vegetative and final stages, the values of 0.15, 1.15 and 0.50 respectively.

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_{med} + 273} U (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

where: ET₀: Reference evapotranspiration (mm day⁻¹); R_n: Daily radiation balance (MJ m⁻² day⁻¹); G: Total daily soil heat flow (MJ m⁻² day⁻¹); T: Mean daily air temperature (°C); U₂: Mean daily wind speed at a height of 2 m (m s⁻¹); e_s: Mean daily saturation vapour pressure (kPa); e_a: Current mean daily vapour pressure (kPa); (e_s-e_a): Mean daily saturation vapour pressure deficit (kPa); Δ: slope of the vapour pressure curve in relation to temperature (kPa °C⁻¹); γ: psychrometric coefficient (kPa °C⁻¹).

$$ET_c = k_c * ET_0 \quad (2)$$

where: ETC: Crop evapotranspiration (mm); ET₀: Reference evaporation (mm); k_c: Crop coefficient (dimensionless).

The irrigation system was installed with 16 mm drip tapes spaced 0.80 m apart, with emitters every 0.20 m, and an application intensity (AI) of 6.18 mm h⁻¹. Soil water storage (SWS) was monitored using the Thornthwaite & Mather water balance (1955), adapted by Lyra (2010) for agricultural crops. For this, the available water capacity (AWC, mm) was calculated for each crop phase, using equation 3, developed as a function of the effective root system depth (z), which varies from 0.1 to 0.6 m, between emergence and the senescence phase respectively (RITCHIE *et al.*, 2003). Moisture values based on the volume at field capacity ($\theta_{cc} = 0.244 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) and permanent wilting point ($\theta_{pwp} = 0.148 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) were determined from the soil water retention curve (CARVALHO, 2003).

$$AWC = 1.000(\theta_{cc} - \theta_{pwp})z \quad (3)$$

where: AWC is the available water capacity; θ_{CC} and θ_{pwp} are moisture values based on the volume at field capacity and permanent wilting point; effective root system depth (z).

The readily available water (RAW, mm) was calculated from equation 4, using a water availability factor of 0.60 (BERNARDO *et al.* 2019):

$$RAW = AWC \times f \quad (4)$$

where: AWC is the available water capacity; *f* is the crop water availability.

Nitrogen fertiliser was applied 15 days after planting, using urea (45% N) as the source of nitrogen, distributing the doses of 0, 75, 150 and 225 kg ha⁻¹ manually between each subplot.

Growth analysis was carried out 50 days after sowing (DAS), using five plants per subplot from each treatment. The growth variables were: Canopy height (CH, cm), collar height (RH, cm), leaf length (LL, cm), leaf width (LW, cm), number of green leaves (NGL), number of dry leaves (NDL), leaf area (LA, m²), green leaf weight (GLW, g) and dry leaf weight (DLW, g).

The LA was determined from equation 5, using collected data for LL, NGL and LW, adopting a correction factor of 0.75 (MONTGOMERY, 1911).

$$LA = L * W * (n^{\text{of leaves}} + 2) * 0.75 \quad (5)$$

At the end of the experiment (112 DAS), the following production components were evaluated: Productivity (PROD, t), 1000-grain weight (TGW, g), ear length (EL, cm), number of rows per ear (NRE, unit), number of grains per row (NGR, unit) and of grain weight per ear (GWE, g). To determine PROD, the three central rows, with a length of four metres, were harvested, giving a total of 9.60 m² for each subplot. PROD was calculated corrected to 13% (wet basis), determined using the greenhouse method at 105°C for 24 h (BRASIL, 2009). The TGW was obtained by checking the weight of eight replications of 100 grains, with the mean value multiplied by 10 (BRASIL, 2009).

The data were standardised for a null mean value ($m=0.00$) with the variance equal to one ($\sigma = 1.00$). The multivariate structure of the results was evaluated using exploratory Principal Component Analysis (PCA), condensing the amount of relevant information contained in the original data set into a smaller number of dimensions, the result of linear combinations of the original variables generated from the highest eigenvalues in the covariance matrix (HAIR *et al.*, 2009).

From this reduced number of dimensions, the original data from the variables of each Principal Component (CP) were submitted to multivariate analysis of variance (MANOVA) by the Hotelling test (1947) at 5% probability, as a function of the irrigation levels based on the ETC. The PC variables associated with the production components (PROD, TGW, EL, NRE, NGR, NGE and GWE) were submitted to multiple linear regression analysis, considering each production component as a dependent variable; the other variables contained in the same PC, and the irrigation depths as a function of the ETC, were considered independent variables, in order to adjust a forecasting model for the production components. The multiple linear regression model was used (Equation 6) with k independent variables:

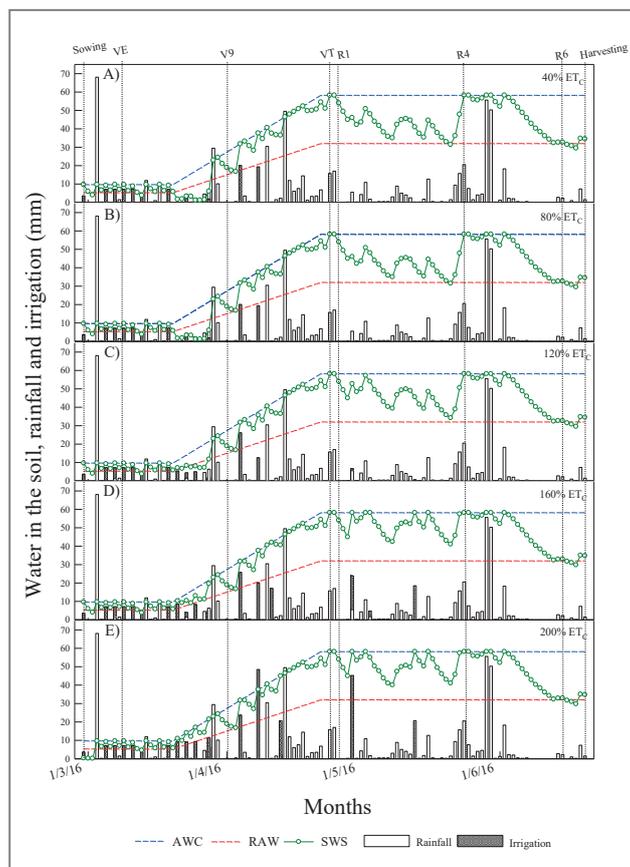
$$CPR = \alpha + \sum_{i=1}^k \beta_i X_{ij} + \varepsilon_j \quad (6)$$

where: PRC - each production component; α - linear coefficient; β_i - regression coefficient of the independent variables X_i ; X_{ij} - independent variable X_i in observation j ; ε_j - error associated with the PRC in observation j (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2004).

■ RESULTS AND DISCUSSION

Figure 1 shows the water balance of the maize crop during the experiment. In the treatments with irrigation depths of 40%, 80% and 120% of the ETC, a small water deficit was found throughout the crop cycle; however, for a period of eight days, between 19 and 27 DAS (19/03 to 27/03), and three days for 120% of the ETC, from 24 to 27 DAS (24/03 to 27/03), the SWS less than the RAW.

Figure 1. Water balance of the maize crop, with emphasis on the available water capacity (AWC, mm), readily available water (RAW, mm), soil water storage (SWS, mm), rainfall and irrigation. Irrigated with 40% of the ETC (1A), irrigated with 80% of the ETC (1B), irrigated with 120% of the ETC (1C), irrigated with 160% of the ETC (1D) and irrigated with 200% of the ETC (1E). Rio Largo, AL.



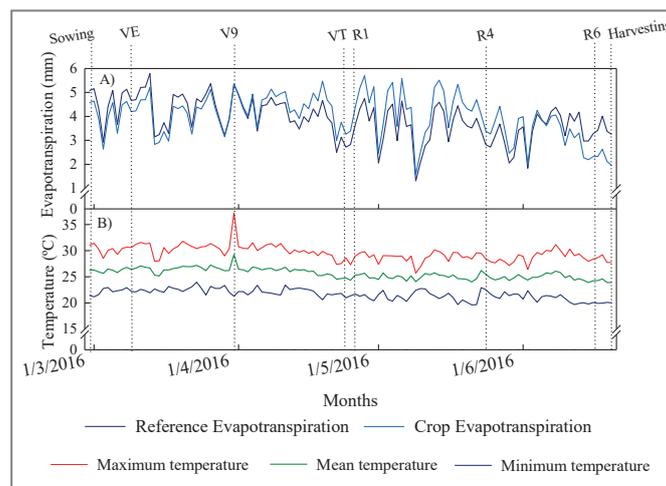
In the treatments irrigated with 160% and 200% of the ETC (Figure 1D and 1E respectively) there was no water stress; the SWS was always greater than the RAW, remaining close to the AWC until stage R6. The total amount of irrigation during the maize crop cycle in the areas irrigated with depths of 160% and 200% of the ETC was 180.0 and 241.4 mm respectively. Accumulated rainfall during the experiment was 599.4 mm, with irregular distribution, thereby justifying the use of irrigation to meet the water requirement of the maize crop. According to Doorenbos and Kassan (1994), maize requires 500 to 800 mm of water to guarantee a high production ceiling.

The largest daily rainfall event occurred during the initial phase, 68.1 mm at 3 DAS. A mean value was seen per rainfall event of 7.2 mm day⁻¹, with a frequency of approximately one event every four days, corresponding to 73.21% of days with rainfall. However, the rainfall was intermittent, with 37% concentrated at the beginning of May when the crop was entering the reproductive phase (R2). During this period, the greatest accumulation was seen from 13 to 31 May 2016, of 207.86 mm, which represents 34.68% of the rainfall that occurred during cultivation, and corresponds to a mean value per rainfall event of 11.5

mm day⁻¹. There was therefore no water deficit that might compromise the yield of the maize plants during the experimental period, especially during the silking stage.

Water stress can cause a reduction in grain yield of 40 to 50% between the two weeks before the start of earing (R1), and a reduction of 10 to 20% two weeks after earing. This is also true for other types of environmental stress, such as from nutrients, high temperatures or hail. With irrigation, the four weeks around earing are the most important (BERGAMASCHI *et al.* 2006; RITCHIE *et al.* 2003).

Figure 2. Reference evapotranspiration and crop evapotranspiration (A), Maximum, mean and minimum daily temperature (B). Rio Largo, AL.



The total ET₀ was 438.16 mm, with a daily mean value of 3.87 mm; the highest recorded value, 5.8 mm, occurred on 13/03/2016, at 13 DAS (Figure 2A). The total ETC was 456.0 mm, with a daily mean value of 4.0 mm day⁻¹ over 112 days of cultivation. From stage V₉, an increase in ETC was registered in relation to the ET₀, a result of the greater water demand of the maize and an increase in the leaf area index (LAI). The highest recorded ETC occurred on 28/04/2016, at 69 DAS.

The lowest values for ETC occur from sowing to emergence and for the 30 days following emergence, which are subperiods with greater evaporation from the soil surface and low transpiration, due to the lack of leaf area at the start of the cycle, and low values for the LAI at the start of the vegetative period (BERGAMASCHI *et al.* 2014).

The maximum daily air temperature ranged from 25.72 to 37.23°C, with a mean value of 29.3°C. The highest maximum daily temperature occurred at 31 DAS (31/03/2016), at that time the maize plants were in the vegetative stage (V₉). After 04/15/2016, at 47 DAS, a fall of the order of 1.8 °C was seen due to the start of the rainy season in the region. During the bolting (VT) and silking (R1) phases, an important period for grain development, the mean maximum daily temperature was 27.8°C, which did not affect pollination of the ears.

Poor pollination causes egg fertilisation to fail, and reduces the number of grains per ear, leaving part of the cob exposed. Prolonged periods of water deficit together with high temperatures, can delay stigma emission and prevent pollination (NIELSEN, 2005).

The mean daily air temperature varied between 23.9 and 29.3°C, with an average of 26.3°C (Figure 2B). According to Fancelli (2001), the ideal temperatures for growing maize range from 25 to 30°C; the ambient temperatures during the experiment were therefore satisfactory for full plant development. According to Gadiolo (2005), the use of the daily mean air temperature is a good indirect estimation of the amount of metabolic chemical energy produced by the genetic material.

The multidimensional space of the original variables was reduced to three dimensions, represented by the first three Principal Components (PC1, PC2 and PC3) with eigenvalues greater than one ($\lambda > 1.00$). Together, these PCs explain 83.76% of the total variance. PC1 explained 66.50% of the total variance, comprising growth and production components. PC2 represented 10.79% of the remaining variance, formed from the biometric characteristics of the ears. PC3 represented 6.48%. There was a significant effect ($p < 0.005$) on the PC1 variables from irrigation depth (D) as a function of the ET_c, with no significant effect on the other PCs (Table 1). There was a significant effect ($p < 0.001$) from the nitrogen dose (N) on PC1, showing no significant effect on PC2 or PC3. There was no significant effect for the D x N interaction.

Table 3. Summary of the principal component analysis (PCA) and multivariate analysis of variance (MANOVA) in maize 'AG 7088' under different irrigation depths and doses of nitrogen.

Latent Variables	Principal Components		
	CP1	CP2	CP3
λ – Eigenvalues in the correlation matrix	11.3048	1.8355	1.1032
σ^2 – Percentage of explained variance	66.4990	10.7973	6.4897
<i>P value</i> – Irrigation depths (D)	0.0045	0.8469	TNA
<i>P value</i> – Doses of nitrogen (N)	0.0000	0.3696	TNA
<i>P value</i> – D x N interaction	0.9987	0.8733	TNA
Original Variables	Correlation Coefficients (r)		
CH – Canopy height	-0.8708	0.1875	0.2783
RH – Root collar height	-0.8589	0.2553	0.2613
LL – Length of the +3 leaf	0.0492	0.8171	-0.4553
LW – Width of the +3 leaf	-0.8362	0.1930	0.1369
NGL – Number of green leaves	-0.9103	-0.1647	0.0484
NDL – Number of dry leaves	0.8662	0.3105	-0.0664
LA – Leaf area	-0.9112	0.2074	-0.0379
GLW – Green leaf weight	-0.7735	0.1875	0.2482
DLW – Dry leaf weight	-0.6803	0.2638	0.2711
DSW – Dry stem weight	-0.7388	0.1825	0.3633
PROD – Dry grain yield	-0.9019	-0.2974	-0.1837
TGW – 1000-grain weight	-0.7544	-0.3962	-0.3404
EL – Length of the ears	-0.9548	-0.1806	-0.1239
NRE – Number of rows per ear	-0.4598	0.6177	-0.3427
NGR – Number of grain per row	-0.9404	-0.1505	-0.1265

Latent Variables	Principal Components		
	CP1	CP2	CP3
NGE – Number of grains per ear	-0.9507	0.0473	-0.2039
GWE – Grain weight per ear	-0.8930	-0.2029	-0.3409
TNA: test not applied as there was no variable with a correlation coefficient greater than 0.6.			

The two-dimensional projections for the effect of the treatments and variables on the first and second Principal Components are shown in Figures 3A and 3B. For PC1, the greatest leaf area (9,355 cm²), canopy height (221 cm), leaf width (10.33 cm) and grain weight per ear (209.74 g) were obtained with the D5N3 treatments; collar height (176 cm), green leaf weight (311.15 g), dry leaf weight (66.85 g), were seen in D4N1. The length of the +3 leaf (92.98 cm), number of rows per ear (19 unit) and the number of grains per ear (632.72 g), were seen in treatment D3N2. The longest ear length (16 cm) and number of green leaves (11.45), with D2N2, and the number of grains per row (34.30 unit) with D3N3.

The greatest 1000-grain weight (265.40 g) and productivity (8.57 t) were seen in the D1N2 and D5N2 treatments respectively. There were significant variations, of the order of 22.60%, in the greatest value for 1000-grain weight. For productivity, there was an increase of 41.70% in treatment D5N2 compared to treatment D1N0.

Figure 3. Two-dimensional projection for the combinations of irrigation depth and nitrogen dose (A), and the correlation between original variables and the first two principal components (B).

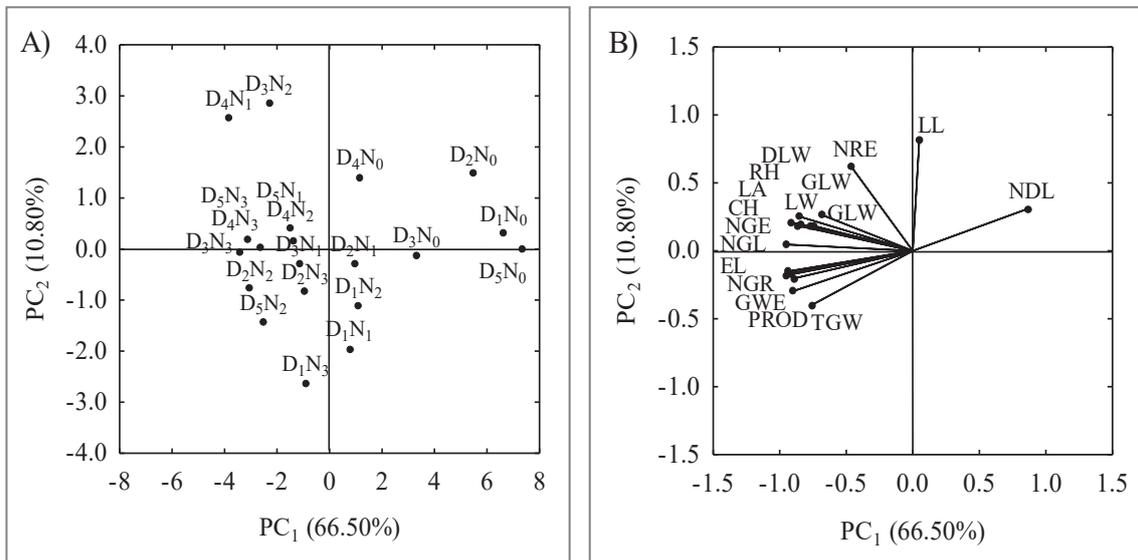


Table 4. Summary of the multiple regression analysis for the production components as a function of irrigation depths based on the ETc, and doses of nitrogen and growth variables.

Reg.	Production components							
	TGW	EL	ED	NRE	NGR	NGE	GWE	PRO
PV	7.69E-4	2.67E-9	0.14	0.03	2.00E-10	3.86E-11	5.15E-09	1.50E-09
MR	0.60	0.76	0.45	0.51	0.78	0.80	0.76	0.77
RS	0.36	0.58	0.20	0.26	0.62	0.64	0.57	0.59
AR	0.25	0.51	0.07	0.13	0.55	0.58	0.50	0.52
SE	22.74	1.00	0.87	0.64	1.62	31.64	21.17	1019.14
Model parameters								
α	250.76 (0.01)	6.55E+0 (0.10)	12.07 (8.6E-4)	21.13 (6.8E-12)	20.21 (2.6E-3)	467.03 (4.43E-4)	96.97 (0.26)	-7392.04 (0.07)
β_{i1}	-0.01 (0.91)	-3.05E-3 (0.28)	-3.08E-3 (0.21)	-5.42E-04 (0.76)	-0.01 (0.05)	-0.18 (0.05)	-0.09 (0.13)	-6.66 (0.02)
β_{i2}	0.03 (0.56)	1.09E-3 (0.62)	3.21E-3 (0.10)	8.45E-04 (0.55)	2.56E-03 (0.47)	0.07 (0.29)	0.03 (0.57)	0.25 (0.91)
β_{i3}	0.36 (0.42)	8.03E-3 (0.68)	-3.57E-2 (0.04)	-0.02 (0.12)	-1.33E-03 (0.97)	-0.66 (0.29)	0.31 (0.45)	43.63 (0.03)
β_{i4}	-0.31 (0.46)	1.31E-2 (0.47)	3.40E-2 (0.04)	0.02 (0.12)	0.05 (0.10)	1.48 (0.01)	0.19 (0.63)	-3.13 (0.87)
β_{i5}	-8.46 (0.36)	2.86E-1 (0.48)	-7.74E-3 (0.98)	-0.13 (0.61)	-0.31 (0.64)	-10.20 (0.43)	-4.66 (0.59)	274.23 (0.51)
β_{i6}	4.28 (0.55)	2.60E-1 (0.41)	-8.2E-1 (4.1E-3)	-0.52 (0.01)	0.66 (0.20)	-5.01 (0.62)	-1.27 (0.85)	407.06 (0.21)
β_{i7}	-17.28 (0.03)	-7.96E-1 (0.02)	-4.06E-1 (0.17)	-0.04 (0.84)	-0.83 (0.13)	-15.90 (0.14)	-17.93 (0.01)	-121.54 (0.72)
β_{i8}	0.00 (0.74)	7.84E-6 (0.98)	4.56E-4 (0.06)	5.7E-04 (1.9E-3)	3.67E-04 (0.41)	0.03 (0.01)	0.01 (0.12)	-0.06 (0.83)
β_{i9}	0.03 (0.77)	2.94E-3 (0.55)	-2.59E-3 (0.54)	5.74E-04 (0.85)	3.47E-03 (0.66)	0.08 (0.60)	0.13 (0.21)	13.36 (0.01)
β_{i10}	0.09 (0.89)	4.80E-3 (0.86)	2.72E-2 (0.24)	3.44E-03 (0.84)	-0.02 (0.62)	-0.27 (0.75)	-0.21 (0.71)	-48.30 (0.08)
β_{i11}	-0.04 (0.80)	-4.54E-3 (0.51)	-1.30E-3 (0.83)	8.20E-04 (0.85)	1.64E-03 (0.88)	0.05 (0.82)	-0.14 (0.36)	-1.88 (0.79)

PV – p value, MR – multiple R, RS – R-squared, ARS – adjusted R-squared, SE – standard error, α – intercept, β_{i1} – irrigation depth, β_{i2} – nitrogen dose, β_{i3} – canopy height, β_{i4} – root collar height, β_{i5} – leaf width, β_{i6} – number of green leaves, β_{i7} – number of dry leaves, β_{i8} – leaf area, β_{i9} – green leaf weight, β_{i10} – dry leaf weight, β_{i11} – dry stem weight. Values in parentheses indicate the probability of significance for the model parameters

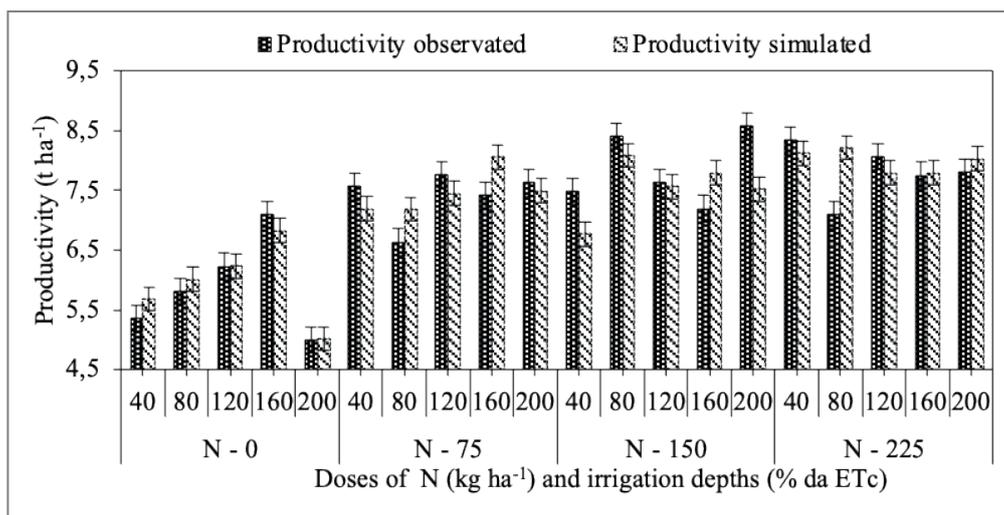
The adjusted multiple regression models were used to estimate productivity, 1000-grain weight, ear length, number of rows per ear, number of grains per row, number of grains per ear and weight of grains per ear, from the data observed for each irrigation depth as a function of the ETc and nitrogen dose.

PROD had the highest observed value of 8.57 t (D5N2), a minimum of 5.0 t (D5N1) and a mean value of 7.24 t. It is well known that the use of inputs, irrigation and nitrogen fertilizer improves yield in maize, bettering the national average (5.7 t ha⁻¹) (CONAB, 2019) by approximately 66.50%. A significant difference was seen between the observed and simulated values, of 1.05, 0.71, 0.37, 0.33, 0.31, 0.28, 0.27, 0.21, 0.18 and 0.06 t, in treatments D5N3, D1N3, D1N2, D2N3, D3N2, D4N1, D3N4, D1N4, D5N2 and D3N3 respectively.

Comparing the observed and simulated grain yields, the model overestimated by 1.12, 0.65, 0.60, 0.55, 0.31, 0.22, 0.2 t in treatments D2N4, D4N2, D4N3, D2N2, D1N1, D5N4 and D2N1 respectively (Figure 4). Parizi *et al.* (2009), studying the irrigation depth only, found greater productivity in the treatment of 100% of the ET0 with 12.84 t ha⁻¹, in the district of Santiago, Rio Grande do Sul. Different results were found by Lyra *et al.* (2014); studying productivity in maize submitted to doses of 0, 50, 100, 150, 200 and 250 kg ha⁻¹ N in the Coastal Tablelands of Alagoas, the authors concluded that the dose of 200 kg ha⁻¹ afforded the highest grain yield (5.45 t ha⁻¹), 23% above the national average.

In an experiment with five maize cultivars grown under a no-tillage system and submitted to doses of 0, 40, 80 and 120 kg N in Alagoas, Cruz *et al.* (2008) found that the yield varied from 1.9 t (0 kg) to 5.6 t at the highest dose of N (120 kg). Farinelli and Lemos (2010), evaluating the effect of nitrogen cover on the triple hybrid maize 'DKB 466', under conventional tillage and a no-tillage system in Botucatu, São Paulo, obtained maximum grain yield (8.87 t ha⁻¹) with 151 kg ha⁻¹ N.

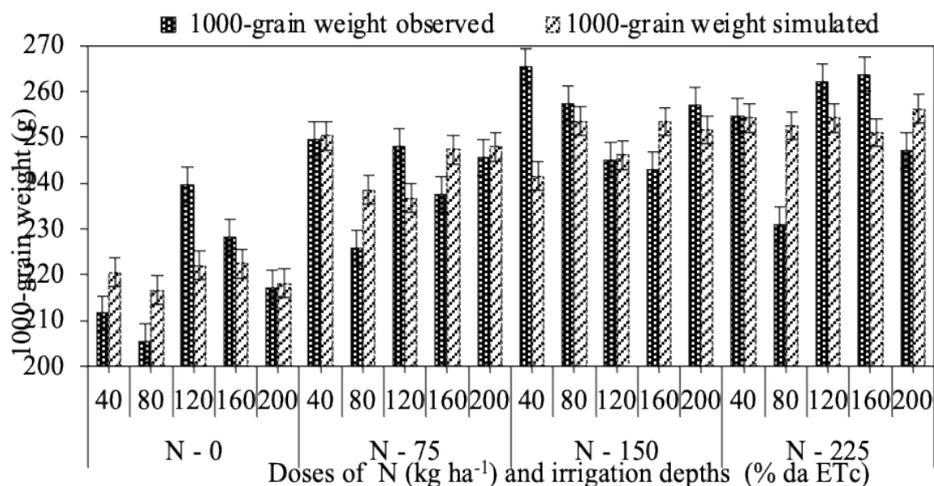
Figure 4. Comparison between the observed data and data simulated by the multiple regression models for productivity (t ha⁻¹).



Analysing the mean data for the 1000-grain weight (TGW), 265.40 g was found in D1N3, with a minimum of 205.46 in D2N1 and a mean value of 241.70 g. There were differences between the observed and estimated data, of 27.00, 24.00, 17.50, 12.73, 11.31, 8.00, 5.74, 5.51 and 3.00 g respectively for treatments D1N4, D1N3, D3N1, D4N4, D3N2, D3N4, D4N1, D5N3 and D2N3. The multiple regression model overestimated the 1000-grain weight by 21.71, 12.59, 11.17, 10.52, 9.86, 8.88, 9.00, 2.39, 1.07, 1.00 and 0.65 g, in treatments D2N4, D2N2, D2N1, D4N3, D4N2, D1N1, D5N4, D5N2, D3N3, D5N1 and D1N2 respectively (Figure 5).

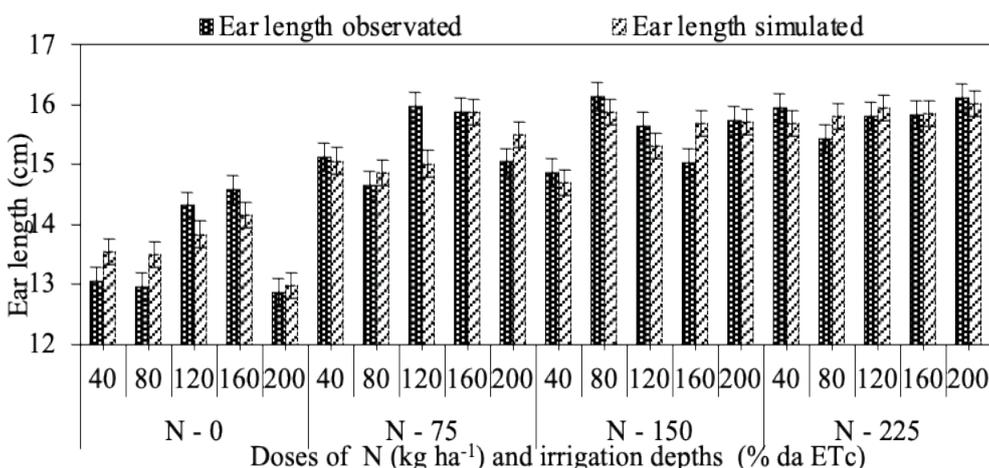
Pegorare *et al.* (2009), working with supplementary irrigation during the off-season maize cycle under a no-tillage system, found significant results for the 100-grain weight, showing a reduction as the applied water depth decreased. Parizi *et al.* (2009) found the greatest values for grain weight, of approximately 31.00 g, for irrigation depths of 80% and 100% of the ET₀, and a minimum value of 28.00 g in the treatment with 0% of the ET₀. Vale *et al.* (2015) found an effect from TGW in line with the increasing linear regression model, with the weight increasing as the nitrogen dose increased, reaching a mean value of 113 g with the application of 200 kg ha⁻¹. Ohland *et al.* (2005) obtained increases of 8.1 and 9.3% in the 1000-grain weight compared to the dose of 0 kg ha⁻¹, with the application of 150 and 200 kg ha⁻¹ N respectively (327.2 g).

Figure 5. Comparison between the observed data and data simulated by the multiple regression models for 1000-grain weight (g).



The values seen for ear length (EL) ranged from 16.74 (D2N3) to 12.86 cm (D5N1), with a mean value of 15.0 cm between treatments. The regression model showed good precision. Comparing the observed and estimated mean values, the greatest variation, of 0.95 cm, was seen in the D3N2 treatment, and the greatest overestimation for ear length, of 0.66 cm, in the D4N3 treatment (Figure 6). Ferreira *et al.* (2010), evaluating production and production components in maize submitted to different doses of nitrogen in the semi-arid region of Paraíba, obtained an EL of 15 cm at a dose of 150 kg ha⁻¹ N, a similar value to that found in this experiment. Goes *et al.* (2012) explain that the greater the length of the ear, the greater the potential for grains to be formed per row. Mean ear length is one of the characteristics that can directly affect the number of grains per row and, consequently, productivity.

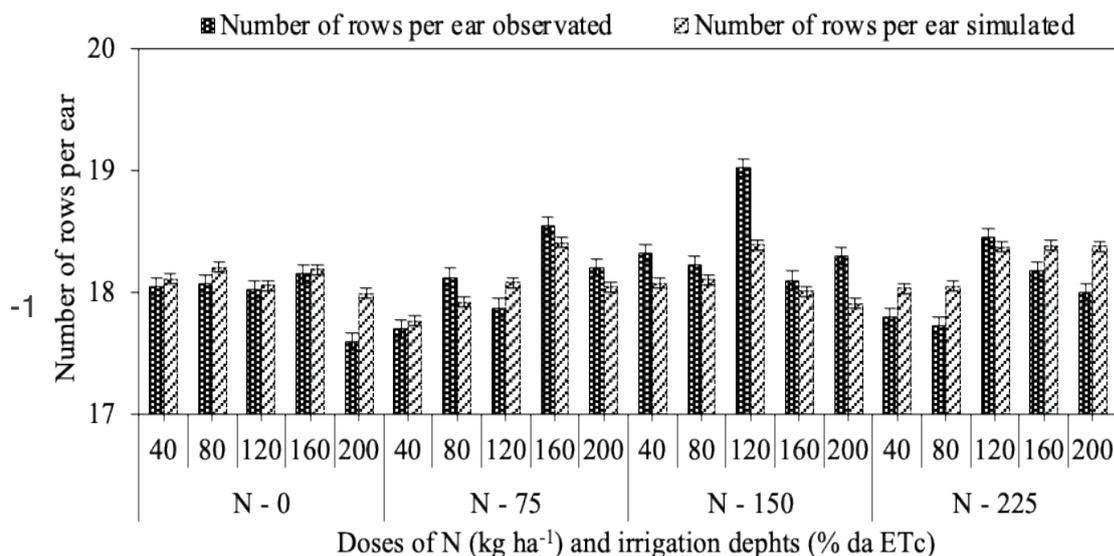
Figure 6. Comparison between the observed data and data simulated by the multiple regression models for ear length (cm).



The observed data for the number of rows per ear (NRE) ranged from 19.0 (D3N3) to 17.60 (D5N1), with a mean value of 18 rows per ear between treatments. The regression model was a good fit to the observed and estimated mean values, with minor variations of

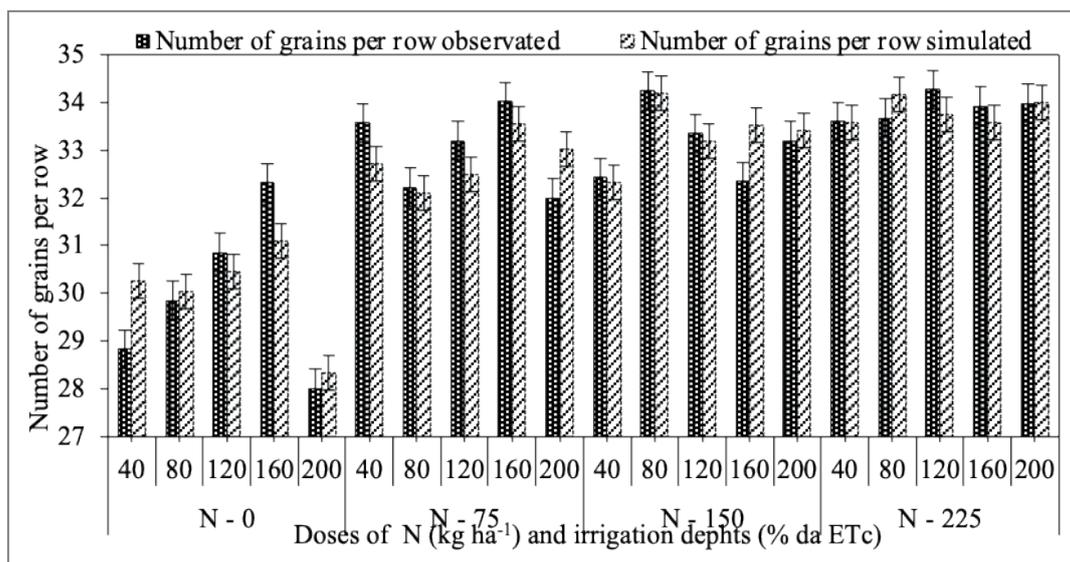
0.63 (D3N3) and 0.07 (D3N4), and an overestimation of 0.38 for the D5N1 and D5N4 treatments respectively (Figure 6).

Figure 7. Comparison between the observed data and data simulated by the multiple regression models for number of rows per ear.



The number of grains per row (NGR) ranged from 34.28 (D3N3) to 28.00 (D5N1), with a mean value of 32.50 grains per row between treatments. Comparing variations between the observed data and the data estimated by the multiple regression model shows a variation of 1.21 (D4N1), 0.85 (D1N2), 0.71 (D3N2), and 0.53 (D3N4), with a minimum of 0.01 grains (D1N4). The highest overestimation made by the model was 1.44 (D1N1), 1.17 (D4N3) and 1.01 grains (D5N2) (Figure 7). Albuquerque *et al.* (2013) evaluated different systems of ground cover and nitrogen fertiliser, and found that the application of 80 kg ha⁻¹ mineral nitrogen as cover afforded a significant increase in the number of rows per ear. Dourado Neto *et al.* (2004) report that applying nitrogen in increasing doses influences the number of grains per row. According to Ohland *et al.* (2005), the number of rows per ear is a characteristic determined by genotype, and is directly affected by the availability of N in the soil-plant system.

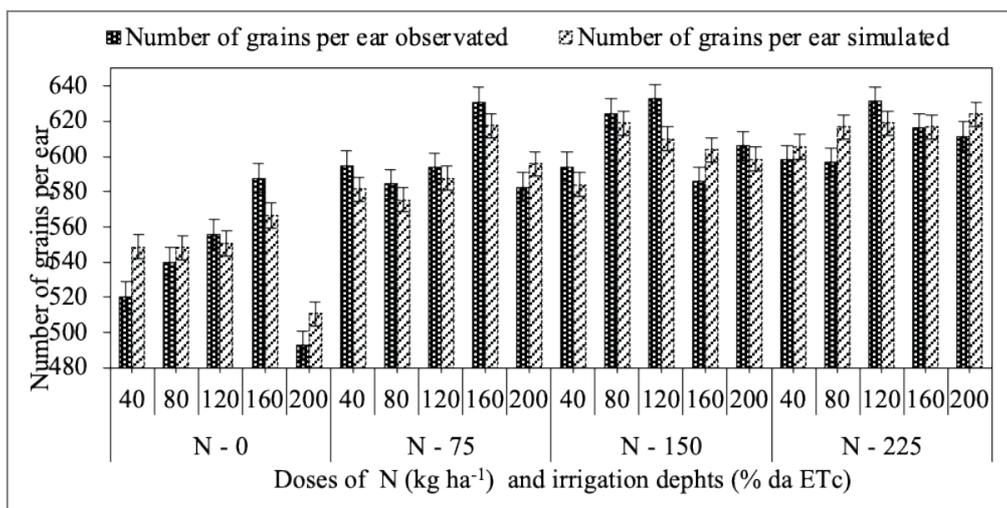
Figure 8. Comparison between the observed data and data simulated by the multiple regression models for the number of grains per row.



The highest number of grains per ear (NGE) (633.0 grains) was seen in treatment D4N3, and the lowest (492.60 grains) in D5N1, with a mean value between treatments of 588.93 grains. The observed data were superior to those estimated by the multiple regression model by 23.8 (D3N3), 21.03 (D4N1), 13.52 (D4N2), 13.28 (D1N2) and 12.38 grains (D3N4). The model overestimated the value for the number of grains: 28.33 (D1N1), 19.94 (D2N2), 18.04 (D5N1), 18.00 (D4N3), 13.40 (D5N2) and 12.55 grains (D5N4) (Figure 9). Different results were found by Ferreira *et al.* (2010), who studied 'AG 1051' maize submitted to doses of nitrogen in the semi-arid region of Paraíba and found the greatest number of grains per ear (553 grains) with the application of 150 kg N. El-Hendawy *et al.* (2003) saw a reduction in the NGE as the rate of irrigation decreased; over the two years of the study, the NGE showed a mean value of 350, 306 and 115 grains for irrigation depths of 100, 80 and 60% of the ETC respectively.

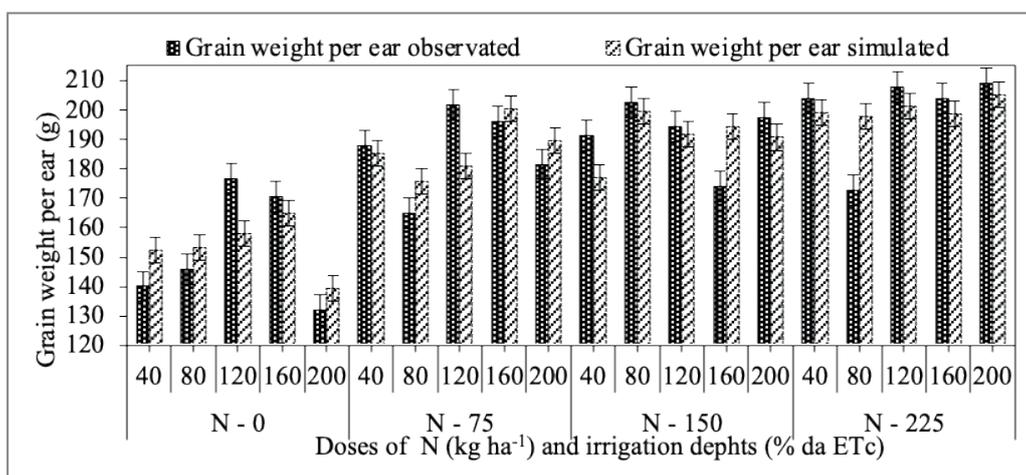
Dourado Neto *et al.* (2004) report that applying nitrogen in increasing doses has a large influence on the number of grains per ear. According to Magalhães *et al.* (2002), N can provide an increase in the number of ova formed per row and favours the production of photoassimilates, thereby reducing grain abortion and resulting in an increase in ear length and the number of grains per ear. Souza *et al.* (2011), in research with the AG 5020 hybrid in Selvíria, Mato Grosso do Sul, over two years of off-season cultivation, also found a significant effect on the number of grains per ear from the doses of N applied as cover.

Figure 9. Comparison between the observed data and the data simulated by the multiple regression models for the number of grains per ear.



Grain weight per ear had a maximum observed value of 209.30 g (D5N4), a minimum of 131.92 g (D5N1) and a mean of 182.80 g between treatments. The multiple regression estimated lower values of 20.84 (D3N2), 18.94 (D3N1) and 14.16 g (D1N3). The model overestimated by 25.01 (D2N4), 20.41 (D4N3), 12.32 (D1N1) and 10.90 g (D2N2) respectively (Figure 10). Ferreira *et al.* (2010), found the maximum value for ear weight with the application of 150 kg ha⁻¹ N, corresponding to 184 g per ear.

Figure 10. Comparison between the observed data and data simulated by the multiple regression models for grain weight per ear.



CONCLUSION

The dose of 225 kg N, with complementary irrigation at 200% of the ETC, shows the best performance in terms of growth and production components in maize

However, the highest productivity (8.57 t) is afforded with 150 kg N and complementary irrigation at 200% of the ETC, a value 41.70% higher than the dose of 0 kg N and irrigation at 40% of the ETC.

The multiple regression model shows a significant fit to the variables under analysis, and is an important tool to aid in decisions on maize management.

■ REFERENCES

ALBUQUERQUE, A. et al. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 17, p. 721-726, 2013.

ALLEN R. G.; PEREIRA L. S.; RAES D.; SMITH M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: Food Agriculture Organization of the United Nations: v. 301, 1998.

BERGAMASCHI, Homero; MATZENAUER, Ronaldo. O milho e o clima. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 84 p. il. 2014.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J. I.; MÜLLER, A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A. O.; RADIN, BERNADETE.; IANCHI, C. A. M.; PEREIRA, P. G. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 41, n. 2, p. 243-249, fev. 2006.

BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; DA SILVA, D. D. S., A. A.; Manual de Irrigação, 9ª Edição - Viçosa, MG: Ed. UFV, 2019, 545 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 398p.

CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L.; LÚCIO, A. D. C. Identificação de variáveis causadoras de erro experimental na variável rendimento de grãos de milho. *Ciência Rural*, v. 34, p. 707-713, 2004.

CARVALHO, O. M: Classificação e caracterização físico-hídrica de solos de Rio Largo cultivados com cana-de-açúcar. 2003. 74f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS.

CONTINI, E., MOTA, M. M., MARRA, R., BORGHI, E., MIRANDA, R. A., SILVA, A. F., ... & MENDES, S. M. (2019). Milho: caracterização e desafios tecnológicos. *Brasília: Embrapa. (Desafios do Agronegócio Brasileiro, 2)*.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. de. Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. 2 ed. aum. *Informações Agrônomicas*, Piracicaba, n. 71, p. 1-9, set. 1995. *Arquivo do Agrônomo*, Piracicaba, n. 2, set. 1995. Encarte.

CRUZ, S. C. S.; PEREIRA, F. R. S.; SANTOS, J. R.; ALBUQUERQUE, A. W.; PEREIRA, R. G. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema de plantio direto, no Estado Alagoas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 62-68, 2008.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper 33. Rome: Food and Agriculture Organization of United Nations, 1979. 193p.

DOURADO NETO, D.; FAVARIN, J. L.; MANFRON, P. A.; PILAU, F. A.; SOARES, M. A.; BONNECARRERE, R. A. G.; OHSE, S. Efeito de boro e nitrogênio na cultura do milho. Insula, v1, p.51-67, 2004.

EARL, H. J.; DAVIS, R. F. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. Agronomy Journal, v.95, p.688-696, 2003.

FERREIRA, A. H. A. et al. Componentes de produção e produtividade do milho submetido a doses de nitrogênio no semiárido paraibano. Revista Verde (Mossoró – RN – Brasil) v.5, n.4, p. 90 - 96 outubro/dezembro de 2010.

FERREIRA JUNIOR R. A.; SOUZA J. L.; ESCOBEDO J. F.; TEODORO I.; LYRA G. B. et al. Cana de açúcar com irrigação por gotejamento em dois espaçamentos entrelinhas de plantio. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. 18, p. 798-804, 2014.

GOES, R. J.; RODRIGUES, R. A. F.; ARF, O.; VILELA, R. G. Nitrogênio em cobertura para o milho (*Zea mays* L.) em sistema de plantio direto na safrinha. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.11, p.169-177, 2012.

HAIR, F. J.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. Análise Multivariada de Dados. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688 p.

HOTELLING, H. Multivariate quality control. In Techniques of Statistical Analysis, EISENHART, C.; HASTAY, M. W.; WALLIS, W. A. (eds). New York: John Wiley & Sons. 1947.

LIANG, X.; LIAKOS, V.; WENDROTH, O.; VELLIDIS, G. Scheduling irrigation using an approach based on the van Genuchten model. Agric. Water Manage. v. 176, p. 170–179, 2016.

LYRA, G. B., DE SOUZA, J. L., TEODORO, I., LYRA, G. B., MOURA FILHO, G., & JÚNIOR, R. F. A. Conteúdo de água no solo em cultivo de milho sem e com cobertura morta na entrelinha na região de Arapiraca-AL. Irriga, 15(2), 173-183, 2010.

LYRA, G. B. et al. Crescimento e produtividade do milho, submetido a doses de nitrogênio nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. Revista Ceres, Viçosa, v. 61, n.4, p. 578-586, 2014.

MIRANDA, R. A. de. Uma história de sucesso da civilização. A Granja, v. 74, n. 829, p. 24-27, jan. 2018.

MONTGOMERY, E.G. Correlation studies of com. Annual report. Nebraska Agricultural Experiment Station, 24:108-159, 1911.

NIELSEN, R. L. Kernel set scuttlebutt. Corny News Network, West Lafayette, IN. 2005. Disponível em: <<http://www.kingcorn.org/news/articles.05/KernelSet-0809.html>>. Acesso em 27/05/2020.

OLIVEIRA, L. A.; MIRANDA, J. H.; COOKE, R. A. C. Water management for sugarcane and corn under future climate scenarios in Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 201, p. 199-206, 2018.

OHLAND, R. A. A. et al. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. *Ciência Agrotécnica*. Lavras, v. 29, p. 538-544, 2005.

PEGORARE, A. B. et al. Irrigação suplementar no ciclo do milho “safrinha” sob plantio direto. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* vol.13 no.3 Campina Grande May/June 2009.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. Como a planta do milho se desenvolve. POTAFOS, Piracicaba, 2003. 20 p. (POTAFOS. Arquivo do Agrônomo, n.15).

RIZI, A. R. C. et al. Efeito de diferentes estratégias de irrigação suplementar sobre a produção de grãos e seus componentes na cultura do milho. *Irriga, Botucatu*, v. 14, n. 3, p. 254-267, 2009.

ROCHA, A. E. Q.; LYRA, G. B.; SOUZA, J. L.; LYRA, G. B.; MEDEIROS, R. P.; TEODORO, I. Conteúdo de água no solo por reflectometria no domínio do tempo e balanço de água no solo em cultivo de milho. *Revista IRRIGA*, v. 19, n. 2, p. 267-278, 2014.

SARMENTO, P. L. V. S. Ecofisiologia do milho sob diferentes épocas de semeadura e densidades de plantio. 2015. Dissertação de mestrado (mestrado em Agronomia). UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS.

SEGOVIA-CARDOZO, D. A.; RODRÍGUEZ-SINOBAS, L.; ZUBELZU, S. Eficiência do uso da água do milho entre os distritos de irrigação na bacia do rio Douro (Espanha): Estimativa dos coeficientes das culturas locais por imagens de satélite. **Agricultural Water Management** , v. 212, p. 241-251, 2019.

SOUZA, J. A.; BUZETT S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M.; DE SÁ, M. E.; ARF, O. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. *Bragantia*, Campinas, v. 70, n. 2, p.447-454, 2011.

SOUZA J. L.; NICÁCIO R. M.; MOURA M. A. L. Global solar radiation measurements in Maceió, Brasil. *Renewable Energy*. v. 30, p. 1203-1220, 2005.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. *Publications in Climatology*, New Jersey, Drexel Inst. Of Technology, 104p. 1955.

VALE, H. S.; DA SILVA, E.S.; CARMO, I. L. G. S.; MONTEIRO NETO, J. L. L.; SILVA, A. P. S; MEDEIROS, R. D. Doses de nitrogênio na produção de milho cultivado em sucessão ao meloeiro no Cerrado de Roraima. In XXXV Congresso Brasileiro de ciência do solo, 2015, Natal-RN.

HIDROGEL E DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO EM MUDAS DE CACAUEIRO NA AMAZÔNIA

| **Raiane Gomes Apostolo de Santana**

Universidade Federal do Pará

| **Vivian Dielly da Silva Farias**

Universidade Federal do Pará

| **Sandra Andrea Santos da Silva**

Universidade Federal do Pará

| **Karina Tayná Saraiva de Jesus**

Universidade Federal do Pará

| **Glendha Thalyssia Farias Sousa**

Universidade Federal do Pará

| **Alexsandro Lima de Sousa Junior**

Universidade Federal do Pará

| **Geraldo Magela Andrade Rodrigues Junior**

Universidade Federal do Pará

| **Dayse Drielly Souza Santana Vieira**

Universidade Federal do Oeste do Pará

RESUMO

A irrigação é um dos fatores que melhor influenciam o crescimento de mudas de cacauero, pois é uma cultura de alta demanda hídrica. Sendo assim, o objetivo desse experimento é avaliar o hidrogel associado a diferentes lâminas de irrigação sob o crescimento de mudas de cacauero. O experimento foi instalado em casa de vegetação, forrada com tela de sombreamento 50%, foram cultivadas 40 plantas, divididas em 6 tratamentos. (T1) Com hidrogel, sem irrigação; (T2) Com hidrogel + 25% de lâmina de irrigação; (T3) Com hidrogel + 50% da lâmina de irrigação; (T4) Com hidrogel + 75% de lâmina de irrigação; (T5) 50% da lâmina de irrigação, sem hidrogel; (T6) 100% da lâmina de irrigação, sem hidrogel. A lâmina de irrigação foi definida com base nos dados de capacidade de campo. Após 30 dias do plantio, avaliou-se a cada 15 dias, altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas e índice de sobrevivência. Utilizou-se 15 g de hidrogel para 6 litros de água, sendo 150 ml dessa solução por planta. As plantas do T6 apresentaram maiores valores em todas as características avaliadas. As mudas do T1 e T2 morreram após 63 dias do plantio, as plantas do T5 morreram 100 dias após o plantio, as plantas do T3, T4 e T6 sobreviveram até o final do experimento, indicando que somente o uso do hidrogel na quantidade indicada pelo fabricante não supre a necessidade hídrica das mudas de cacauero, sendo indicado além do hidrogel uma lâmina de irrigação mínima de 50%.

Palavras-chave: Necessidade Hídrica, Polímero Hidroretentor, *Theobroma Cacao*.

■ INTRODUÇÃO

Apesar dos desafios tecnológicos da agricultura na Amazônia, a cultura do cacau tem se destacado na região transamazônica, onde foi produzido 80% do cacau do estado paraense, levando o estado do Pará ser o maior produtor de cacau do país (IBGE, 2021). Sendo assim, o cacau apresenta relevância social, econômica e cultural para a população da região transamazônica, que se destaca no mercado nacional e internacional. E ainda, fazendo se presente na agricultura familiar, como uma das rendas principais dos agricultores.

Assim como outras frutíferas, uma das principais etapas na cacauicultura é a produção de mudas de qualidade, pois delas depende o desempenho final das plantas no campo de produção. Sendo assim, para se obter mudas de qualidade, é necessária a utilização de técnicas adequadas e, dentre os fatores importantes a serem considerados, destacam-se a disponibilidade de água às mudas, o nível de nutrição e as propriedades do substrato (NAVROSKI *et al.*, 2015).

Dentre esses fatores, a irrigação é o que melhor influencia, o crescimento de mudas de cacauzeiro, sendo a cultura exigente em água tanto no viveiro como em campo. Quando se inicia seu ciclo vegetativo com uma boa irrigação das mudas, facilita o desenvolvimento, crescimento e produção, garantindo melhores resultados (MELO, 2019).

O reabastecimento da água do solo é um fator decisivo para o sucesso da cacauicultura. A aplicação adequada de irrigação promove ganho de produtividade e qualidade (SILVA *et al.*, 2019). Porém a Amazônia paraense, tem passado por grandes modificações intensas de seus recursos naturais, como a diminuição dos recursos hídricos (SANTOS *et al.*, 2021), sendo assim é necessário estudar tecnologias para aumentar a oferta de água, garantindo economia do recurso e racionalização do uso desse bem.

Uma técnica ainda pouco estudada é a adição de polímeros hidro-retentores como condicionadores hídricos de substrato, com vistas a aumentar a capacidade de retenção de água em substratos para mudas, propiciando melhor qualidade (SHEN *et al.*, 2021).

A adição dos polímeros hidro-retentores ao solo pode contribuir para desenvolvimento do sistema radicular, crescimento e desenvolvimento das plantas, além de reter grande volume de água no solo que proporciona maior disponibilidade hídrica à planta de forma prolongada, em função da redução das perdas de água por percolação, liberando-a, assim, gradativamente ao vegetal e assegurando a sua utilização em períodos de deficiência hídrica (SHEN *et al.*, 2021).

Efeitos positivos do hidrogel foram observados em diversas frutíferas, como: favoreceu a germinação e o desenvolvimento das plântulas do Caju-do-cerrado (BRAZ, 2016), influenciou o crescimento inicial e a qualidade das mudas do Pêssego-do-mato, (CONTI, 2020) e reduziu em 25% a quantidade de água utilizada na irrigação do meloeiro

(DEMARTELAERE, 2009). No entanto, existem estudos que indicam que a adição de hidrogel não trouxe nenhum efeito positivo de crescimento em nenhuma espécie de plantas ornamentais (RYDLOVÁ; PÜSCHEL, 2020).

Mas ainda existem muitas lacunas quanto às diferenças nas suas formas de aplicação e às dosagens utilizadas nas etapas do processo produtivo das culturas, que, por fim, colocam corriqueiramente, em dúvida sua utilização, tanto a níveis produtivos quanto a nível experimental (MONTEIRO NETO *et al.*, 2017). Deste modo, o objetivo dessa pesquisa é avaliar os efeitos do uso de hidrogel associado a diferentes lâminas de irrigação sob o crescimento de mudas de cacauzeiro na região da transamazônica.

■ MÉTODOS

Local do Experimento

O experimento foi instalado em casa de vegetação, forrada com sombrite de 50%, na Universidade Federal do Estado do Pará, Campus Altamira município de Altamira – Pará, sob as coordenadas geográficas 3°12' 36.0" Sul e 52°12' 36.0" W Oeste e altitude de 101.51 m (INMET, 2020). O clima da região é classificado como equatorial quente e úmido com três meses secos, apresenta precipitação pluviométrica média anual, variando entre 2000 mm e 2500 mm (IBGE, 2018).

Definição dos Tratamentos

Foram cultivadas 40 plantas em sacos de polietileno de 500 ml, divididos em 6 tratamentos, em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC). (T1) Com hidrogel, sem irrigação; (T2) Com hidrogel + 25% de lâmina de irrigação; (T3) Com hidrogel + 50% da lâmina de irrigação; (T4) Com hidrogel + 75% de lâmina de irrigação; (T5) 50% da lâmina de irrigação, sem hidrogel; (T6) 100% da lâmina de irrigação, sem hidrogel.

A lâmina de irrigação foi definida pelo método da capacidade de campo substrato (EMBRAPA, 2017), a lamina correspondeu o valor de 250 ml de água. Desta quantidade, foram calculadas as laminas de água para irrigação de modo a atingir as porcentagens de 25, 50 e 75 e 100 % da capacidade de retenção, conforme a tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos.

Tratamento	Lâmina de Irrigação	Solução de hidrogel
T1	0%	150 ml
T2	25% (62,5 ml)	150 ml
T3	50% (125 ml)	150 ml
T4	75% (187,5 ml)	150 ml
T5	50% (125 ml)	Sem hidrogel
T6	100% (250 ml)	Sem hidrogel

Fonte: Autores (2023).

Plantio

As sementes híbridas coletadas de frutos maduro, foram concedidas por um produtor do município de Medicilândia – PA, proveniente da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) Km 100. E para obter a germinação as sementes foram colocadas em bandejas de plástico com substrato de fibra de coco. Após germinadas, transferiu para copinhos e levou para a casa de vegetação, depois de 15 dias foram transplantadas para sacos de polietileno com substrato (fibra de coco + arroz carbonizado + matéria orgânica + areia + solo) analisado quimicamente (Tabela 2) e hidrogel, somente nos tratamentos propostos.

Tabela 2. Análise química do substrato realizado pelo Laboratório de Análise Agronômica e Ambiental – Fullin em Linhares-ES.

pH	P	K	S	Ca	Mg	Al	H+Al
			-----mg.dm ⁻³ -----			-----cmolc.dm ⁻³ -----	
5,8	11	280	21	2,7	1,2	0,0	2,4

Fonte: Autores (2023).

Preparo da Solução de Hidrogel e coleta de dados

Utilizou-se 15 g de hidrogel para 6 litros de água, sendo 150 ml dessa solução por planta, conforme recomenda o fabricante. Depois de 15 dias do plantio, avaliou-se a cada 15 dias a altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas e índice de sobrevivência, totalizando 8 coletas de dados.

Para determinação do índice de sobrevivência, calculou-se proporção média de plantas sobreviventes em relação ao estande médio inicial de plantas, dado pela equação:

$$IS=(Pf/Pi) \times 100$$

Onde:

IS: Índice de sobrevivência (%); Pf: número final de plantas sobreviventes por tratamento; Pi: número inicial de plantas por tratamento.

Para obter a altura das mudas as medições foram realizadas do colo até o ápice da planta com uso de régua, o diâmetro do caule foi aferido com o uso de paquímetro analógico.

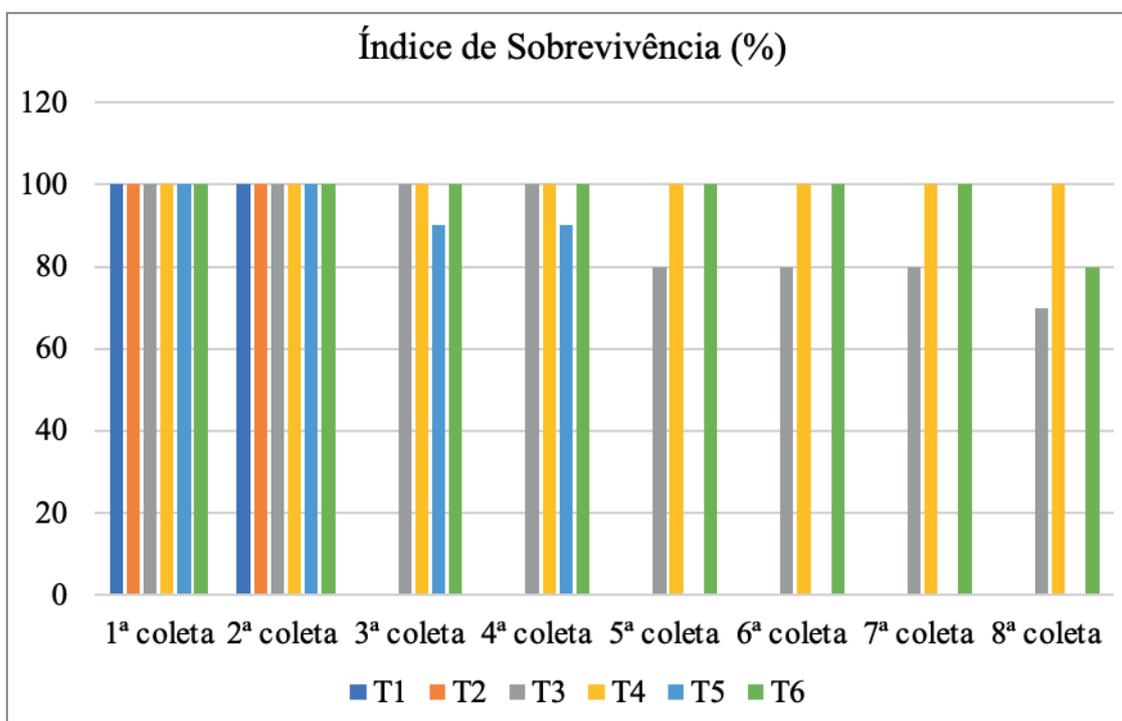
Retirada de Campo

Após a retirada de campo as plântulas foram colocadas em sacos de papel, separadas por: tratamento; caule; raiz e parte aérea, em seguida foram levadas para secagem em estufa a 80 °C por 24 horas para determinação massa de matéria seca. Os dados coletados foram tabelados em planilha de Excel e submetidos a análise estatística utilizando-se a análise de variância pelo teste de Scott Knott.

■ RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, foi avaliado o parâmetro índice de sobrevivência (IS), onde foi possível observar que as mudas do T1 e T2 morreram após 63 dias do plantio, as plantas do T5 morreram 100 dias após o plantio, as plantas do T3, T4 e T6 sobreviveram até o final do experimento, indicando que somente o uso do hidrogel na quantidade indicada pelo fabricante não supre a necessidade hídrica das mudas de cacaueteiro.

Figura 1. Índice de sobrevivência das mudas de cacaueteiro submetidas as diferentes lâminas de irrigação com e sem adição de hidrogel.



Fonte: Autores (2023).

É possível notar durante o experimento que o hidrogel é favorável para manter a planta viva, como podemos observar nos tratamentos T3 (50% da lamina+ hidrogel) e

T5 (50% da lamina sem hidrogel) que foram irrigadas com a mesma lâmina, porém o uso de hidrogel permitiu que o Tratamento T3 sobrevivesse até o final do experimento, o que não ocorreu com o tratamento T5. Sendo indicado além do hidrogel uma lâmina de irrigação mínima de 50%. Atribui-se a esse fato que a presença de água permitiu a manutenção hídrica essencial para as plantas desempenharem todos os processos metabólicos vitais de subsistência.

Como no T1 (0% lamina de irrigação + hidrogel) que mostrou que somente com uso da solução de hidrogel aplicada na muda, não é suficiente para permanecer sem irrigação ou chuvas, pois por déficit hídrico ela entrará no Ponto de Murcha Permanente (PMP), não aguentando mais de 46 dias no viveiro.

Isso foi alertado por alguns fabricantes do polímero hidrotentor, que recomenda realizar regas após o plantio com o hidrogel hidratado, com objetivo de saturar o polímero e eliminar possíveis bolsas de ar que poderão formar após a retirada da água do polímero pelas raízes, mantendo a muda hidratada.

Em contra partida o tratamento que recebeu 25% lâmina de irrigação + hidrogel (T2), a sua irrigação não foi suficiente para suprir a necessidade da muda que morreu com 63 dias em viveiro, como mostra estudos realizados por Marouelli *et al.* (2011), que reforçam a importância hídrica, como o pimentão, que mesmo com a aplicação do hidrogel não teve bom resultado quando foi oferecida apenas 25% da irrigação total necessária à planta.

Durante o experimento em campo verificou-se diversos fatores que contribuíram para as pesquisas voltadas a necessidade hídrica do cacauzeiro, fatores esses como o uso do polímero hidrotentor que em conjunto com irrigação mostrou-se mais eficaz, mas sem irrigação ou com uma quantidade insuficiente para a planta é inapto o seu uso.

Como no T1 (0% lamina de irrigação + hidrogel) que mostrou que somente com uso da solução de hidrogel aplicada na muda, não é suficiente para permanecer sem irrigação ou chuvas, pois por déficit hídrico ela entrará no Ponto de Murcha Permanente (PMP), não aguentando mais de 46 dias no viveiro.

Isso foi alertado por alguns fabricantes do polímero hidrotentor, que recomenda realizar regas após o plantio com o hidrogel hidratado, com objetivo de saturar o polímero e eliminar possíveis bolsas de ar que poderão formar após a retirada da água do polímero pelas raízes, mantendo a muda hidratada.

No tratamento 6 ainda houve perda de mudas na última coleta. Indicando que o hidrogel melhora a sobrevivência das mudas. Segundo Thomas (2008) explicou, o hidrogel permite que as raízes das plantas cresçam por dentro dos grânulos do polímero hidratado, com maior superfície de contato entre as raízes, água e nutrientes.

Enquanto permaneceram em campo, o crescimento das plantas foi avaliado. Na 1ª coleta de dados (15 dias após o transplante), observou-se que não houve diferença significativa no número de folhas, nem diâmetro do caule porém o T6 apresentou maior altura de planta.

Tabela 3. Diâmetro do caule (cm), Altura da planta (cm) e N° de folhas mensuradas nas 8 coletas do experimento. A análise estatística foi realizada em cada parâmetro, comparando os diferentes tratamentos. O valor após a média representa o desvio padrão (n = 10). Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott Knott (p > 0,05).

	Tratamentos	Diâmetro do Caule (cm)			Altura planta (cm)			N ° folhas		
1ª Coleta	T1	2,44	a	± 0,37	19,27	b	± 2,28	4,20	a	± 0,42
	T2	2,67	a	± 0,23	17,79	b	± 1,07	4,70	a	± 0,67
	T3	2,72	a	± 0,27	17,73	b	± 1,91	4,50	a	± 0,71
	T4	2,91	a	± 0,29	18,87	b	± 2,22	4,30	a	± 0,48
	T5	3,04	a	± 0,25	18,99	b	± 2,26	4,30	a	± 0,48
	T6	2,82	a	± 0,96	21,68	a	± 1,91	4,60	a	± 0,84
2ª Coleta	T1	1,37	d	± 0,40	18,92	c	± 2,26	4,20	d	± 0,42
	T2	2,35	c	± 0,34	18,88	c	± 1,08	5,10	c	± 1,10
	T3	2,78	b	± 0,30	18,85	c	± 2,10	5,90	b	± 0,88
	T4	3,18	a	± 0,32	20,82	b	± 2,47	6,00	b	± 1,15
	T5	2,95	b	± 0,45	20,94	b	± 2,23	6,60	a	± 0,70
	T6	3,51	a	± 0,59	24,73	a	± 2,97	6,80	a	± 0,92
3ª Coleta	T3	3,63	b	± 0,32	19,17	c	± 1,88	6,00	b	± 0,94
	T4	3,88	b	± 0,51	21,72	b	± 2,09	6,70	a	± 1,25
	T5	4,00	b	± 0,49	21,29	b	± 1,71	7,10	a	± 0,88
	T6	4,60	a	± 0,50	25,11	a	± 3,01	7,00	a	± 0,67
4ª Coleta	T3	3,36	c	± 0,30	19,23	c	± 1,86	6,30	b	± 0,82
	T4	3,98	b	± 0,52	22,21	b	± 2,49	7,30	a	± 1,16
	T5	2,84	d	± 0,32	21,14	b	± 1,67	7,20	a	± 0,92
	T6	4,99	a	± 0,52	25,33	a	± 2,68	7,70	a	± 0,82
5ª Coleta	T3	3,65	c	± 0,20	21,09	b	± 1,85	7,10	b	± 2,38
	T4	4,49	b	± 0,43	23,12	b	± 2,54	9,50	a	± 1,27
	T6	5,27	a	± 0,68	26,66	a	± 2,92	9,40	a	± 0,84
6ª Coleta	T3	4,26	c	± 0,33	21,89	b	± 1,32	7,80	b	± 1,99
	T4	5,29	b	± 0,39	23,69	b	± 2,43	9,70	a	± 1,77
	T6	6,14	a	± 0,73	27,61	a	± 3,04	10,10	a	± 1,10
7ª Coleta	T3	4,69	c	± 0,27	22,37	b	± 1,50	9,50	b	± 2,01
	T4	5,89	b	± 0,50	24,38	b	± 2,18	11,20	a	± 1,62
	T6	6,75	a	± 0,90	28,27	a	± 2,92	11,60	a	± 1,17
8ª Coleta	T3	4,83	c	± 0,26	23,14	b	± 1,37	8,10	b	± 1,91
	T4	6,27	b	± 0,45	25,26	b	± 2,55	11,00	a	± 2,31
	T6	7,45	a	± 0,85	29,55	a	± 3,32	11,50	a	± 1,56

Fonte: Autores (2023).

A partir da 3ª coleta de dados, o T6 se destacou com maiores valores em todos os parâmetros avaliados. Corroborando com autor Taiz (2017) que relata que essa falta de hidratação faz com que as células se desidratem, afetando inúmeros processos físicos como a redução da pressão de turgor. Além disso, pode levar à formação de radicais livres que, em excesso, danificam o DNA, impedem a síntese de proteínas e danificam

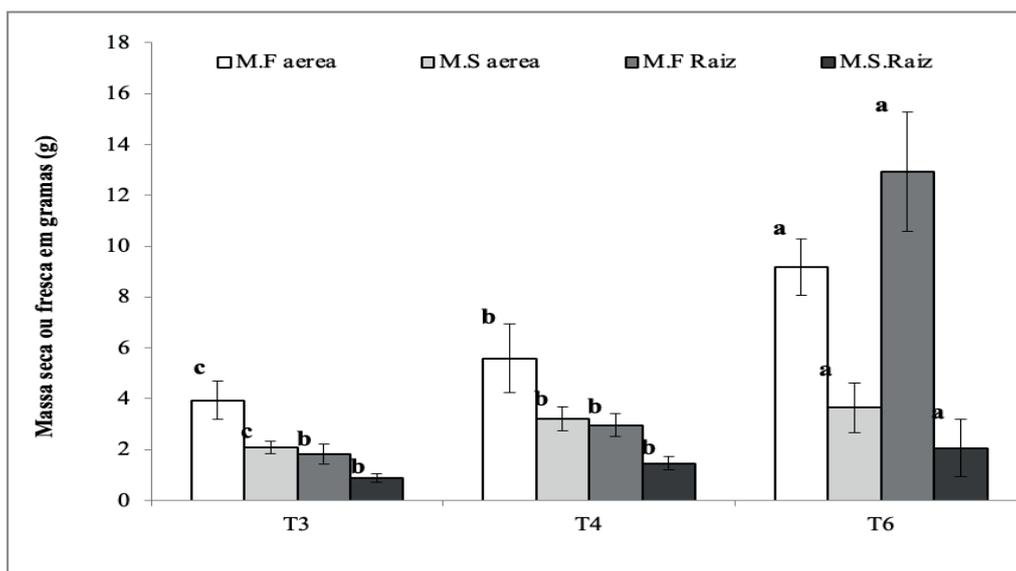
pigmentos fotoquímicos, o que prejudica o processo de fotossíntese e, conseqüentemente, dificulta o crescimento das plantas e pode ocasionar a morte delas.

Já o T3 (50% lâmina de irrigação + hidrogel) apresentou 70% do índice de sobrevivência (figura 1), resistindo no viveiro até o final do experimento, mas comparando o T4 e T6 não se sobressaiu no quesito diâmetro, altura e número de folhas (tabela 3), mostrando que mesmo com adição do polímero, a planta é muito exigente em água, e que ela pode permanecer em campo, contudo não terá um bom desenvolvimento, entretanto isso irá requerer um estudo para colaborar com essa tese.

Porém, o T5 que recebeu também 50% lâmina de irrigação, mas sem a adição de hidrogel obteve uma taxa de 0% de índice de sobrevivência (figura 1), conseguindo ficar em campo somente 88 dias. De início a planta se desenvolveu bem (tabela 3), mas com o déficit hídrico ela não resistiu até o final do experimento.

Na última coleta de dados, foram avaliados também massa da matéria seca e matéria fresca da parte aérea e das raízes. Como observado na figura 2 o tratamento T6 se destacou entre os outros tratamentos que sobreviveram até o final do experimento. O tratamento T3 mesmo recebendo 50% da lâmina de irrigação + hidrogel, apresentou os menores valores nos parâmetros avaliados (tabela 3).

Figura 2. Massa fresca da parte aérea (barra branca), Massa seca da parte aérea (barra cinza claro), Massa fresca da raiz (barra cinza médio), e Massa seca da raiz (barra cinza escuro), todas em gramas, oriundas da 8ª coleta do experimento nos tratamentos T3: Com hidrogel + 50% da lâmina de irrigação; T4: Com hidrogel + 75% de lâmina de irrigação; e T6: 100% da lâmina de irrigação, sem hidrogel. A análise estatística foi realizada em cada parâmetro, comparando os diferentes tratamentos. Barras representam o desvio padrão (n = 10). Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ($p > 0,05$).



Fonte: Autores (2023).

Em relação a todos os parâmetros avaliados o T6 mostrou-se mais eficiente, mostrando que o uso de 100% de irrigação é indispensável, como mostra no estudo realizado com pimentão por Vaz (2022) que identificou que a maior média dos

parâmetros avaliados, foi no tratamento com lâmina 100%, com dosagem 0 de hidrogel e presença de silício.

No estudo realizado por Ramos (2015) observou-se que quanto mais elevou a disponibilidade de água, as mudas alcançaram maior altura, verificando-se efeito positivo entre quantidades crescentes de água e incrementos na altura final das mudas.

Porém quando a planta sofre redução de água pode ter seu crescimento e seu desenvolvimento afetados (CARVALHO *et al.*, 2016), como ocorreu com os tratamentos que tiveram menos de 50% de irrigação.

■ CONCLUSÃO

O uso do hidrogel na quantidade indicada pelo fabricante não supre a necessidade hídrica das mudas de cacaueteiro, sendo indicado além do hidrogel uma lâmina de irrigação mínima de 50% para sobrevivência e acima de 50% para melhor crescimento.

■ REFERÊNCIAS

BRAZ, B. D. **Efeito do uso de hidrogel e de diferentes tipos de substratos na germinação e no desenvolvimento de plântulas de *Anacardium humile* ST. HILL.** Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Agronomia – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2016, 49p.

CARVALHO, J. A.; REZENDE, F. C.; OLIVEIRA, E. C.; AQUINO, R. F. **Pimentão cultivado em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo.** Engenharia na Agricultura, Viçosa, v. 23, n. 3, p.236-245, maio/jun., 2016.

CONTI, I. M.; NAZZI, S. S. **Eficiência do hidrogel na mitigação do déficit hídrico e no crescimento de mudas de *Eugenia myrcianthes* Nied.** 2020. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Agronomia), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.

DEMARTELAERE, A.C.F.; DUTRA, I.; ALVES, S.S.V.; TEÓFILO, T.M.S.; ALVES, S.V. **Utilização de polímero hidroabsorvente no meloeiro (*Cucumis melon* L.) sob diferentes lâminas de irrigação.** Revista Caatinga, v. 22, n. 3, p. 5-8, 2009.

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. TEIXEIRA, P. C. et al, (ed.). **Manual de métodos de análise de solo.** 3. ed. rev. Brasília/DF: EMBRAPA, 2017. 574 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal: área plantada, produção e produtividade de cacau, 2003-2018.** Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 12 de julho de 2022.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola.** 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso: 20 janeiro de 2023.

IBGE - **Mapa do clima do Brasil**, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/climatologia/mapas/brasil/Map_BR_clima_2018.pdf>. Acesso em: 28 março 2023.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Mapas das estações**, 2020. Disponível em: <<https://mapas.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 28 março 2023.

MARQUELLI WA; SILVA WLC. 2011. **Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças**. 2.ed. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2011. 20 p. (Circular Técnica 11).

MELO, Poliana Almeida. **INFLUÊNCIA DE DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE CACAU (*Theobroma Cacao*) COM E SEM MOLHAMENTO NO MUNICÍPIO DE TOMÉ-AÇU/PA**. 2019. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural da Amazônia, Tomé-Açu/Pa, 2019.

MONTEIRO NETO, João Luiz Lopes; ARAÚJO, Wellington Farias; CHAGAS, Edvan Alves; SIQUEIRA, Raphael Henrique da Silva; OLIVEIRA, Gabriela Almeida; RODRIGUEZ, Carlos Abanto. Hydrogels in Brazilian Agriculture. **Revista Agro@Mambiente On-Line**, Boa Vista, Rr, v. 11, n. 4, p. 347-360, 3 out. 2017. Universidade Federal de Roraima. <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v11i4.4130>.

NAVROSKI, M., ARAUJO, M. M., REINIGER, L. R. S., MUNIZ, M. F. B.; DE OLIVEIRA PEREIRA, M. **Influência do hidrogel no crescimento e no teor de nutrientes das mudas de *Eucalyptus dunnii***. *Floresta*, v. 45, n. 2, p. 315-328, 2015.

RAMOS, A. et al. **Desenvolvimento de mudas de cacau em função de níveis de aplicação de água**. *Agrotrópica*, Ilhéus, v. 27, n.1, p.19 -24. jan./abr. 2015.

RYDLOVÁ, Jana; PÜSCHEL, David. Arbuscular mycorrhiza, but not hydrogel, alleviates drought stress of ornamental plants in peat-based substrate. **Applied Soil Ecology**, [S.L.], v. 146, p. 103394, fev. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.103394>.

SANTOS, Gabriel Garreto dos et al. Mapeamento de uso e cobertura da terra no município de Rondon do Pará, nos anos de 1986 e 2019 / Mapping of land use and coverage in the municipality of Rondon do Pará, in the years 1986 and 2019. **Brazilian Journal Of Animal And Environmental Research**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 1721-1738, 23 abr. 2021. South Florida Publishing LLC.

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Dia do cacau: Pará é o maior produtor do país. Conheça os benefícios do fruto**. 2020. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/noticias/26-de-marco-dia-do-cacau-para-e-o-maior-produtor-do-pais-conheca-os-beneficios-do-fruto>

SHEN, Y.; WANG, H.; LIU, Z.; LI, W.; LIU, Y.; LI, J.; WEI, H.; HAN, H. Fabrication of a water-retaining, slow-release fertilizer based on nanocomposite double-network hydrogels via ion-crosslinking and free radical polymerization. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 93, p. 375-382, 2021.

SILVA, W. R., SALOMÃO L. C., PEREIRA, D. R. M., OLIVEIRA, H. F. E., PEREIRA, A. I. A.; CANTUÁRIO, F. S. Irrigation levels and use of hydro retainer polymer in greenhouse lettuce production. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.23, n.6, p.406-412, 2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ª Ed., Porto Alegre, Artmed, 2017.

THOMAS, D.S. Hydrogel applied to the root plug of subtropical eucalypt seedlings halves transplant death following planting. **Forest Ecology and Management**, v.255, n.3-4, p.1305- 1314, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.10.035>

VAZ, Nayline Cristina de Almeida. **Cultivo de pimentão sob diferentes regimes hídricos juntamente com o uso de hidrogel e silicato de potássio via foliar**. 2022. 47 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Ceres, Ceres-Go, 2022.

IMPLICAÇÕES DE TRANSPORTE DE PRODUTOS AGRÍCOLAS NA COMERCIALIZAÇÃO NO MERCADO GROSSISTA WARESTA

| **Ana Cristina da Rocha**

Departamento de Recursos Humanos

| **Gaspar Lourenço Tocoloa**

UCM

| **Alexandre Edgar Lourenço Tocoloa**

UBS

RESUMO

O estudo tem como tema implicações de transporte de produtos agrícolas na comercialização no Mercado Grossista Waresta. O objectivo geral do estudo foi de analisar as implicações de transporte de produtos agrícolas na comercialização. Para o alcance deste objectivo, teve-se em conta os seguintes objectivos específicos: Descrever o processo transporte de produtos agrícolas; Identificar as implicações de transporte de produtos agrícolas; Caracterizar a comercialização de produtos agrícolas; Explicar o tipo de produtos agrícolas frequentemente transportados e comercializados. O referencial teórico desta pesquisa enquadrou as áreas de transporte, comercialização e produtos agrícolas. Em termos de procedimentos metodológicos o estudo apoiou-se no paradigma interpretativo; quanto ao tipo de pesquisa com uma abordagem qualitativa; quanto aos procedimentos é um estudo de caso. As técnicas de colecta de dados foram: entrevista semi-estruturada a dez participantes, discriminados em um responsável do mercado e nove comerciantes. Os dados foram analisados mediante a técnica de análise de conteúdo. Conclui-se que o processo de transporte de produtos agrícolas é oneroso devido aos valores praticados pelos transportadores que dificulta o escoamento dos produtos agrícolas; os produtos agrícolas frequentemente transportados são: tomate, cebola, pimento, repolho, alho, limões, pepinos, as verduras de diversas naturezas – couves, folhas de abóbora, folhas de mandioca, folhas de feijões e folhas de batata-doce. Como são produtos agrícolas que apodrecem com facilidade, as percas de lucros também são na mesma proporção.

Palavras-chave: Transporte, Comercialização e Produtos Agrícolas.

■ INTRODUÇÃO

Moçambique é um país em desenvolvimento onde a agricultura é a base fundamental desse desenvolvimento e em muitos casos agricultura é marcadamente dependente do sector familiar (FAO, 1993). Na Província de Nampula poucos foram os estudos realizados sobre comercialização agrícolas, mesmo reconhecendo o grande envolvimento da população neste tipo de actividade nas comunidades rurais, que podiam ajudar a compreender que técnicas ou estratégias usar para que haja melhoria no processo da comercialização agrícola.

Verifica-se ainda que o processo da comercialização de produtos agrícolas não decorre normalmente. Como um processo de compra e venda de produtores para comerciantes; ocorre com interferência de um grupo, designado interveniente, que encaminham os produtores aos comerciantes, acrescentando o valor de compra ao produtor, daí a necessidade de melhorar o processo de comercialização agrícola.

O sector agrário é um pilar da economia nacional. Isto significa que 80% da população activa do país está empregue no sector agrário, Achicala *et al* (2016).

Já Achicala *et al* (2016), refere que:

Em Moçambique 70% da população vivendo na zona rural tem como principal actividade a agricultura, a Constituição da Republica de Moçambique define agricultura como base de desenvolvimento da economia nacional, sendo que além da produção agrícola, o processo de escoamento de produtos agrícolas das zonas de produção para as de consumo tem sido um dos desafios para completar a cadeia de valor agrária.

As terras agrícolas estão longe dos mercados e os agricultores não podem vender seus produtos individualmente devido aos altos custos de transporte e a falta de meios de transporte. A venda dos produtos depende de intermediários devido à falta de meios de transporte, e as dificuldades para a armazenagem; os agricultores não tem poder de negociação de preços.

O aumento da produtividade agrícola afectaria a população Moçambicana, tendo em conta que: este pode reduzir a inflação mediante a redução da importação de produtos agrícolas, que muitas vezes está sujeita ao aumento dos preços dos combustíveis no mercado internacional (Cunguara & Garrett, 2011).

Tendo em conta a esta abordagem presume-se com alguma notoriedade que o transporte de produtos de agrícolas contribuem de certa forma a chegada destes produtos para o local da sua comercialização e ressentem-se de facto dos custos de transportes. O aumento da produtividade, aliada as melhores condições de armazenamento e processamento, pode aumentar a disponibilidade de alimentos ao longo do ano, melhorando deste modo a segurança alimentar e nutricional das famílias, e combinado com o melhoramento de infra

– estruturas de comercialização, o aumento da produtividade resulta em maiores rendimentos familiares (Cunguara & Garrett, 2011).

A baixa produção e comercialização de produtos alimentares, sobretudo de cereais e vegetais, são a principal fonte da inflação no país.

Objectivo Geral

O objectivo do estudo é analisar as implicações de transporte de produtos agrícolas na comercialização no Mercado Grossista Waresta.

Objectivos específicos

- Descrever o processo transporte de produtos agrícolas;
- Identificar as implicações de transporte de produtos agrícolas;
- Caracterizar a comercialização de produtos agrícolas;
- Explicar o tipo de produtos agrícolas frequentemente transportados e comercializados.

■ FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo descrevemos as teorias e práticas de autores de referência que abordaram sobre a temática em estudo, criando uma conceptualização adequada nas áreas de transporte, produtos agrícolas, e comercialização.

Transporte

O transporte surge como necessidade do homem de sair de um ponto para o outro, ou de consumir produtos que localmente não existem e necessitam ser transportadas, daí o surgimento de transporte que é um meio de translação de pessoas ou bens a partir de um lugar para o outro. Conforme Ballou (2011) “O transporte é o fenómeno que consiste em se movimentar cargas, que podem ser mercadorias, produtos, insumos, etc., e também pessoas, animais e outros seres vivos, de um ponto inicial para um destino”.

Tipos de Transporte

O movimento efectuado de um ponto para o outro pode ser realizado de diversas formas de transporte, que Silva (2014) podem ser: “Rodoviários, Ferroviários, Hidroviário, Aéreos e Dutoviário”. O sistema de transportes de cargas de produtos agrícolas mais utilizados são rodoviários e ferroviários. O transporte rodoviário de passageiros e de carga é garantido,

para além do transporte público de Nampula, por operadores privados, cumprindo rotas inter-provinciais (Cabo - Delgado, Niassa e Zambézia) e inter-districtais, ligando todos os distritos à Cidade de Nampula.

O transporte ferroviário integra duas linhas e um ramal que totalizam 920 Kms. A linha de Nacala (Nacala-Lichinga) serve as zonas de Monapo, Namialo, Meconta, Nacavala, Nampula, Rapale, Mutivaze, Ribáuè, Iapala, Malema, Mutuáli, Lúrio, Cuamba, Mitande e Lichinga. A linha de Cuamba liga esta cidade com entre lagos, na fronteira com o Malawi.

Silva (2014) refere-se ao transporte rodoviário como sendo o modal mais simples de ser utilizado, basta que existam rodovias, ruas, avenidas e estradas, em boas condições de tráfego ou não e é realizado por camiões, autocarros. Entretanto, essa facilidade de transporte se opõe ao elevado consumo de combustível.

Para Xavier Filho (2006) este modal é o mais indicado principalmente para a distribuição de cargas nos centros urbanos, na qual a distribuição é efectuada a pequenas distâncias e com facilidade de ligação com outros modais.

Leite *et al* (2016) refere que o modal ferroviário diz respeito ao meio de transporte realizado por meio de vagões, fechados ou não, plataformas, em ferrovias. O modal ferroviário atende as necessidades quanto ao transporte de produtos agrícolas, como milho, algodão, soja, entre outros, bem como o transporte de minérios, produtos siderúrgicos, derivados de petróleo; sempre em elevadas quantidades, a fim de minimizar custos com fretes.

Leite *et al* (2016, cit. em Nazário 2000), refere que:

Uma das técnicas fundamentais utilizadas na intermodalidade está vinculada ao acoplamento entre modais. Uma das principais combinações intermodais é a rodoviário-ferroviária, que alia a flexibilidade do veículo rodoviário para percorrer curtas distâncias ao baixo custo do serviço regular, e o transporte ferroviário para longas distâncias.

Para Ribeiro & Ferreira (2002), o modal hidroviário é utilizado para o transporte de granéis líquidos, produtos químicos, areia, carvão, cereais e bens de alto valor (operadores internacionais) em contentores através de navios via marítima.

Muchiutti & Cancissu (2019 cit. em Novaes 2007), referem que o modal aéreo:

Além de transportar carga com velocidades muito superiores as demais modalidades, o transporte aéreo apresenta níveis de avarias e extravios mais baixos, resultando em maior segurança e confiabilidade. Por essa razão, não somente produtos de alto valor agregado, tais como electrónicos e aparelhos de precisão, são transportados por avião, como também uma série de produtos sensíveis a acção do tempo, como alimentos perecíveis, flores, encomendas, correspondência.

De acordo com Muchiutti & Cancissu (2019), o modal dutoviário é utilizado para transporte de grandes quantidades de produtos como, por exemplo, petróleo e seus derivados através de tubos subterrâneos e/ou submarinos. Utiliza baixa velocidade com fluxo contínuo, normalmente, de itens de baixo valor agregado. Para estes autores, este modal é vantajoso para empresas que movimentam grandes volumes (líquidos, gases, sólidos, granulares e derivados de minérios) devido aos altos custos fixos.

Produtos agrícolas

Conforme Duarte & Tavares (2011) Produtos Agrícolas - são todos produtos de origem vegetal que se plantam e trazem lucros no sector agrícola ou melhor produzidos por um estado ou País. Por exemplo milho, mandioca, arroz etc. Pode também ser definido como sendo produtos derivados da agricultura, no caso concreto as raízes, verduras, hortaliças, etc. Independentes de uso ou não de agrotóxicos e que não passaram por processo de industrialização.

Escoamento de produtos agrícolas

O escoamento de produtos agrícolas é a principal função de retirar os produtos dos locais de produção para os mercados potenciais (sejam de processamento, indústrias, consumidor final). Neste processo deve haver infra-estruturas rodoviárias ou ferroviárias e meios para o transporte desta produção em condições e que sejam competitivos para não onerarem os produtos.

Sendo que a respeito deste assunto Mosca (2012, p. 161) refere que “o problema no sector agrário está ligado a falta de sincronização e harmonização das políticas estratégicas da cadeia de valor, nomeadamente, produção, processamento, agro-industrialização, comercialização e armazenamento”.

Duarte & Tavares (2011, cit. em Kotler & Armstrong 1995) consideram que o maior ou menor sucesso do Sistema de Distribuição depende basicamente das decisões referentes às alternativas de canais e do nível de integração e cooperação entre as partes envolvidas. Assim definem o canal como um conjunto de organização interdependentes envolvidas no processo de tornar um produto ou serviço disponível para o consumidor final.

O recomendável seria utilizar o modal ferroviário para o escoamento dos produtos agrícolas, no entanto é necessário que dos locais da produção existam vias acessíveis para se utilizar o modal rodoviário até a estação ferroviária mais próxima de modo a que se realize a intermodalidade com o modal ferroviário de modo a que neste processo garanta-se eficiência, condições de embalagem, armazenamento e transporte sem danificação, isto tudo aproveitando as economias de escala que podem estarem instalados e reduzir consequentemente

o custo destas actividades para que estes produtos cheguem ao consumidor final bem apresentável e a preços aceitáveis.

Outro aspecto importante é o referido pelo Schalch (2016) de que se não há um sistema de transporte eficiente, o alcance ao mercado é limitado às imediações do local de produção, pois os custos de produção devem ser substancialmente menores para que a diferença de custos possa compensar os custos de transporte para servir o mercado de forma competitiva. O que nos leva a necessidade da eficiência do transporte para o escoamento dos produtos agrícolas.

Comercialização agrícola

Antes de entrarmos para a discussão conceptual sobre o termo comercialização, o sistema comercialização, em países de baixa renda, não são competitivos, fazendo com que as disparidades de preços regionais temporais sejam resultados de elementos monopolísticos e especulativos. Comercialização é o caminho percorrido pela mercadoria desde o produtor até o consumidor final. É a sequência de mercados pelos quais passa o produto, sob a ação de diversos intermediários, até atingir a região de consumo.

Já na outra perspectiva conceptual a comercialização entende-se como “o conjunto de actividades realizadas por instituições que se acham empenhadas na transferência de bens e serviços desde o ponto de produção inicial até que eles atinjam o consumidor final...” A comercialização agrícola é uma actividade comercial que se destina na absorção de excedentes da produção agrícola e sua respectiva colocação no mercado, que tem como principal objectivo de diminuir a dependência dos alimentos importados para o consumo nacional, assegurar preços de oferta e garantir uma interligação da produção ou seja desde os centros de produção, mercados e consumo. Especificamente para assegurar a produtividade agrícola e abastecer a população, agro-processamento e a exportação (MADER, 2020).

A comercialização de produtos agrícolas, é uma das formas de rendimento que as pessoas têm recorrido nas comunidades rurais, onde através desta renda, satisfazem as suas necessidades básicas, tais como educação, saúde, habitação, oportunidade de escolha, lazer e mais.

O canal de comercialização mostra como os intermediários se organizam e se agrupa para o exercício da transferência da produção ao consumo. Em geral, quanto maior o valor unitário do produto, tanto maior a possibilidade de sucesso na comercialização direta, pois o lucro é obtido da venda de pequenas quantidades de tais produtos.

A comercialização é um processo social que envolve interacções entre agentes económicos através de instituições apropriadas. Uma importante instituição no sistema de comercialização é o mercado. Este deve ser entendido como o “local” em que operam

as forças da oferta e demanda, através de vendedores e compradores, de tal forma que ocorra a transferência de propriedade da mercadoria através de operações de compra e venda, (Mosca, 2012).

Sabe-se que a matéria-prima agrícola, antes de chegar ao consumidor final, pode-se submeter a três tipos de transformações físicas: transporte, processamento e armazenamento. Essas transformações ocorrem ao mesmo tempo em que o produto evolui através dos diferentes níveis de mercado (produtor, atacadista e varejista) cada qual caracterizado por certo nível de preço. Num dado momento, o preço se refere a um certo nível de mercado e a um certo grau de transformações sofridas pelo produto.

Percebe-se, pois, que, ao invés de se observar um único preço de um certo produto, o que se vê é uma complexa estrutura de preços. Essa estrutura, na verdade, é tridimensional. Cada preço observado é como um vetor em um espaço tridimensional, cuja coordenada é o *quantum* de transformações sofridas pelo produto a que se refere. Assim, um mesmo produto, à medida que é transportado, armazenado e processando, vai tendo seu preço alterado. Em uma economia competitiva, os preços de um produto em diferentes estágios de transformação são interligados através dos custos dessas transformações. A oferta e a demanda de produtos agrícolas estão sujeitas a variações com consequentes variações nos preços.

Os custos de armazenamento são de dois tipos. Os custos fixos (independentes do tempo de armazenagem) incluem itens relativos a instalações e equipamentos (depreciação e juros) e itens relativos a manuseio (colocação e remoção do produto). Os custos variáveis (associados ao tempo de armazenagem) incluem despesas com protecção e manuseio, combustíveis, energia eléctrica e também juros sobre o capital empatado na forma de estoques. Nessa lista incluem-se os custos directos; todavia, perdas de qualidade e de peso, associadas a causas diversas, representam custos indirectos.

■ METODOLOGIA DA PESQUISA

O trabalho de natureza científica é norteado por princípios que possibilitam atingir os objectivos pré-estabelecidos.

Paradigma da investigação

O paradigma interpretativo diz respeito ao padrão metodológico do estudo. Vilelas (2009) define o paradigma como um sistema de crenças, princípios, postulados que informam, dão sentido e rumos servindo de modelo às práticas da pesquisa. No caso de paradigma interpretativo, ele assume a existência de realidades múltiplas com diferenças entre elas, que não podem ser resolvidas através de processos, baseando-se na hermenêutica (significado no

texto) e na fenomenologia (teoria gerada a partir dos dados colhidos) procura compreender o fenómeno a partir dos próprios dados fornecidos pelos participantes e dos significados atribuídos ao fenómeno.

O paradigma interpretativo é comumente conhecido no meio académico como paradigma qualitativo. Este paradigma tem particular objectivo a compreensão do comportamento humano a partir dos próprios pontos de vista daquele que actua, através de uma observação naturalista e subjectivo (Carmo & Ferreira, 2008).

Abordagem da pesquisa

A natureza da pesquisa ajudou ao proponente a identificar a abordagem da pesquisa, sendo ela qualitativa. Partiu-se das percepções e interpretações das ideias dos entrevistados tendo como base a temática as implicações de transporte de produtos agrícolas na comercialização no Mercado Grossista Waresta. A pesquisa qualitativa deve ser compreendida como aquela capaz de incorporar a questão do significado e da intencionalidade como inerentes aos actos, às relações e às estruturas sociais, sendo estas últimas tomadas como construções humanas (Coutinho, 2011).

Tipo de pesquisa quanto aos procedimentos

O tipo de pesquisa quanto aos procedimentos utilizado nesta pesquisa foi estudo de caso, concretamente no mercado grossista Warresta. O estudo de caso é utilizado para compreender uma situação específica, que se supõe ser única ou especial, pelo menos em certos aspectos, procurando descobrir o que há nela de mais essencial e característico.

Sampieri, Collado e Lúcio (2006) afirmam que o estudo de caso é a unidade básica da pesquisa, uma organização, uma comunidade, um município e estes são realizados sob ponto de vista de qualquer modelo. Ainda o estudo de caso deve ser tratado com profundidade, buscando o completo entendimento da sua natureza, suas circunstâncias, seu contexto e suas características.

Este método desempenha um papel essencial quando se pretende gerar juízos, responde mais adequadamente à concepção de múltiplas realidades, aludindo às interacções entre investigador e contexto, e de outros factos que possam ocorrer ao longo da pesquisa, finalmente, facilita a comunicação entre os participantes, alimentando o intercâmbio de percepções. O estudo de caso é um dos métodos mais comum em investigações qualitativas, tendo em conta que versa sobre assuntos pormenorizados de acordo com a situação, o sujeito ou o acontecimento (Aires, 2015).

Técnicas de colecta de dados

A pesquisa utilizou a *entrevista* e a *análise documental* como técnicas de colecta de dados. Sabendo que a entrevista é uma forma de diálogo em que uma das partes busca colectar dados e a outra se apresenta como fonte de informação. Colhe as percepções dos participantes sobre o assunto em questão, (Vilelas, 2009). E outra técnica que foi aplicada a relatórios mensais, trimestrais, semestrais e anuais sobre a comercialização de produtos agrícolas. A análise documental extrai um reflexo objectivo da fonte original, permitiu localização, identificação, organização e avaliação das informações contidas no documento, além da contextualização dos fatos em determinados momentos (Moreira, 2005).

A razão da escolha destas técnicas para recolha de dados, está no facto de ser muito importante fazer uma apreciação aos documentos utilizados por uma instituição quando se realiza uma pesquisa, pois estes trazem à superfície o que não pode ser dito pelos participantes, por exemplo, as actas e/ou relatórios (Carmo & Ferreira, 2008).

Participantes do estudo

Os participantes para este estudo, foram escolhidos para trabalhar na investigação, de acordo com a sua cultura, experiência, interacção social ou fenómenos de interesse (Vilelas, 2009). Referir que os participantes do estudo foram 10, discriminados em 1 responsável do mercado e 9 comerciantes. Todos os sujeitos foram escolhidos por critério legítimo de conveniência e intenção conforme as disposições contextuais do estudo. A escolha dos participantes por conveniência e intenção foi pelo facto destes possuírem informações privilegiadas sobre as implicações de transporte de produtos agrícolas na comercialização no Mercado Grossista Waresta.

Formas de análise dos resultados

Os dados foram analisados em função das categorias temáticas, tendo como técnica análise de conteúdo. Eles foram tratados de maneira a serem significativos (Bardin, 2011).

A categorização foi uma operação de classificação de elementos que constituem um conjunto, por diferenciação e seguidamente por reagrupamento segundo o género de acordo com os critérios definidos à priori. Amado (2017) diz que a categorização é um processo pelo qual os dados brutos são transformados e agregados com unidades que permitem uma descrição exacta das características relevantes do conteúdo. Por isso, na análise de conteúdo é necessário organizar os conteúdos de um conjunto de mensagens num sistema de categorias que traduzam ideias chaves veiculadas quer pelos dados da entrevista semi-estruturada e quer pela análise documental.

Bardin (2011) diz que a análise de conteúdo toma em consideração as significações dos conteúdos a serem analisados. Pois, procura conhecer aquilo que está por trás das palavras sobre as quais se debruça um assunto e busca outras realidades através das mensagens. Para esta técnica o mais importante são as mensagens que mais significados irão apresentar ao estudo.

Para este estudo, a técnica de análise de conteúdo foi preferida pelo facto de ser uma técnica flexível e adaptável às estratégias e técnicas de recolha de dados, para o caso concreto do estudo, a entrevista semi-estruturada e a análise documental.

■ RESULTADOS

Os resultados foram agrupados em categorias e subcategorias em função das informações fornecidas pelos participantes, antecedidas por temas já pré-estabelecidos.

Processo de transporte

No que diz respeito à esta categoria de transporte de produtos agrícolas, importa referir que todos os nossos entrevistados concordam que o transporte rodoviário é o mais frequente neste processo. Ora vejamos, na fala de alguns dos nossos participantes tecem os seguintes comentários: *“O transporte dos produtos é feito de carro.”* E outro disse *“Para os produtos chegarem ao mercado é usado carro.”*

Como se pode depreender, estes participantes incidem sobre a mesma posição ao enfatizar o uso de transporte rodoviário para o transporte de produtos agrícolas. Pese embora haja esta unanimidade no transporte rodoviário, há, no entanto, outros meios usados, feitos menção por outros participantes. Outros participantes explicam: *“Em casos de cargas pesadas como: sacos de repolho, cebola são transportados em carros de grande porte e em caso de cargas leves como pimento, couves são transportados com bicicleta e motorizada.”* Outras respostas de alguns participantes foram: *“Para trazer os produtos nesse mercado é carro, mota, bicicleta e comboio.”*

Assim sendo constatou-se por parte dos participantes que apesar do transporte rodoviário ser mais focado nas entrevistas, outros meios de locomoção como ferroviários são usados para o transporte de produtos agrícolas, à excepção das vias aéreas e marítimas que não foram referenciadas por nenhum dos participantes. Desta feita, pode-se dizer que os produtos são transportados por transportes rodoviários – carros – motas, bicicletas e transportes ferroviários – comboio.

Indo mais ao fundo sobre como tem sido o processo de transporte dos produtos agrícolas; há dos entrevistados que prefere dizer que: *“O processo dos transportes dos produtos*

agrícolas não tem sido da pior maneira nem da melhor maneira são feitos nas condições mínimas aceitáveis.”

Ao considerar por tudo que foi anteriormente descrito pelos nossos participantes, convém concordar com Ballou (2011) que diz que “O transporte é o fenómeno que consiste em se movimentar cargas, que podem ser mercadorias, produtos, insumos, etc., e também pessoas, animais e outros seres viventes, de um ponto inicial para um destino”.

É ao mesmo tempo enfatizado que o movimento efectuado de um ponto para o outro pode ser realizado de diversos modais de transporte, que Segundo Silva (2014) podem ser: “Rodoviários, Ferroviários, Aéreos, Hidroviários e Dutoviários.

O sistema de transportes assenta no transporte rodoviário e ferroviário, complementados pelo aéreo e marítimo. O transporte rodoviário de passageiros e de carga é garantido, para além do transporte público de Nampula, por operadores privados, cumprindo rotas inter-provinciais (Cabo - Delgado, Niassa e Zambézia) e inter-districtais, ligando todos os distritos à Cidade de Nampula.

Ainda nesta senda de discussão dos resultados tendo em conta a posição dos autores, Silva (2014) refere-se ao transporte rodoviário como sendo o modal mais simples de ser utilizado, basta que existam rodovias, ruas, avenidas e estradas, em boas condições de tráfego ou não e é realizado por camiões, autocarros. Entretanto, essa facilidade de transporte se opõe ao elevado consumo de combustível.

Já Xavier Filho (2006) diz que este modal é o mais indicado principalmente para a distribuição de cargas nos centros urbanos, na qual a distribuição é efectuada a pequenas distâncias e com facilidade de ligação com outros modais.

Leite et al (2016) refere que o modal ferroviário diz respeito ao meio de transporte realizado por meio de vagões, fechados ou não, plataformas, em ferrovias. De acordo com estes autores, o modal ferroviário atende as necessidades quanto ao transporte de produtos agrícolas, como milho, algodão, soja, entre outros, sempre em elevadas quantidades, a fim de minimizar custos com fretes.

Implicações de transporte de produtos agrícolas

Sobre a categoria de implicações de transporte de produtos agrícolas, há que referir que os nossos participantes por unanimidade reclamam dos custos praticados para o seu transporte, ora vejamos alguns excertos das entrevistas que nos forneceram em relação às suas opiniões: “*As taxas de transporte têm sido caras*”; “*Aumento de custo de transporte prejudica o nosso negocio*”; e “*Os compradores reclamam muito com o custo de transporte, que faz com que o comerciante aumente o preço do produto para compensar o valor gasto no transporte*”.

Como se pode perceber, os participantes do estudo, que são ao mesmo tempo, compradores e revendedores dos produtos agrícolas não estão satisfeito com as despesas por eles efectuadas quer na compra e quer no transporte do produto, alegando que as taxas praticadas são altas.

Para (Cunguara & Garret, 2011; Schalch, 2016) afirmam de que, se não há um sistema de transporte eficiente, o alcance ao mercado é limitado às imediações do local de produção, pois os custos de produção devem ser substancialmente menores para que a diferença de custos possa compensar os custos de transporte para servir o mercado de forma competitiva. O que nos leva a necessidade da eficiência do transporte para o escoamento dos produtos agrícolas.

Os comerciantes do mercado grossista do waresta vivem, dado que estes estão sujeito a pagamento de taxas muito altas no transporte dos seus produtos do local de compra até ao local de venda (comercialização). Apesar desta reclamação avançada por quase todos os participantes, há destes, participantes, que prefere focar na qualidade dos produtos como uma implicação, pese embora esteja também focada a questão dos custos, ao se referir que: *“Existem várias implicações por exemplo o cuidado com os produtos e o preço de transporte dos produtos”*.

Importa referir que toda a prática de preços referentes à compra e vende produtos agrícolas têm uma influência mútua – se a compra do produto é relativamente alta, a venda do mesmo produto também será relativamente alta e assim sucessivamente. Por isso, fica a ideia de que todos os preços praticados no transporte dos produtos têm influência na sua comercialização, como disse um dos nossos participantes na sua locução: *“Sim muitas das vezes, uma grande influência, influencia bastante no preço de venda”*.

Assim, há um forte relacionamento nas fases de comercialização dos produtos, desde a sua aquisição até a disponibilização dos mesmos aos clientes.

A respeito deste assunto, o autor e pensador Mosca (2012, p. 161) refere que “o problema no sector agrário está ligado a falta de sincronização e harmonização das políticas estratégicas da cadeia de valor, nomeadamente, produção, processamento, agro-industrialização, comercialização, armazenamento e transporte”.

Por isso, a mesma ideia, já havia sido posta em causa com Duarte & Tavares (2011, cit. em Kotler & Armstrong 1995) ao considerarem que o maior ou menor sucesso do Sistema de Distribuição depende basicamente das decisões referentes às alternativas de canais e do nível de integração e cooperação entre as partes envolvidas. Assim definem o canal como um conjunto de organização interdependentes envolvidas no processo de tornar um produto ou serviço disponível para o consumidor final.

Caracterização da comercialização de produtos agrícolas

A comercialização dos produtos agrícolas é vista desde a qualidade e quantidade do produto e a movimentação deste produto de um local para o outro, o que nós chamamos de transporte do mesmo.

Em relação a qualidade do produto, um dos nossos participantes avançou a dependência deste em função de: *“O estado dos produtos depende muito dos dias”*. Quando questionado novamente sobre a sua posição, este diz o seguinte: *“Há dias que apanhamos bons produtos e outros dias que não apanhamos bons produtos”*.

Outro nosso participante preferiu focar – se na conservação dos produtos, deixando de lado outras dificuldades. Na sua locução, ele diz que: *“são encontradas várias dificuldades tais como a conservação dos produtos”*; aliado a esta mesma questão, o outro entrevistado diz: *“Segurança dos produtos”*

Os outros participantes foram tão claro ao dizer que: *“Depende dos dias, antigamente quando as estradas não estavam boas, os produtos não chegavam em boas condições e no tempo chuvoso os produtos não chegam também em perfeitas condições”*.

Todas estas posições avançadas pelos nossos participantes têm a sua razão de ser uma vez que narram as dificuldades no processo de aquisição e venda de produtos agrícolas.

A comercialização agrícola é uma actividade comercial que se destina na absorção de excedentes da produção agrícola e sua respectiva colocação no mercado, que tem como principal objectivo de diminuir a dependência dos alimentos importados para o consumo nacional, assegurar preços de oferta e garantir uma interligação da produção ou seja desde os centros de produção, mercados e consumo. Especificamente para assegurar a produtividade agrícola e abastecer a população, agro-processamento e a exportação (MADER, 2020).

A posição avançada pela MADER (2020) é totalmente contrária o que a realidade apresenta como preocupação. Aliás, o que está escrito seria o ideal que pudesse ser encontrado no campo destas acções praticadas pelos comerciantes.

Tipos de produtos agrícolas transportados

No que diz respeito a tipos de produtos agrícolas transportados, os nossos participantes coincidiram com alguns e divergiram noutros. Ora vejamos nos seus depoimentos: *“Os produtos frequentemente transportados e comercializados são tomate, cebola e repolho”*; *“Os produtos mais transportados e comercializados são tomate, nesse tempo frutas, no tempo de pepino também batata e cebola”*; *“Tomate, cebola, batata, feijão”*; e *“Tomate, cebola, batata, repolho, cenoura, e produtos de época”*.

Todos os participantes fizeram menção a tomate como o produto mais transportado, eis a importância deste produto agrícola. Por isso leva-nos a crer que a sua comercialização tem dado maior facilidade. Convém trazer a tona várias percepções com base em diferentes teóricos aludindo ou não aspectos relacionados, quanto mais o produto for transportado significa que a sua comercialização tem sido feita na mesma proporção. A comercialização tem sido percebida como se fosse o desempenho de todas as actividades necessárias ao atendimento das necessidades e desejos dos mercados, planejando a disponibilidade da produção, efetuando transferência de propriedade de produtos, provendo meios para a sua distribuição física e facilitando a operação de todo o processo de mercado (Achicala *et al*, 2016; Cunguara & Garret, 2011).

■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em jeito de conclusão, o estudo traz a informação de que o uso de transporte rodoviário é frequente para o transporte de produtos agrícolas por unanimidade, embora existam outros meios relativamente frequentes como o comboio, as motas e bicicletas. Nesta questão de transporte de produtos agrícolas, em nenhum momento foi focado a questão de transporte marítimo e aéreo.

As implicações de transporte destes produtos agrícolas são diversas e negativas. Pois, os compradores e revendedores dos produtos agrícolas não estão satisfeitos com as despesas por eles efectuadas quer na compra e quer no transporte do produto, alegando que as taxas praticadas são altas. O pagamento de taxas muito altas no transporte dos seus produtos do local de compra até ao local de venda (comercialização) contribui na subida de preço de venda. Toda a prática de preços referentes à compra e venda produtos agrícolas têm uma influência mútua – se a compra do produto é relativamente alta, a venda do mesmo produto também será relativamente alta e assim sucessivamente. Assim, há um forte relacionamento nas fases de comercialização dos produtos, desde a sua aquisição até a disponibilização dos mesmos aos clientes.

A comercialização dos produtos agrícolas é vista desde a qualidade e quantidade do produto e a movimentação deste produto de um local para o outro, o que nós chamamos de transporte do mesmo, como por exemplo o tomate como o produto mais transportado, valendo desta forma a importância que este tem para a alimentação.

Sugestões

A fiscalização dos preços praticados pelos transportadores dos locais onde retiram os produtos até ao ponto de comercialização dos mesmos.

Limitações do estudo

Na entrevista os comerciantes/revendedores encontravam – se constantemente ocupados a atenderem clientes para materializar o seu ganho, o que dificultou a recolha pontual das informações.

Dificuldade de acesso a informação dos relatórios do mercado grossista warresta.

■ REFERÊNCIAS

Aires, L. (2015). *Paradigma qualitativo e práticas de investigação educacional*. Lisboa, Portugal: Universidade Aberta.

Amado, J. (2017). *Manual de investigação qualitativa em educação* (3^a. ed.). Coimbra, Portugal: Imprensa Universitária.

Achicala, R., Lampeão, S., Lopes, L. S., Salustiano, V., Mabota, A., Matlombe, H., ... Diogo, D. (2016) *Anuário de Estatísticas Agrárias 2015*. Maputo: Ministério da Agricultura e Segurança Alimentar.

Ballou, R. H. (2011). *Logística empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição de materiais e distribuição física*. São Paulo: Atlas.

Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. Lisboa, Portugal: Edições 70.

Carmo, H. & Ferreira, M. (2008). *Metodologias de investigação. Guia para auto-aprendizagem*. Lisboa, Portugal: Universidade Aberta.

Coutinho, C. (2011). *Percursos da Investigação em Tecnologia Educativa em Portugal: Uma abordagem Temática e metodológica a publicações científicas (1985-2000)*. Braga, Portugal: Universidade do Minho.

Cunguara, B. & Garrett, J. (2011) *O Sector Agrário em Moçambique: Análise situacional, constrangimentos e oportunidades para o crescimento*. Comunicação Apresentada Diálogo sobre a Promoção de Crescimento Agrário em Moçambique Hotel VIP.

Duarte, S. V. & Tavares, M. C. (2011) *Sistema de distribuição de produtos agrícolas: Facilidades e dificuldades de escoamento da produção –Um estudo de caso do projecto Jaibae*. Revista UNIMONTES CIENTÍFICA. Montes Claros, v.2, n.2

FAO (1993). *Production Yearbook*. Vol 47. www.google.com

Leite, C. E., Pereira, L. R. S., Marinho, C. J. M & Bittencourt, J. A. A. (2016) *Análise Comparativa de custos entre meios de transporte rodoviário e ferroviários*. Comunicação apresentada no congresso nacional de excelência em gestão. Brasil.

MADER (2020). *Inquérito Agrário de 2020*.

Morreira, S. (2005). Análise documental como método e como técnica. In: Duarte, Jorge; Barros, Antonio (Org.). *Métodos e técnicas de pesquisa em comunicação*. São Paulo, Brasil: Atlas.

Mosca, J. (coord.) (2012). *Contributo para o debate da agricultura e desenvolvimento rural*. Maputo, Moçambique: Escolar Editora.

Muchiutti, M. C. & Cancissu, S. R. (2019). *Modal Aéreo: Vantagens e Desvantagens no transporte de cargas no Paraná*. Artigo apresentado como requisito para a obtenção do diploma de tecnólogo. Brasil.

Ribeiro, P. C. C. & Ferreira, K. A. (Outubro, 2002) *Logística e Transportes: Uma discussão sobre modais de transporte e o panorama Brasileiro*. Apresentado no XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba Brasil.

Sampieri, R., Collado, C. & Lucio, P. (2006). *Metodologia de Pesquisa* (3^a. ed.). São Paulo, Brasil: Mc GrawHill.

Schalch, E. J. (2016). *Os gargalhos logísticos das principais rotas de escoamento de grãos de soja do estado mato grosso: Um estudo de caso do complexo portuário Barcarena no Pará*. Dissertação de mestrado apresentada na faculdade de zootecnia e engenharia de alimentos da Universidade de São Paulo. Brasil

Silva, J. (2014) *Classificação e características dos modais de transporte*. Brasil: Ministério de Educação do Brasil.

Vilelas, J. (2009). *Investigação: o processo de construção do Conhecimento*. Lisboa, Portugal: Sílabo, Lda.

Xavier Filho, M. (2006) *A importância do modal ferroviário no transporte de carga no Brasil utilizando a intermodalidade*. São Paulo, Brasil.

INOVAÇÕES E TECNOLOGIAS DA ABACAXICULTURA NO TERRITÓRIO BRASILEIRO

| **Vanessa Melo de Freitas**

Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

| **Maria Eliziane Pantoja da Silva**

Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA

| **Elyzandra Kerleman de Almeida Mendes** |

Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

| **Naima da Trindade Coelho**

Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

| **Eliziete Pereira de Souza**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Pará - IFPA

| **Ana Caroline Batista da Silva**

Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

| **Leonardo Elias Ferreira**

Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

| **Lays da Silva Gomes**

Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

| **Rogério Prestes dos Santos**

Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

RESUMO

Para o avanço da abacaxicultura no território brasileiro, a utilização de tecnologias e as inovações tecnológicas são necessárias, pois promovem melhoras qualitativas e quantitativas para a produção do abacaxi e contribuem para o aperfeiçoamento dos sistemas de produção dos produtores. Entretanto, faz necessário maior divulgação das tecnologias utilizadas na abacaxicultura, sobretudo para os produtores. Portanto, objetivou-se no presente estudo fazer uma explanação, através de revisão bibliográfica, sobre as inovações e tecnologias da abacaxicultura no território brasileiro. Para a realização desta pesquisa fez-se uma revisão bibliográfica nas plataformas *Periódicos Capes*, *Web of Science*, *Google Acadêmico*, reunindo um acervo de resumos, artigos completos, teses, dissertações e livros em português e inglês relacionados à temática do trabalho. De acordo com a revisão bibliográfica, conclui-se que as inovações tecnológicas têm alto fator de impacto na regência da produção da abacaxicultura no território brasileiro, pois essas permitem avançar em obstáculos recorrentes encontrados no ciclo da cultura, como, por exemplo, plantas daninhas e patógenos. Assim, essas inovações (a adubação e calagem; o mulching, indução floral e fertirrigação) auxiliam na padronização dos frutos e no aumento da produtividade.

Palavras-chave: *Ananas Comosus (L.) Merril*, Inovações Tecnológicas, Produção.

■ INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merrill), vulgarmente conhecido como abacaxi ou ananás, pertence à família botânica Bromeliaceae, é originário da América do Sul, descrita por outros autores como uma espécie de origem no Brasil (PACHECO *et al.*, 2022). Possui um porte herbáceo, é perene e apresenta o caule curto e grosso, ao redor do qual crescem folhas estreitas, compridas e resistentes, quase sempre margeadas por espinhos e dispostas em rosetas (TEIXEIRA *et al.*, 2020), é uma planta que necessita na média de 6,5 horas diárias de insolação direta (REINHARDT, 2015).

Segundo Moura *et al.* (2022), o fruto possui qualidade organoléptica altamente desejável para ingestão humana. É um sabor marcado pelos açúcares, sacarose, frutose e glicose (SOUZA *et al.*, 2017). As cultivares recebem classificação em cinco grupos, mas no Brasil se destaca as cultivares Smooth Cayenne e Pérola (MARQUES *et al.*, 2020).

No Brasil, a abacaxicultura possui grande importância econômica, de acordo com o IBGE (2021), o Brasil possui uma área plantada de 63.870 ha e obteve uma produção de 1.545.036 toneladas de abacaxi no ano de 2021, sendo uma média de 24.297 frutos/ha. Além disso, possui plantio em todas as regiões do País, sendo as regiões Norte e Nordeste as principais produtoras (IBGE, 2021).

O Brasil no ano de 2020, contribuiu com cerca de 24,5 milhões de toneladas de abacaxi, ficando em terceiro lugar no ranking mundial de produção, atrás da Costa Rica (26 milhões de toneladas) e Filipinas (27 milhões de toneladas), conforme a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2020). A comercialização desse fruto no Brasil, geralmente, é feita nas centrais de abastecimento, Ceasas (VIANA *et al.*, 2018); participando, assim, diretamente da conjuntura financeira de muitas famílias.

Os três maiores produtores de abacaxi no Brasil no ano de 2021 foram o estado do Pará localizado na região Norte do país, onde destacou-se como o maior produtor de abacaxi, com cerca de 361 mil frutos; em segundo lugar, o estado da Paraíba, situado no Nordeste do território brasileiro, com 263 mil frutos; em terceiro lugar, o estado de Minas Gerais com 156 mil frutos, pertencente a extensão Sudeste do país (IBGE, 2021).

Os atores sociais possuem considerável contribuição na cultura do abacaxizeiro, pois a mesma envolve uma grande quantidade de mão-de-obra, o que auxilia na geração de empregos e na fixação do homem no meio rural (GUIMARÃES, 2015). Neste sentido, a utilização de tecnologias e inovações tecnológicas também contribuem para a promoção dos avanços sociais, econômicos e alimentares. O uso de tecnologias possibilita melhoras qualitativas e quantitativas para a produção do abacaxi e contribuem para um aperfeiçoamento dos sistemas de produção, além disso, as tecnologias auxiliam a chegar nos padrões de qualidade que são de extrema importância para conquistar novos mercados (SILVA *et al.*, 2004).

Entretanto, faz necessário maior divulgação das tecnologias utilizadas na abacaxicultura, sobretudo para os produtores. Portanto, de acordo com esse contexto objetivou-se no presente estudo fazer uma explanação, através de revisão bibliográfica, sobre as inovações e tecnologias da abacaxicultura no território brasileiro.

■ MÉTODOS

Realizou-se pesquisa de revisão bibliográfica nas plataformas *Periódicos Capes*, *Web of Science*, *Google Acadêmico*, reunindo resumos, artigos completos, teses, dissertações e livros em português e inglês.

Para critérios de seleção, buscou-se trabalhos que abrangem a temática das inovações e do uso de tecnologias na cultura do abacaxizeiro, as palavras de busca foram “tecnologias na cultura do abacaxizeiro”, “inovações tecnológicas na cultura do abacaxizeiro”, “Difusão tecnológica na cultura do abacaxizeiro”, “Níveis tecnológicos na cultura do abacaxizeiro”, “Adubação na cultura do abacaxizeiro”, “Cultivares do abacaxi” e “Controle biológico”, considerando os trabalhos publicados nos últimos 20 anos.

Para fins de organização estrutural da pesquisa definiu-se os seguintes tópicos: desenvolvimento, adubação e calagem, irrigação e fertirrigação, controle de plantas daninhas, uso de variedades resistentes, controle biológico de pragas e doenças e indução floral.

■ DESENVOLVIMENTO

Adubação e calagem

A utilização de adubos na cultura do abacaxizeiro é uma prática obrigatória nos plantios com fins comerciais, devido ao elevado grau de exigência da planta quanto aos aspectos nutricionais, o qual varia com a cultivar plantada (REINHARDT *et al.*, 2002; ALMEIDA; SOUZA, 2011). Ademais, a maioria dos solos cultivados não conseguem suprir as necessidades requisitadas pela cultura (SOUZA; OLIVEIRA, 2021).

Levando em conta a escassez dos nutrientes no solo, o autor Reinhardt (2015), esclarece em sua narrativa a importância da presença da matéria orgânica no solo, culminando à uma economia considerável na adubação em um plantio de abacaxizeiro; refutando essa ideia, o autor afirma que há estimativas que os resíduos culturais de uma lavoura de abacaxizeiro podem apresentar uma massa verde entre 60 a 150 t por hectare.

Conforme Souza e Oliveira (2021), a ordem decrescente de extração/acumulação de macronutrientes pelo abacaxizeiro é: potássio (K) > nitrogênio (N) > cálcio (Ca) > magnésio (Mg) > enxofre (S) > fósforo (P). No que se refere aos micronutrientes, a ordem decrescente

de acumulação é: manganês (Mn) > ferro (Fe) > zinco (Zn) > boro (B) > cobre (Cu). A cultura tem uma boa tolerância à acidez, ou seja, consegue ter uma desenvoltura eficaz em solos relativamente ácidos (REINHARDT, 2015).

No entanto, a exatidão do que é necessário aplicar desses nutrientes no solo e obter uma boa produtividade da cultura, vem por intermédio da análise química do mesmo, e é primordial para assegurar um bom resultado. Complementando essa ferramenta, tem-se o manual de recomendação de adubação e calagem estaduais para o abacaxizeiro, porém nem todas as regiões brasileiras têm seu próprio manual de recomendação, fazendo por uso o compêndio de outros locais como referência.

As aplicações de adubos ocorrem na fase vegetativa do ciclo da planta (GOMES *et al.*, 2003; SOUZA; OLIVEIRA, 2021). Neste panorama, os adubos orgânicos são adicionados ao solo no plantio nas covas ou sulcos e os químicos em cobertura, quando a planta já está estabelecida. No estado do Pará, é adotado a recomendação de adubação com base na análise química do solo e na produtividade esperada (SOUZA; OLIVEIRA, 2021).

Atualmente, os consumidores e a indústria vêm exigindo uma qualidade melhor dos frutos, e para manter uma boa comercialização, a adubação tem grande importância, pois além de aumentar a quantidade produzida, melhora as características físico-química dos frutos; alguns estudos para analisar essas qualidades, utilizam parâmetros como peso, comprimento, diâmetro, forma, cor, firmeza, pH, acidez titulável e outros (APARECIDA *et al.*, 2009).

Para um bom resultado na qualidade do fruto, sendo a qualidade interna e externa do abacaxi, a adubação depende da dose e da sua época de aplicação (GUARÇONI; VENTURA, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2015). Segundo um trabalho sobre a qualidade do abacaxizeiro 'Brs Imperial' em função de doses de N-K, com o objetivo avaliar a influência de doses de N e K₂O sobre as características de qualidade físico-químicas e sobre os defeitos externos e internos dos frutos, os autores verificaram que as doses de N diminuiu os sólidos solúveis e a acidez titulável; as doses de K₂O aumentou os teores de sólidos solúveis e acidez titulável do fruto (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Em resumo, a adubação influenciou na qualidade do fruto com o N responsável pelo crescimento vegetativo e o K₂O pelo sabor do fruto.

Quanto à calagem, deve ser realizada de dois a três meses antes do plantio. A umidade do solo é importante para a reação do corretivo e deve-se ser realizada antes do período chuvoso (SOUZA; OLIVEIRA, 2021). A preferência do calcário é o dolomítico por ter o Mg em sua composição, macronutriente exigido pela cultura.

Irrigação e fertirrigação

O abacaxizeiro é considerado uma planta com características fisiológicas e bioquímicas adaptáveis à seca, porém mesmo com esses atributos é necessário o uso da irrigação para que se possa alcançar níveis excelentes de produção e produtividade (FRANCO *et al.*, 2014).

Ultimamente no Brasil, o uso de irrigação na cultura do abacaxizeiro tem aumentado significativamente, e esse incremento de tecnologia se deve a competição nos mercados, pois a modernização de técnicas resulta em produtos de maior qualidade, padrão de qualidade e maior quantidade. Ademais, a irrigação permite a produção em entressafras, o que aumenta a lucratividade do produtor.

Os autores Almeida e Souza (2011), afirmam que a irrigação por aspersão é o sistema que se adapta melhor ao abacaxizeiro por causa do formato e da distribuição de suas folhas, o que possibilita uma melhor captação de água.

Dentre esses horizontes, a fertirrigação também é considerada uma alternativa que vem sendo empregada nos cultivos de abacaxizeiro. A fertirrigação, é o processo que consiste no suprimento de nutrientes às plantas via água de irrigação. Essa técnica pode ser usada com sucesso nesta cultura, seja conduzida sob irrigação por aspersão, seja conduzida sob irrigação localizada de alta frequência. (ALMEIDA; SOUZA, 2011). No cultivo do abacaxizeiro, esse mecanismo tem sua diligência no plantio até a indução do florescimento (SOUZA; OLIVEIRA, 2021). Essa prática pode trazer o melhor aproveitamento e suplementação dos nutrientes e, conseqüentemente, benefício econômico (NOBRE *et al.*, 2018).

Controle de plantas daninhas

De acordo Model *et al.* (2010) as plantas daninhas competem com o abacaxizeiro por água, luz, nutrientes, espaço e outros; o que causa um crescimento limitado da cultura e prejuízos na produção. O abacaxizeiro é uma planta de crescimento inicial lento, conduzindo em um lento desenvolvimento da cobertura vegetal adequada do solo; (REINHARDT, 2015). Assim, o crescimento de ervas espontâneas é oportuno nesse crescimento inicial da cultura, pois é o período de susceptibilidade a interferência das plantas daninhas devido ao seu porte pequeno e ao lento crescimento (MOROTA *et al.*, 2020).

Dessa maneira, uma forma de controlar as plantas invasoras é manter o solo coberto nas entrelinhas, isso pode ser feito com o uso de coberturas vivas ou mortas, essa prática também adequada ao controle cultural de plantas espontâneas, pois impede a passagem da luz dificultando o seu crescimento. Podem ser usados como cobertura do solo resíduos vegetais disponíveis na propriedade, tais como: palhas, bagaços ou capins secos, ou restos culturais de um abacaxizal anterior (REINHARDT, 2015).

Uma tecnologia adotada para o manejo de plantas daninhas, com o objetivo de minimizar os efeitos danosos das plantas invasoras sobre a cultura do abacaxizeiro, é o uso do mulching. É uma técnica que consiste no uso de uma cobertura morta no cultivo para minimizar a incidência de plantas daninhas (AGUIAR JÚNIOR, 2014). O mulching, segundo o autor Pereira *et al.* (2016) é um plástico ou filme agrícola que reduz o aquecimento excessivo do solo e dessa maneira diminui a incidência de plantas invasoras. Outrossim, o mulching é uma tecnologia que possui vantagens agroecológicas pois consegue controlar as plantas daninhas com o impedimento da incidência solar diretamente no solo, assim, não necessita de utilização de herbicidas e nem a capina manual.

Uso de variedades resistentes às principais doenças do abacaxizeiro

As cultivares mais empregadas no país são a ‘Pérola’ e ‘Smooth Cayenne’, vulneráveis à fusariose (SANTOS *et al.*, 2002). No entanto, os estudos genéticos ocorrem para que variedades dessa espécie possam se tornar menos vulneráveis a intempéries exteriores, sejam eles bióticos ou abióticos. Os autores Matos e Sanches (2007), citaram variedades resistentes a essa doença, são: Alto Turi, Amapá, Amarelo-de- Uaupés, Cabezona, Fernando Costa, Huitota, Inerme CM, Íris, Perolera, Piria Negra, Primavera, Rondon, Tapiracanga, Turi Verde e Ver-o-Peso são resistentes a fusariose.

O Instituto Agrônomo de Campinas lançou a cultivar ‘IAC Fantástico’, essa variedade também apresenta resistência à fusariose; além disso, têm atributos que permitem o uso *in natura* e a industrialização. Os aspectos são: um fruto com característica pouco ácido, coloração amarela intensa e polpa saborosa (IAC, 2010).

Outro enriquecimento de proeminência para o avanço da produção do abacaxizeiro no país, foram os lançamentos pela Embrapa de indivíduos resistentes a essa mazela, essas variedades são denominadas de ‘BRS Imperial’, ‘BRS Vitória’ e ‘BRS Ajubá; essas cultivares dispensam a utilização de fungicidas, sendo assim, uma importante evolução para o cenário da abacaxicultura no Brasil (EMBRAPA, 2013).

Controle biológico de doenças e pragas

Para o controle dos problemas fitossanitários, a opção do controle químico de alguma forma prejudica o ambiente, diante disso é benéfico a utilização do controle biológico (DAMASCENO *et al.*, 2010). Os autores Oliveira e Nascimento (2009), afirmam que, atualmente se tem várias tecnologias que trazem opções de controle biológico, sendo essas os extratos vegetais, óleos essenciais e biofungicidas; esses extratos agem estimulando substâncias naturais das plantas que atuam em sua defesa.

Outra tecnologia seria a utilização de microrganismos, como as bactérias lácticas para inibição do crescimento fúngico (BARBOSA *et al.*, 2017). E o uso de inseticidas biológicos à base de *Bacillus thuringiensis* Berliner, seriam também outra forma de controle biológico. Contudo, os controles biológicos possuem melhores resultados quando utilizados juntos com outros manejos, no qual seriam os controles culturais (NORONHA; MATOS; SANCHES, 2015).

Apesar do Brasil ser um dos grandes consumidores e produtores de abacaxi, ele ainda enfrenta problemas que afetam a produção e prejudicam a expansão do produto, entre esses problemas se encontram os problemas fitossanitários (BERILLI, 2014; NORONHA; MATOS; SANCHES, 2015; NORONHA *et al.*, 2016).

O fungo *Fusarium gutiforme*, é o causador da fusariose, ela é a principal doença que afeta a cultura do abacaxizeiro no Brasil, causando grandes perdas (DAMASCENO *et al.*, 2010). De acordo com Pereira *et al.* (2014), a fusariose causa a podridão dos frutos com exsudação de resina, seu principal meio de disseminação são as mudas infectadas, mas os insetos, chuvas e ventos também causam a disseminação da doença. Os sintomas da podridão também podem ser identificados quando a planta ainda não tem fruto, podem ser vistos na região basal de onde a planta foi retirada da planta mãe (SILVA, 2007).

Para o controle biológico da fusariose, existem pesquisas que comprovam resultados benéficos para o problema, segundo o trabalho realizado por Seixas *et al.* (2011), o óleo essencial de capim-citronela apresenta resultados positivos na inibição do crescimento do patógeno. Também se tem como exemplo o trabalho de Matos *et al.* (2014), no qual o mesmo apresentou resultados positivos, pois todos os isolados de *Trichoderma* spp. testados no trabalho, inibiram o crescimento do patógeno, sendo, portanto, potenciais agentes de controle biológico.

No que refere-se as pragas do abacaxizeiro, uma das principais pragas é a Broca-do-Fruto (*Strymon megarus*), a *S. megarus* é uma borboleta que deposita seus ovos no fruto, e ao eclodirem as lagartas se alimentam primeiramente na parte externa do fruto perfurando-o até atingir a polpa; os sintomas são saída da resina entre os frutinhos da fruta, e em incidências muito altas podem atingir outras partes da planta (NORONHA *et al.*, 2016). Segundo Noronha *et al.* (2016), para o controle biológico da broca, pode ser utilizado inseticidas microbianos à base de *Bacillus thuringiensis* Berliner, pois o mesmo apresenta resultados positivos na redução da broca. Além disso, de acordo com o trabalho de Paranhos *et al.* (2009), o uso da bactéria *Bacillus thuringiensis* também apresenta boa eficiência no controle da broca.

Indução floral

O ciclo do abacaxizeiro ocorre em três fases, a vegetativa, reprodutiva e formação de mudas (LIMA; REINHARDT; COSTA, 2002). Na fase reprodutiva temos o início da inflorescência da cultura, porém ocorre de forma heterogênea, o que acarreta em impasses no manejo e na colheita. Outro ponto importante desse período, é a alta exigência da planta por nutrientes, nessa janela de desenvolvimento é indicado a realização da adubação de cobertura (NOGUEIRA, 2014).

Uma forma empregada para uniformizar a colheita na abacaxicultura é por meio da indução floral artificial, é uma forma de antecipar a floração, ela é feita por meio de reguladores vegetais, isso auxilia o produtor a se programar para a colheita (BARBOSA *et al.*, 2003; MELO *et al.*, 2013). As substâncias mais utilizadas nesse processo são os indutores conhecidos como carbureto de cálcio e ethephon (SANCHES; MATOS, 2013). O produto é aplicado na roseta foliar da planta e devem ser empregados em horários mais frios do dia ou à noite.

■ DISCUSSÃO

Segundo Crestani *et al.* (2010), avaliando as últimas 5 décadas a quantidade de produção e a área plantada de abacaxizeiro no Brasil só tem crescido, e esse crescimento constante ocorre devido a melhoria das condições de cultivo, ou seja, um manejo realizado de forma correta, as inovações e as tecnologias implantadas, só tem a melhorar a produção e conseqüentemente o mercado do fruto.

O estado do Pará, de acordo com Noronha *et al.* (2009), foi avaliado com um baixo nível tecnológico na cultura do abacaxizeiro, sendo necessário ajustes tecnológicos nos sistemas de produção, ou seja, as tecnologias a serem adotadas seriam: manejo adequado da adubação, aumentar a densidade de plantas no plantio, manejo do solo, avaliação nutricional de plantas, uso de variedades resistentes, avaliação da sanidade nos plantios e outros.

Além do estado paraense, alguns outros estados do país se encontram no mesmo nível tecnológico, normalmente esse nível está atrelado aos pequenos produtores, no qual o foco de ajustes e implementações tecnológicas são voltadas para os pequenos produtores, para que se tenha uma maior produção (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

■ CONCLUSÃO

Conclui-se que as inovações e tecnologias têm um alto fator de impacto na regência da produção da abacaxicultura no território brasileiro, pois essas permitem avançar em

obstáculos recorrentes durante o ciclo da cultura, como por exemplo, plantas daninhas e patógenos. Assim, essas inovações auxiliam na padronização dos frutos e no aumento da produtividade.

É notório que existem consideráveis tecnologias disponíveis para serem adotadas nos cultivos, e que essas permitem um planejamento em épocas com condições climáticas não tão favoráveis à essa cultura. Podemos observar essa capacidade com as seguintes técnicas: a adubação e calagem; o mulching, agindo no controle de plantas daninhas; indução floral e a fertirrigação. Essas técnicas favorecem o desenvolvimento desse fruto nas safras e, principalmente, nas entressafras. Por fim, atualmente, as pesquisas vêm inovando com variedades resistentes a doenças e trazem formas de controles sustentáveis, como os métodos de controle biológico.

■ REFERÊNCIAS

AGUIAR JÚNIOR, R. A. Desenvolvimento vegetativo, expansão da colheita e qualidade de frutos de abacaxi “Turiagu” em função da época de plantio e mulching. n. 1, p. 122, 2014. Disponível em: <https://repositorio.uema.br/handle/123456789/244>. Acesso em: 18 de dez. 2022.

ALMEIDA, O. A.; SOUZA, L. F. S. Irrigação e fertirrigação na cultura do abacaxi. A. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Embrapa Informação Tecnológica Brasília, DF, 2011, 771 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/55936/1/IRRIGACAOeFERTIRRIGACAO-cap11.pdf>. Acesso em: 21 de dez. 2022.

APARECIDA, M. et al. Qualidade Do Fruto De Abacaxi Comercializado Pela Cooperfruto – Miranorte - To 1 Quality of Pineapple Commercialized By. p. 1048–1053, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/s5tsRyTCfyRzNb9FJTTh6Xzv/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 11 de jan. 2023.

BARBOSA, D. J. et al. Estudo do efeito inibitório de isolados de bactérias lácticas provenientes de gramíneas, tomate, beterraba e frutas cítricas sobre fusariose do abacaxi (ananas comosus (L.) merril). **Anais dos Seminários de Iniciação Científica**, (21). 2017. Disponível em: <http://periodicos.uefs.br/index.php/semic/article/view/2173>. Acesso em: 22 de dez. 2022.

BARBOSA, N. M. L. et al. Indução de alterações morfológicas e anatômicas em folhas de abacaxizeiro ‘Pérola’ pelo ácido 2-(3-clorofenoxi) propiônico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, p. 386-389, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/8zTC-DxCQ3yLqvZ8RnKmgDBh/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 de jan. 2023.

BERILLI, S. S. et al. Avaliação da qualidade de frutos de quatro genótipos de abacaxi para consumo in natura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 503-508, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/yMPdbd6TFkYcgJ3PNrLcbfn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 de dez. 2022.

CRESTANI, M. et al. Das Américas para o Mundo: origem, domesticação e dispersão do abacaxizeiro. *Ciência Rural*, v. 40, n. 6, p. 1473–1483, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/NRpbBs3Tm9D3CMhMVsVNTHJ/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 22 de dez. 2022.

DAMASCENO, C. L. et al. Potencial de uso de rizobactérias para o controle da fusariose do abacaxizeiro. In: **JORNADA CIENTÍFICA EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA**, 4. 2010. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/875281>. Acesso em: 18 de dez. 2022.

EMBRAPA. Abacaxis da Embrapa chegam ao mercado: ‘BRS Imperial’, ‘BRS Ajudá’ e ‘BRS Vitória’. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**. 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84623/1/Folder-Abacaxis-da-Embrapa-2013.pdf>. Acesso em: 22 de dez. 2022.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**. FAO, 2020. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em 13 de nov. 2022.

FRANCO, L. R. L.; MAIA, V. M.; LOPES, O. P.; FRANCO, W. T. N.; SANTOS, S. R. Crescimento, produção e qualidade do abacaxizeiro „pérola” sob diferentes lâminas de irrigação. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 27, n. 2, p. 132–140, 2014. Disponível em: [file:///C:/Users/Positivo/Downloads/2828Artigo%20de%20submiss%C3%A3o%20\(Enviar%20no%20word\)-12298-13328-10-20140628.pdf](file:///C:/Users/Positivo/Downloads/2828Artigo%20de%20submiss%C3%A3o%20(Enviar%20no%20word)-12298-13328-10-20140628.pdf). Acesso em: 22 de dez. 2022.

GOMES, J. A. et al. **Recomendações técnicas para a cultura do abacaxizeiro**. Incaper, 2003. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/104/1/DOC-122-Recomendacoes-Tecnicas-para-o-Abacaxizeiro-CD-7.pdf>. Acesso em: 21 de dez. 2022.

GUARÇONI M., A.; VENTURA, J.A. Adubação N-P-K e o desenvolvimento, produtividade e qualidade dos frutos do abacaxi ‘Gold’ (MD-2). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.35, n.4, p.1367-1376, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/5YLfK95RqZSDfG4gFXdYMwj/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 17 de jan. 2022.

GUIMARÃES, A. R. A produção de abacaxi: estratégias de reprodução da agricultura familiar no município de Monte Alegre de Minas (MG). 2015. 152 f. 2018. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Geografia) -Universidade Federal de Goiás, Catalão, GO, 2015. Disponível em: <http://repositorio.ufcat.edu.br/tede/bitstream/tede/4506/5/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20-%20Alessandra%20Rodrigues%20Guimar%c3%a3es%20-%202015.pdf>. Acesso em: 19 de dez. 2022.

IAC- Instituto Agronômico de Campinas. São Paulo lança cultivar de abacaxi IAC Fantástico para substituir cultivares em uso no Brasil. 2010. Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/cultivares/inicio/Folders/Abacaxi/IACFant%C3%A1stico.htm>. Acesso em: 22 de dez. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal. 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612#resultado>. Acesso em 13 de nov. 2022.

LIMA, V. P.; REINHARDT, D.H.; COSTA, J. A. Desbaste de mudas tipo filhote do abacaxi cv. Pérola--2: análises de crescimento e de correlações. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, p. 101-107, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/cQzbRTdPHpkLdS4x-jMh5Rng/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 13 de jan. 2023.

MARQUES et al. Análises física e físico-química de duas cultivares de abacaxi do estado do Acre: Gigante-de-Tarauacá e Rio Branco. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 16665-16674, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/8343/7193>. Acesso em: 27 de nov. 2022.

MATOS, A. P. et al. A. Variedades de abacaxi resistentes à fusariose. In: Semana Internacional da Fruticultura e Agroindústria, Fortaleza, CE. 2011. Anais. Fortaleza: Frutal, 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/902513/1/VARIEDADESABACAXIARISTOTELES.pdf>. Acesso em: 21 de dez.2022.

MATOS, A. P.; SANCHES, N. F. Manejo das Principais Doenças do Abacaxizeiro. Fitossanidade na Amazônia: inovações tecnológicas. 1ª Ed. Capítulo 4, p. 73-90, 425 p. 2007. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/656121/1/Manejo-das-principais-doencas-do-abacaxizeiro..pdf>. Acesso em: 20 de dez. 2022.

MATOS. S. K.; CARVALHO. F. I.; ARAÚJO. V. D.; SILVA. L. M.; FARIAS. N. T. ESTUDO IN VITRO DA POTENCIALIDADE DE *Trichoderma* spp. NO BIOCONTROLE DE *Fusarium guttiforme*. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v.10, n.19; p.22- 41. 2014. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2014b/CIENCIAS%20BIOLOGICAS/Estudo%20in%20vitro.pdf>. Acesso em 18 de jan. 2023.

MELO, M.S. et al. Indução floral do abacaxizeiro cv. Turiacu [*Ananas comosus* (L.) Merrill var. *Comosus* Coppens & Leal], no estado do Amazonas. **Simpósio brasileiro da cultura do abacaxi, Produção e qualidade com tecnologia e sustentabilidade: anais**, 2013, Palmas. Palmas, Brazil: Secretaria da Agricultura e Pecuária do Estado do Tocantins. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/92135/1/Abacaxi-MELO-Inducao-Floral-Turiacu-estado-do-Amazonas.pdf>. Acesso em: 14 de jan. 2023.

MODEL, N. S.; FAVRETO, R.; RODRIGUES, A. E. C. Efeito de tratamentos de controle de plantas daninhas sobre produtividade, sanidade e qualidade de abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 16, n. 1/2, p. 51-58, 20 dez. 2010. Disponível em: <http://revistapag.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revistapag/article/view/171>. Acesso em: 22 de dez. 2022.

MONTEIRO, R.F. *Ananas in Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB16574>. Acesso em: 11 nov. 2022

MOROTA, F. K. et al. Manejo De Plantas Daninhas Em Frutíferas Tropicais: Abacaxizeiro, Bananeira, Coqueiro, Mamoeiro E Maracujazeiro. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 1, p. 1–11, 2020. Disponível em: <http://www.rbherbicidas.com.br/index.php/rbh/article/view/656>. Acesso em: 22 de dez. 2022.

MOURA, L.G.M.; VASCONCELOS, A.F.F. Prospecção Científica e Tecnológica sobre Abacaxi (*Ananas Comosus*). **Cadernos de Prospecção**, v. 15, n. 1, p. 228-244, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/36413/25829>. Acesso em: 20 de nov. 2022.

NOBRE, C.F. et al. Uniformidade de irrigação por gotejamento sob fertirrigação com fontes de Nitrogênio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 12, n. 7, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marconi_Teixeira3/publication/331600897_UNIFORMIDADE_DE_IRRIGACAO_POR_GOTEJAMENTO_SOB_FERTIRRIGACAO_COM_FONTES_DE_NITROGENIO/links/612e3f5ac69a4e48796e3b0b/UNIFORMIDADE-DE-IRRIGACAO-POR-GOTEJAMENTO-SOB-FERTIRRIGACAO-COM-FONTES-DE-NITROGENIO.pdf. Acesso em: 22 de dez. 2022.

NOGUEIRA, N.T. Qualidade pós-colheita do abacaxi em função das épocas de plantio associadas ao uso de irrigação. Rio Branco, 2014. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – **Programa de Pós-graduação em Agronomia**. Universidade Federal do Acre, 2014. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1014579/1/25472.pdf>. Acesso em: 14 de jan. 2023.

NORONHA, A. C. S. et al. Abacaxi. 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/10803616/livro-sobre-pragas-agricolas-e-florestais-na-amazonia-e-lancado-em-congresso>. Acesso em: 18 de dez. 2022.

NORONHA, A. C. S. et al. Atividades da Produção Integrada de Abacaxi em Floresta do Araguaia e Salvaterra-Pará. In: seminário brasileiro de produção integrada de frutas, 11.; **seminário sobre sistema agropecuário de produção integrada**, 3., 2009, Petrolina. Pi Brasil: [anais...]. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2009. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/660388/1/6215.pdf>. Acesso em: 22 de dez. 2022.

NORONHA, A. C. S., MATOS, A. P., SANCHES, N. F. Manejo integrado de pragas e doenças do abacaxi. **Simpósio brasileiro da cultura do abacaxi**, 6, 2015. Conceição do Araguaia. Belém, PA: SEDAP, 2015. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1028854>. Acesso em: 22 de dez. 2022.

OLIVEIRA, A. et al. Adubação N-K no abacaxizeiro “BRS IMPERIAL”- II efeito no solo, na nutrição da planta e na produção. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 764-772, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/xnpPvX53ZVLDBnsvHCXBdf/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 de dez. 2022.

OLIVEIRA, A. M. G. et al. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 43 Diagnósticos rurais participativos e adoção de tecnologias obtidos no projeto “Inserção e competitividade do agricultor familiar do Extremo Sul da Bahia no agronegócio da mandioca e do abacaxi”. 2009. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/15428969.pdf>. Acesso em: 22 de dez. 2022.

OLIVEIRA, A. M. G. et al. Qualidade Do Abacaxizeiro ‘Brs Imperial’ Em Função De Doses De N-K. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 2, p. 497–506, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/qVbB7bfr4zFfTgx9jVgjmyrn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 de jan. 2023.

OLIVEIRA, M. D. M., NASCIMENTO, L. C. Avaliação da atividade de indutores de resistência abiótica, fungicida químico e extratos vegetais no controle da podridão-negra em Abacaxi’ Pérola’. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 31, p. 84-89, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/ptVfyf6J9XY87tCZFB4j7h/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 22 de dez. 2022.

PACHECO, N. I. et al. Caracterização do abacaxi e sua casca como alimento funcional: revisão narrativa. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, p. e46011326840-e46011326840, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/26840/23417>. Acesso em: 14 de nov. 2022.

PARANHOS, B. A. J.; ARAÚJO, E. L.; FANCELLI, M.; NORONHA, A. C. S.; SILVA, L. D.; BARBOSA, F. R.; COSTA, M. de L. Z.; SANCHES, N. F.; WALDER, J. M. M. Controle biológico de pragas em fruteiras tropicais. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 11., 2009, Bento Gonçalves. Tecnologia e conservação ambiental: resumos. [Bento Gonçalves]: Sociedade Entomológica do Brasil: IRGA: Unisinos: Fiocruz, 2009. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/659653/1/6182.pdf>. Acesso em 18 de jan. 2023.

PEREIRA, A. O. et al. Cultura do Abacaxi no Estado do Tocantins. p. 1–36, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1008575/praticas-de-cultivo-para-a-cultura-do-abacaxi-no-estado-do-tocantins>. Acesso em: 20 de dez. 2022.

PEREIRA, F. DAS N. et al. Uso de mulching plástico para o cultivo de variedades de abacaxi em sistema orgânico de produção. **X Jornada Científica - Embrapa Mandioca e Fruticultura**, p. 173, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1062482/uso-de-mulching-plastico-para-o-cultivo-de-variedades-de-abacaxi-em-sistema-organico-de-producao>. Acesso em: 21 de dez. 2022.

REINHARDT et al. Pérola and Smooth Cayenne pineapple cultivars in the state of Bahia, Brazil: Growth, flowering, pests and diseases, yield and fruit quality aspects. **Fruits**, 57:43-53, 2002. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/P%C3%A9rola-and-Smooth-Cayenne-pineapple-cultivars-in-of-Reinhardt-Sanches/4cb52383ad8e28ac7bb3ff38daaf7698dbc5e619>. Acesso em: 20 de dez. 2022.

REINHARDT, D. H. R. C. Manejo do solo - água - planta em plantios de abacaxi. In: **Simpósio Brasileiro Da Cultura do Abacaxi**, 6., 2015, Conceição do Araguaia. [Anais]. Belém, PA: SEDAP, 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/133964/1/Manejo-Solo-Agua-Planta-Abacaxi-Reinhardt-et-al.pdf>. Acesso em: 21 de dez. 2022.

SANCHES, N. F.; MATOS A. P. Abacaxi: o produtor pergunta, a Embrapa responde. 2ª ed. Embrapa, Brasília – DF, 2013. p. 107. Disponível em: <file:///C:/Users/Positivo/Downloads/500perguntasabacaxi.pdf>. Acesso em 14 de jan. 2023.

SANTOS, B. A. et al. Severidade de isolados de *Fusarium subglutinans* f. sp. ananas sensíveis e resistentes ao benomyl, em abacaxizeiro. **Fitopatol. bras.** 27(1), jan - fev 2002. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/item/595>. Acesso em: 22 de dez. 2022.

SEIXAS, P. T. L. et al. Controle fitopatológico do *Fusarium subglutinans* pelo óleo essencial do capim-citronela (*Cymbopogon nardus* L.) e do composto citronelal. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, p. 523-526, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbpm/a/FmB67whmKRK7jTR3DbwKbTC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 17 de jan. 2023.

SILVA, S. E. L. et al. A Cultura do Abacaxizeiro no Amazonas. p. 6, 2004. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/675659/1/circtec21.pdf>. Acesso em: 22 de dez. 2022.

SILVA, W. C. Sistema de produção para a cultura do abacaxi. Porto Velho: Embrapa Rondônia; Emater-RO, 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/699007>. Acesso em: 20 de dez. 2022.

SOUZA, L. F.; OLIVEIRA, A. M. G. Calagem e adubação para o abacaxizeiro. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E)**, 2021. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/227054/1/cap6-livro_Recomendacao-CalagemAdubacao-AnaLuciaBorges-AINFO.pdf. Acesso em: 20 de dez. 2022.

SOUZA, F. V. D. et al. Abacaxizeiros (*Ananas spp.*) cultivados e silvestres. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/182432/1/7ddc230c2f7a-Abacaxi-03a.pdf>. Acesso em: 20 de nov. 2022.

TEIXEIRA, C. A. D. et al. Sistema de produção para a cultura do abacaxi no Estado de Rondônia. Porto Velho, RO: **Embrapa Rondônia**, 2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1123953/1/cpafr-18430-SP38.pdf>. Acesso em 13 de nov. 2022.

VIANA, J. A. S. et al. Dinâmica de produção e comercialização de abacaxi (*Ananas comosus* L. Merr) no estado do Pará. **Extensão rural em foco: apoio à agricultura familiar, empreendedorismo e inovação**, v. 1, p. 240-246, 2018. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.org/articles/200600406.pdf>. Acesso em 13 de nov. 2022.

MELATONINA E ÁCIDO SALICILICO NA PRESERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE UVAS DE MESA SEM SEMENTE: UMA REVISÃO NARRATIVA

| **Sinara de Nazaré Santana Brito**

Universidade Estadual Paulista - UNESP

| **Gean Charles Monteiro**

Universidade Estadual Paulista - UNESP

| **Aline Nunes**

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

| **Igor Otavio Minatel**

Centro Universitário Sudoeste Paulista - UniFSP

| **Harleson Sidney Almeida Monteiro**

Universidade Estadual Paulista - UNESP

| **Marco Antonio Tecchio**

Universidade Estadual Paulista - UNESP

| **Letícia Silva Pereira Basílio**

Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural -
MG, ESLOC

| **Giuseppina Pace Pereira Lima**

Universidade Estadual Paulista - UNESP

RESUMO

As uvas podem ser classificadas como uvas finas para mesa e vinho, também sendo possível distingui-las pelos compostos bioativos que apresentam, como pelas substâncias fenólicas e pela capacidade antioxidante, visto que algumas cultivares são importantes fontes desses compostos. Todavia, na pós-colheita, a senescência impacta diretamente na degradação da qualidade dos frutos, o que compromete sua comercialização, levando em consideração seu tempo de vida útil em prateleira. Essa deterioração pós-colheita, acarreta no desperdício, na perda de firmeza, na desidratação e alta susceptibilidade a agentes patogênicos. Assim, estudos tem se voltado para determinar práticas que podem influenciar no metabolismo primário e secundário das bagas de uvas, visando retardar esse processo de envelhecimento em nível celular. Destacam-se as técnicas agrônômicas, o ajuste de temperatura para armazenamento, a adaptação genética das videiras e a aplicação de substâncias exógenas. Esse último em especial tem demonstrado resultados favoráveis em diversas frutíferas, como nas uvas de mesa. Esses resultados estão relacionados à ativação das vias de sinalização hormonais e das vias de defesa. Entre as substâncias ressalta-se a importância da melatonina e do ácido salicílico para preservação pós-colheita da uva de mesa. Desse modo, nesta revisão, examinamos o progresso recente das novas metodologias para promover a preservação pós-colheita de frutas, especialmente sobre os efeitos benéficos no uso de melatonina e ácido salicílico em uvas de mesa sem semente.

Palavras-chave: Compostos Bioativos, Videiras, Substâncias Exógenas.

■ INTRODUÇÃO

A filogeografia da videira está ligada à história de antigas populações estabelecidas na Bacia do Mar Cáspio, no Oriente Próximo e na Bacia do Mediterrâneo (MOURA; HERNANDES; JÚNIOR, 2021). O cultivo da uva, assim como o processo de vinificação, ocorrera em algum local no sul do Cáucaso, no norte do Crescente Fértil ou no Levante, atualmente regiões que compreendem os estados da Palestina, Israel, Jordânia e outros próximos e após a domesticação de espécies locais selvagens, que ainda são encontradas distribuídas pela Europa, norte da África e oeste da Ásia em pequenas populações dispersas, as cultivares de uva seguiram um padrão de dispersão predominante ao oeste, especialmente devido à migração humana e pelo comércio marítimo, todavia, espalhando-se posteriormente para todos os continentes (MAGRIS, *et al.*, 2021).

Mais de 10.000 variedades de uvas são encontradas ao redor do mundo atualmente e a espécie *Vitis vinífera* é a mais cultivada, apresentando os tipos vermelho, preto e branco. A origem dessa remonta a Ásia Ocidental e o sul da Europa (PARIHAR; SHARMA, 2021). Conforme a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), 75.866 km² são destinados ao cultivo de uva, sendo que 71% da produção mundial é utilizada para fabricação de vinho, 27% são consumidas in natura e 2% como fruta seca (KHAN *et al.*, 2020).

O Brasil, no ano de 2020, apresentou uma área plantada de 74.826 ha com videiras, segundo dados obtidos no Instituto Brasileiro Geografia e Estatística (IBGE), 2020. As regiões que possuem maior representatividade é a região Sul com 73,12% da área total do país, seguido do Sudeste com 12,65%, do nordeste com 13,94% (mais precisamente no Vale do São Francisco - Pernambuco e Bahia), e nas demais regiões do país o cultivo da videira vem aumentando gradativamente (MELLO; MACHADO, 2021).

Quanto ao contexto da vitivinicultura no Brasil, o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), detém o maior banco de germoplasma, que engloba espécies selvagens de *Vitis*, híbridos interespecíficos e variedades de espécies cultivadas, dentre elas, *V. vinífera*, *V. labrusca*, *V. bourquina*, *V. rotundifolia* e variedades melhoradas e pesquisadas pelo IAC (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

As referidas espécies podem ser classificadas conforme a categoria de produção, ou seja, para fins industriais, como vinhos, sucos e aguardente, assim como para o consumo in natura, na forma de uvas passas, concentrados de suco de uvas e para fins comerciais na forma de porta-enxertos e quanto para cultivares-copa de videiras (WALKER *et al.*, 2019).

As uvas são classificadas como uvas finas para mesa e vinho, provenientes de cultivares da espécie *Vitis vinífera*, e “uvas comuns”, resultante de cultivares de origem norte-americana, normalmente das espécies *Vitis labrusca*, *Vitis bourquina*, ou podendo ser de híbridos entre distintas espécies de *Vitis* (MOURA; HERNANDES; JÚNIOR, 2021).

Além dessa classificação, é possível distinguir cultivares de uvas pelos compostos bioativos que apresentam, como pelas substâncias fenólicas e pela capacidade antioxidante. Comumente, as variedades de uvas pretas possuem elevado conteúdo nutricional e fenólico (TEIXEIRA *et al.*, 2014). Entretanto, fatores (a)bióticos, como ambiente, prática vitícola, tipo de porta-enxertos, tempo de cultivo das videiras e mutações nos vinhedos, podem afetar a síntese dos compostos fenólicos e a atividade antioxidante das bagas das uvas (HASSAN; AL-RAWI, 2013).

Além dos compostos fenólicos, as uvas apresentam ácidos aromáticos, flavonoides, proantocianinas e estilbenos. São encontrados elementos nutritivos, como minerais, proteínas, carboidratos, gorduras, fibras e vitamina C. Devido à riqueza de fitoquímicos, a uva tem sido utilizada há muitos anos em terapias medicamentosas, como laxantes, carminativos, resfriados e gripes, anemias, tratamento de feridas, de alergia e de bronquite. Ademais, pelos compostos bioativos, estudos apontam sua ação antidiabética, anti-inflamatória, antimicrobiana, antienvhecimento, anti-hipertensiva, antiacne, anticancerígena, antiobesidade, anticolinérgica, entre outras (PARIHAR; SHARMA, 2021).

Os seus atributos sensoriais são muito apreciados, assim como, as vitaminas e compostos bioativos que apresentam, no entanto, no decorrer do manuseio de pós-colheita, as uvas rapidamente perdem umidade, o que causa escurecimento e secagem da raque, havendo perda de massa e quebra e murcha da baga. Esses déficits que ocorrem na pós-colheita implicam em perdas quantitativas e qualitativas, conseqüentemente resultando em perdas econômicas (PEZZUTO *et al.*, 2008; DE SIMONE *et al.*, 2020).

Para a identificação do ponto de colheita é necessário conhecimento sobre três fatores: 1) os fatores relacionados a genética, que se diferenciam conforme as características de cada cultivar; 2) fatores ambientais, que abrangem as condições climáticas, estação do ano e condições edafoclimáticas; e 3) fator referente as práticas agrícolas, ou seja, quanto ao número de dias após a brotação, índice graus-dia e evolução da cor da casca. Os fatores elencados podem acarretar mudanças físico-químicas dos frutos (EMBRAPA, 2010).

Após a colheita, o fator que implica na degradação da qualidade dos frutos e sua comercialização é a senescência, que por sua vez é uma continuação das características influenciadas por elementos endógenos e exógenos, obtido pela combinação de inúmeras sinalizações e metabolismos fisiológicos no ciclo dos vegetais (ZHANG *et al.*, 2020; EL-BELTAGI, 2022). Esse fator resulta na deterioração pós-colheita, levando ao desperdício, perda de firmeza, desidratação e alta susceptibilidade a agentes patogênicos (RANJBARAN *et al.*, 2011).

Os fitormônios são essenciais no desenvolvimento e maturação dos frutos, portanto, o conhecimento sobre esses permite que processos fisiológicos sejam retardados, por exemplo (FENN; GIOVANNONI, 2021). Nesse sentido, muitas pesquisas têm sido desenvolvidas com

o intuito de elucidar os fatores que possam promover esse retardo no amadurecimento, sem comprometer as qualidades de frutos climatéricos e não climatéricos (FARCUH *et al.*, 2019), no entanto, ainda são escassas as informações sobre esses elicitadores de amadurecimento e o envolvimento com outros fitormônios no processo de pós-colheita da uva.

Desse modo, nesta revisão, examinamos o progresso recente das novas metodologias para promover a preservação pós-colheita de frutas, especialmente sobre os efeitos benéficos no uso de melatonina e ácido salicílico em uvas de mesa sem semente.

■ QUALIDADE E CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE UVAS DE MESA

Uva de mesa

As uvas de mesa estão entre as frutas mais amplamente consumidas em todo o mundo (LIU *et al.*, 2018), com produção de 247.54 milhões de quilos somente no Brasil em 2019. Dessas, 72,06% são de uvas de mesa rústica, ou seja, americana ou híbrida, 27,1% são de uvas finas de mesa e apenas 0,74% é destinada à indústria (MELLO; MACHADO, 2021).

Inúmeras cultivares são encontradas, mas as principais variedades para consumo in natura no país são as ‘Niágara Rosada’ (rústica) e a ‘Itália’. O cultivo de uvas sem semente tem se intensificado, e as primeiras introduzidas no mercado foram a ‘Superior Seedless’, a ‘Crimson Seedless’, e a ‘Thompson Seedless’, atualmente essas estão sendo substituídas gradativamente por cultivares mais adaptadas e mais produtivas, como a ‘Arra 15’, a ‘BRS Iris’, a ‘BRS Núbia’ e a ‘BRS Vitória’, essa última em especial, com ampla possibilidade de cultivo em larga escala (MELLO; MACHADO, 2021).

‘BRS Vitória’

O Programa de Melhoramento Genético “Uvas do Brasil” da Embrapa Uva e Vinho, vem desenvolvendo, desde 1997, novas cultivares de uva para mesa e para a indústria, com a finalidade de tornar o país um forte exportador da fruta (RITSCHHEL; SEBBEN, 2010; EMBRAPA, 2014).

Entre os anos 2012 e 2013, o Programa lançou três cultivares para mesa, entre elas a cultivar ‘BRS Vitória’, que no ano de 2004, teve seu cruzamento realizado entre a CNPUV 681-29’ (‘Arkansas 1976’ x ‘CNPUV 147-3’ - ‘Niágara Branca’ x ‘Vênus’) e a ‘BRS Linda’. A partir do seu desenvolvimento, as plantas foram enxertadas em parreirais no município de Jales, São Paulo, e agora atendem toda as regiões do país. Atualmente a ‘BRS Vitória’ é a cultivar de uva brasileira que mais fornece frutos em quantidade, atendendo exigências do mercado

externo, principalmente do mercado europeu (MAIA *et al.*, 2012; MAIA *et al.*, 2013; RITSCHER *et al.*, 2013; MAIA *et al.*, 2016).

Durante seu desenvolvimento vegetativo, diversas avaliações produtivas foram realizadas a partir da primeira colheita, cujos resultados apontaram para uma cultivar vigorosa, com aceleração de desenvolvimento e na formação da planta, já no primeiro ano de cultivo (MAIA *et al.*, 2016).

Além disso, a cultivar apresenta bom desempenho agrônomico e ampla adaptação climática, com ciclo precoce, alta fertilidade de gemas, podendo produzir até dois cachos por ramo, com tolerância principalmente ao míldio, que é a doença de maior importância econômica para a videira, (MAIA *et al.*, 2016; SOUZA *et al.*, 2018; ZILIO *et al.*, 2019).

Os cachos e bagas da 'BRS Vitória' apresentam elevado potencial glucométrico, atingindo mais de 18 °Brix, com elevada acidez, de tamanho médio (20 mm x 28 mm) e formato esférico. A coloração da baga é preto-azulada, apresentando película esparsa e resistente, com polpa incolor, firme e de sabor aframboesado, por ser uma cultivar de uva apirênica, seus frutos não possuem sementes e os cachos podem pesar cerca de 290g em cultivos realizados em regiões de clima tropical. A produtividade da cultivar pode alcançar até 30 toneladas (SOUZA *et al.*, 2018; ZILIO *et al.*, 2019).

Substâncias aplicadas durante a pré-colheita e pós-colheita

Inúmeros fatores podem levar a perda da qualidade dos frutos, mas o distúrbio metabólico secundário ocasionado pela distribuição desproporcional de energia é nocivo para as frutíferas e hortaliças pós-colheita, pois são capazes de impulsionar outros estresses secundários, entre eles, o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ROS), compreendendo o oxigênio (O_2), radical superóxido (O_2^-), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e radical hidroxila ($HO\cdot$), capazes de afetar os ácidos nucleicos, proteínas e as frações lipídicas das células vegetais (AGHDAM *et al.*, 2018).

Em específico, as videiras são importantes fontes de compostos fenólicos, que ao decorrer do estágio de maturação podem apresentar concentrações alteradas, e as suas bagas são compostas por polifenóis, divididos em duas categorias, os flavonoides (antocianinas, flavan-3-óis, taninos condensados e flavonoides) e os compostos não flavonoides (ácidos fenólicos e estilbenos), e estes polifenóis, têm ligação com a natureza perecível das frutas, atraindo a atenção dos pesquisadores em todo mundo, despertando o interesse de buscar novas alternativas para manter a qualidade dos frutos pós-colheita no processo de armazenamento, preservação e transporte (COLOMBO *et al.*, 2018).

Nesse sentido, a natureza perecível das frutas atrai a atenção dos pesquisadores em todo mundo, despertando o interesse de buscar novas alternativas para manter a qualidade

dos frutos pós-colheita no processo de armazenamento, preservação e transporte (ZHANG *et al.*, 2020). Alguns métodos, como o armazenamento a frio, uso de embalagens e revestimentos diferenciados, imersão em substâncias e aplicação via pulverização tem sido cada vez mais aprimorado (GUERRA *et al.*, 2016).

Além desses métodos, destaca a aplicação de diferentes substâncias durante a pré e pós-colheita das frutas (ZHANG *et al.*, 2020), como os reguladores de crescimento de plantas ou de moléculas sinalizadoras endógenas, de forma independente ou em combinações. Como exemplo, nas uvas cita-se o uso de benzilaminopurina, o ácido indolbutírico, o ácido giberélico, o ácido salicílico, o ácido oxálico (AO), a melatonina (MLT), o óxido nítrico (NO), o sulfeto de hidrogênio (H₂S), os jasmonatos (JAs) e as poliaminas (PA) (BLANCQUAERT *et al.*, 2019; TARINEJAD; AMIRI, 2019; ZHANG *et al.*, 2020; IBRAHIM *et al.*, 2020).

Dentre essas mencionadas, nos próximos subtópicos serão tratadas com maior propriedade, a melatonina, o ácido salicílico devido à resultados promissores já encontrados por meio do manuseio da tecnologia de pós-colheita em frutos.

Conforme (MOHAMAD; ZEHOURI, 2022), demonstrou que a aplicação de SA e OA induziram positivamente a melhoria das características físicas das bagas, cachos e raquis, controlando a podridão pós-colheita, retardou perdas no armazenamento de uvas sem semente “Tompson Seedles”, e reduziu a contaminação por fungos durante o armazenamento.

Em *R. Roxburghii*, o uso de melatonina exógena promoveu, a manutenção da qualidade pós-colheita do fruto, por meio do aumento da capacidade antioxidante e o nível energético, assim como, aumentou os níveis de expressão da biossíntese do ácido l-ascórbico (AsA), proporcionando a síntese e a reciclagem do AsA (DONG *et al.*, 2022).

Nos últimos anos, a aplicação exógena de MLT em frutos de tomate, aumentou a produção de frutos, dos seus atributos qualitativos, englobando os sólidos solúveis totais (SST), ácido ascórbico e licopeno (CHAVAN; SAKHALE, 2020).

E conforme evidenciado em pesquisas com frutos de pêra, a aplicação de MLT exógena regulou a atividade da invertase ácida vacuolar, da invertase neutra e da sacarose sintase (indicadores enzimáticos do desenvolvimento e amadurecimento nos frutos), que estão associados ao metabolismo, síntese e quebra da sacarose e, isso gera influência direta no conteúdo de sacarose, glicose frutose, e a MLT interferiu positivamente no aumento dos açúcares redutores e solúveis que indiretamente influenciam no sabor dos frutos (LIU *et al.*, 2019).

Além disso, determinadas práticas podem influenciar diretamente no metabolismo primário e secundário das bagas de uvas, como técnicas agrônômicas, condições climáticas, aplicação de substâncias exógenas, pragas e doenças e a própria genética das videiras, e por este motivo, pesquisadores e produtores buscam ferramentas confiáveis para obter

melhores tipos de cachos de uvas de mesa, com objetivo de atender as expectativas do mercado (JIANG, *et al.*, 2022).

Melatonina

No ano de 1995, a melatonina (MLT) vegetal foi identificada pela primeira vez em plantas vasculares, classificadas como pteridófitas, gimnospermas e angiospermas. Com estrutura N-acetil-5-metoxitriptamina, semelhante à do ácido indol-3-acético, a MLT chamou atenção dos pesquisadores, que buscaram esclarecer suas funções e ações nos vegetais (HATTORI *et al.*, 1995; ARNAO; HERNANDEZ-RUIZ, 2019).

A sua identificação inicial se deu pela via da serotonina, sendo catalisada pela serotonina N-acetiltransferase (SNAT)/arilalquilamina N-acetiltransferase (AANAT) para formar N-acetil-serotonina, e, então, N-acetil-serotonina é metilada para gerar a melatonina mediada pela N-acetil-serotonina metiltransferase (ASMT)/hidroxiindol-O-metiltransferase (HIOMT) (DUN-XIAN, 2015).

A MLT se mostrou um importante regulador de crescimento vegetal, semelhante ao hormônio vegetal, devido ao triptofano ser uma fonte de substrato para o ácido indol-3-acético (IAA) nas plantas. Além disso, a MLT possui um papel protetor na biossíntese da clorofila sob estresses abióticos, o que pode estar associado a sua capacidade antioxidante e interação na expressão gênica entre enzimas e o regulador do catabolismo da clorofila, influenciando nos tecidos senescentes (PRUŽINSKÁ *et al.*, 2003; WANG *et al.*, 2017; ARNAO; HERNANDEZ-RUIZ, 2019).

Pela capacidade antioxidante que apresenta, a MLT atua no controle de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio (ROS e RNS) em plantas, desempenhando função indispensável na estabilidade das membranas biológicas. Assim como, envolve-se nos processos fisiológicos, como os eventos metabólicos de germinação, enraizamento, crescimento, mecanismos da fotossíntese, osmorregulação e nas respostas a estímulos de estresse abióticos e bióticos (GALANO *et al.*, 2012).

Nos vegetais, a biossíntese da MLT ocorre tanto no cloroplasto quanto na mitocôndria, iniciando-se com o triptofano, e é descarboxilada para formar triptamina. Na segunda etapa, a triptamina é hidroxilada na quinta posição do anel indol para formar 5-hidroxitriptamina (serotonina). Na etapa três, a serotonina é convertida em N-acetil serotonina pela N-acetil transferase e finalizando o processo, a última etapa consiste na melatonina com a ajuda da N-acetil serotonina metil transferase (REITER *et al.*, 2016).

Existem evidências que a MLT exógena modifica expressivamente a biossíntese dos polifenóis em frutos, aumenta os teores de flavonóides, dentre esses os flavonóis, flavanóis, antocianinas e proantocianidinas, e os compostos não-flavonóides, como os ácidos fenólicos,

coutárico e didroxibenzóico e estilbenos/resveratrol, que possuem funções vitais em resposta a fatores abióticos (LIANG *et al.*, 2018).

Pesquisas realizadas com o tratamento exógeno de MLT em frutíferas tem colaborado para regular o metabolismo de espécies reativas, e controlar o dano oxidativo (LI *et al.*, 2017; CAO *et al.*, 2018), assim como, contribui para melhorias na tolerância ao frio durante o armazenamento (CAO *et al.*, 2018; AGHDAM *et al.*, 2019), inibe a ação do mofo cinzento, prolongando a vida útil dos frutos e retarda a descoloração da polpa e casca durante o armazenamento (ZHAI *et al.*, 2018). Deste modo, o uso da MLT pode ser capaz de promover de forma significativa a preservação pós-colheita. No entanto, torna-se necessário analisar os métodos de tratamento e suas respectivas dosagens conforme cada espécie de frutífera e hortaliças.

Ácido Salicílico (SA)

O ácido salicílico (SA), foi isolado pela primeira vez no ano de 1828, em espécies de salgueiros, o que deu origem ao seu nome, do latim *Salix*. Em 1874, na Alemanha, ocorreu a primeira produção comercial do SA sintético (RASKIN, 1992; ARIF *et al.*, 2020).

O ácido salicílico ou ácido 2-hidroxibenzóico (C₇H₆O₃) é considerado um composto fenólico e possui inúmeras atribuições nas espécies vegetais, por exemplo: atuando como regulador de crescimento; apresentando capacidade antioxidante em plantas vasculares; impulsionando processos fisiológicos, que auxiliam nas atividades enzimáticas, na indução de compostos de defesa e no processo de disponibilidade de nutrientes (ABDELAL, 1981; VAZIRIMEHR; RIGI, 2014).

O SA é um fitormônio, que articula de forma eficiente sobre os estresses bióticos e abióticos dos vegetais, auxiliando na capacidade de aperfeiçoar a qualidade e o armazenamento dos frutos (ZHANG *et al.*, 2003). Outras ações importantes ocorrem no aumento da firmeza, na intensificação do aroma, na melhora do sabor, na redução das lesões ocasionadas pelo frio, no retardamento do amadurecimento, na alteração do pigmento, na redução do escurecimento dos frutos e na retenção da peroxidação lipídica das membranas, o que o torna um potencial fitormônio para manutenção de qualidade dos frutos (WANG *et al.*, 2022).

A síntese do SA nas plantas ocorre por duas vias enzimáticas diferentes, a via fenilpropanóides, onde o ácido benzoico é convertido em SA pela enzima ácido benzoico-2-hidroxilase (KAWANO; BOUTEAU, 2013), e pela via do corismato, que é convertido pela enzima sintase do isorismato a isocorismato, sendo transformado em SA pela enzima isocorismato piruvato liase. Após a sua produção, o SA pode ser representado em três formas, glicosilada, metilada ou ambas. Essas representações podem se estruturar conforme

o comportamento dos grupos de íons, e podem ser translocadas via floema (RASKIN, 1992; KAWANO; BOUTEAU, 2013; ARIF *et al.*, 2020).

Por ser uma molécula fenólica, o SA contribui para o desenvolvimento do ciclo fisiológico das plantas e o seu nível nos vegetais é variado, no quesito espécie, órgãos, localização subcelular, e sua concentração efetiva depende do estágio de desenvolvimento e das condições ambientais que está submetida (ARIF *et al.*, 2020).

Essa variação motivou inúmeras pesquisas na área, algumas com objetivo de controlar a decomposição e retardar a senescência dos frutos na pós-colheita. Experimentos com uvas de mesa, tangerina (ENNAB *et al.*, 2020), goiabas (FAN *et al.*, 2022), tomate (CHAVAN; SAKHALE, 2020), damasco (BATOOL *et al.*, 2022), pera (WANG *et al.*, 2022) e pêssigo (YANG *et al.*, 2020) já são relatadas na literatura.

■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe uma crescente tendência mundial em estudar alternativas inovadoras que amenize as perdas da qualidade na pós-colheita, por meio de métodos que não cause efeitos colaterais na saúde humana. As pesquisas tem buscado técnicas que possam interferir nas propriedades físicas, químicas e bioquímicas das uvas de mesa, a fim de controlar a peroxidação lipídica, diminuir a redução da podridão da ráquis, cachos e bagas, assim como, atuar na manutenção da qualidade nutricional e nos compostos como antocianinas, flavonóis e sólidos solúveis totais.

A perecibilidade das frutas atrai a preocupação dos viticultores em todo o mundo, devido aos prejuízos envolvidos no processo desde o manejo no campo até a comercialização dos frutos. Nesse contexto, a aplicação de substâncias exógenas em diversas frutíferas, em especial em uvas de mesa, tem demonstrado eficácia na ativação das vias de sinalização hormonais e nas vias de defesa, tornando-se uma forma adequada e emergente de pesquisa.

Quando se trata do uso de MLT e SA em uvas de mesa sem semente, em particular a 'BRS Vitória', verifica-se que a MLT é capaz de se tornar um grande potencial agrônômico, por ser um regulador mestre, onde este contribui de forma substancial na redução de estresses causados pela salinidade, seca, temperaturas intensas, no retardo da senescência, nas fases antogenéticas que envolve o crescimento e diferenciação que decorrer em alterações na função e morfologia das plantas, e deste modo, afetar a vida pós-colheita das frutas. E O SA, por sua vez, demonstrou possuir fundamental importância nos processos fisiológicos relacionados a regulação do crescimento e desenvolvimento das plantas e é considerado um elemento sinalizador de resistência a patógenos, sugerindo um aumento da qualidade das frutas.

No entanto, é essencial uma análise mais profunda sobre a atuação de cada fitohormônio e suas particularidades, dando ênfase nas uvas de mesa sem semente.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (2019/27227-1), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (307571/2019-0) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (88887.669927/2022-00 e 88882.438338/2019-01), pelo apoio financeiro.

■ REFERÊNCIAS

ABDELAL, H. R. Acetyl salicylic acid as a promising fungicide for controlling certain fungi. **Egyptian Journal of Phytopathology**, v. 13, n. 1-2, p. 19-22, 1981.

AGHDAM, A. M. S. JANNATIZADEH, Z. LUO, G. Paliyath Ensuring sufficient intracellular ATP supplying and friendly extracellular ATP signaling attenuates stresses, delays senescence and maintains quality in horticultural crops during postharvest life. **Trends in Food Science & Technology**, v. 76, p. 67-68, 2018.

AHMAD, I. Z. et al. Food Enzymes in Pharmaceutical Industry: Perspectives and Limitations. In: KUDDUS, M. (Ed.). **Enzymes in Food Technology**. Singapore: Springer, p.41-62, 2018.

ARIF, Y. et al. Salicylic acid in relation to other phytohormones in plant: A study towards physiology and signal transduction under challenging environment. **Environmental and Experimental Botany**, v. 175, p. 1-19, 2020.

BATTOOL, M. et al. Effect of oxalic acid and salicylic acid treatments on the post-harvest life of temperate grown apricot varieties (*Prunus armeniaca*) during controlled atmosphere storage. **Food Science and Technology International**, v. 28, n. 7, p. 557-569, 2022.

CAO, S. et al. Melatonin increases chilling tolerance in postharvest peach fruit by alleviating oxidative damage. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1-11, 2018.

DE SIMONE, N. et al. *Botrytis cinerea* and Table Grapes: A Review of the Main Physical, Chemical, and Bio-Based Control Treatments in Post-Harvest. **Foods**, v. 9, n. 9, p. 1-24, 2020.

DONG, B. et al. Exogenous melatonin maintains quality of postharvest *Rosa roxburghii* fruit by modulating reactive oxygen species metabolism and energy status. **Scientia Horticulturae**, v. 304, p. 111346, 2022.

DUN-XIAN, TAN. Melatonin and plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 3, p. 625–626, 2015.

EL-BELTAGI, H. S. et al. Exogenous Postharvest Application of Calcium Chloride and Salicylic Acid to Maintain the Quality of Broccoli Florets. **Plants**, v. 11, n. 1513, p. 1-15, 2022.

EMBRAPA. **Cultivo da Videira**: Colheita e pós-colheita. Rio Grande do Sul, 2010. Disponível em: http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spuva/colheita.html. Acesso em: 06 dez. 2022.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Uva e Vinho. **Programa de Melhoramento Genético 'Uvas do Brasil'**. Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/uva-e-vinho/programa-uvras-do-brasil>. Acesso em: 06 dez. 2022.

ENNAB, H. A.; EL-SHEMY, M. A.; ALAM-ELDEIN, S. M. Salicylic acid and putrescine to reduce post-harvest storage problems and maintain quality of murcott mandarin fruit. **Agro-nomy**, v. 10, n. 1, p. 1-15, 2020.

FAN, S. et al. Melatonin Treatment Improves Postharvest Preservation and Resistance of Guava Fruit (*Psidium guajava* L.). **Foods**. v. 11, n. 3, p. 262, 2022.

FARCUH, M. et al. Hormone balance in a climacteric plum fruit and its non-climacteric bud mutant during ripening. **Plant Science**, v. 280, p. 51-65, 2019.

FENN, M. A.; GIOVANNONI, J. J. Phytohormones in fruit development and maturation. **The Plant Journal**, v. 105, n. 2, p. 446-458, 2021.

GUERRA, I. C. D. et al. The effects of composite coatings containing chitosan and Mentha (*piperita* L. or x *villosa* Huds) essential oil on postharvest mold occurrence and quality of table grape cv. Isabella. **Innovative Food Science and Emerging Technologie**, v. 34, p. 112-121, 2016.

GUERRA, I. C. D. et al. The effects of composite coatings containing chitosan and Mentha (*piperita* L. or x *villosa* Huds) essential oil on postharvest mold occurrence and quality of table grape cv. Isabella. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 34, p. 112-121, 2016.

HASSAN, H. A.; AL-RAWI, M. M. Grape seeds proanthocyanidin extract as a hepatic-re-no-protective agent against gibberellic acid induced oxidative stress and cellular alterations. **Cytotechnology**, v. 65, p. 567-576, 2013.

HATTORI, A.; MIGITAKA, H.; IIGO, M. Identification of melatonin in plants and its effects on plasma melatonin levels and binding to melatonin receptors in vertebrates. **Biochemistry and Molecular Biology International**, v. 35, n. 3, p. 627-634, 1995.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola 2020**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 21 jan. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola 2020**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 21 jan. 2023.

JAYARAJAN, S.; SHARMA, R. R. Melatonin: A blooming biomolecule for postharvest management of perishable fruits and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v. 116, p. 318-328, 2021.

JIANG, Y.; SAM, F. E.; LI, J.; BI, Y.; MAE, T.; ZHANG, B. Pre-Harvest benzothiadiazole spraying promotes the cumulation of phenolic compounds in grapes. **Foods**, v. 11, n. 21, p. 1-16, 2022.

KAWANO, T.; BOUTEAU, F. Salicylic Acid-Induced Local and Long-Distance Signaling Models in Plants. In: BALUŠKA, F. (Ed.) Long-Distance Systemic Signaling and Communication in Plants. **Signaling and Communication in Plants**, v. 19, p. 23-52, 2013.

KHAN, N. et al. Grape production critical review in the world. **SSRN Electronic Journal**, p. 1-55, 2020.

LI, H. et al. Local melatonin application induces cold tolerance in distant organs of *Citrullus lanatus* L. via long distance transport. **Scientific Reports**, v. 7, n. 40858, p. 1-15, 2017.

LI, L. et al. Influences of Two Plant Growth Regulators on the Fruit Quality of the 'Crimson Seedless' Grapes. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 42, p. 771-779, 2022.

LIANG, D. et al. Exogenous melatonin application delays senescence of kiwi fruit leaves by regulating the antioxidant capacity and biosynthesis of flavonoids. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 1-14, 2018.

Liu, J., Yue, R., Si, M. et al. Effects of Exogenous Application of Melatonin on Quality and Sugar Metabolism in 'Zaosu' Pear Fruit. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 38, p. 1161-1169, 2019.

LIU, Q. et al. Comparison of antioxidant activities of different grape varieties. **Molecules**, v. 23, n. 10, p. 1-17, 2018.

MAGRIS, G. et al. The genomes of 204 *Vitis vinifera* accessions reveal the origin of European wine grapes. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, p. 1-12, 2021.

MAIA, J. D. G. et al. 'BRS Núbia': nova cultivar de uva de mesa com sementes e coloração preta uniforme. **Comunicado Técnico da Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, n. 139, 2013.

MAIA, J. D. G. et al. 'BRS Vitória' – Uva para Mesa, sem Sementes, de Sabor Especial e Tolerante ao Míldio. **Comunicado Técnico da Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, n. 129, 2016.

MAIA, J. D. G. et al. 'BRS Vitória': nova cultivar de uva de mesa sem sementes com sabor especial e tolerante ao míldio. **Comunicado Técnico da Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, n. 126, 2012.

MAIA, J. D.; CAMARGO, U. A. **O cultivo da videira Niágara Rosada no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

MELLO, L. M. R.; MACHADO, C. A. E. Vitivinicultura brasileira: panorama 2020. **Comunicado Técnico da Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, n. 223, 2021.

MELO, L. M. R.; MACHADO, C. A. E. Vitivinicultura brasileira: panorama 2019. **Comunicado Técnico da Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, n. 214, jul. 2020.

MOHAMAD, A. A.; AL-ZEHOURI, J. The effect of the boiling process on the oxalic acid content of some vegetables in the Syrian local market. **Pharmacy and Technology Research Journal**, v. 14, n. 10, p. 5341-5344, 2021.

- MOURA, M. F.; HERNANDES, J. L.; JÚNIOR, M. P. Uvas de interesse econômico para vinificação e consumo *in natura*. **Revista Visão Agrícola**, n. 14, p. 8-14, 2021.
- OLIVEIRA, G. L. et al. Genetic structure and molecular diversity of Brazilian grapevine germplasm: Management and use in breeding programs. **Plos One**, v. 15, n. 10, p. 1-26, 2020.
- PARIHAR, S.; SHARMA, D. A Breif Overview on *Vitis vinifera*. **Scholars Academic Journal of Pharmacy**, v. 10, n. 12, p. 231–239, 2021.
- PEARSON, H. M. Parthenocarpy and seedless in *Vittis vinífera*. **Science**, v. 76, n. 1982, p. 594, 1932.
- PEZZUTO, J. M. Grapes and human health: A perspective. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 16, p. 6777-6784, 2008.
- RANJBARAN, E. et al. Effect of salicylic acid on storage life and postharvest quality of grape (*Vitis vinifera* L. cv “Bidaneh safi”). **Journal of the Faculty of Agriculture**, v. 56, n. 2, p. 263-269, 2011.
- RANJBARAN, E. SARIKHANI, H. WAKANA A and BAKHSHI D. Effect of salicylic acid on storage life and postharvest quality of grape (*Vitis vinifera* L. cv “Bidaneh safi”). **Journal of the Faculty of Agriculture**, v. 56, n. 2, p. 263–269, 2011.
- RASKIN, I. Role of salicylic acid in plants. **Annu. Rev. of Plant Physiol. Plant Mol. Biol.**, v. 43, n. 1, p. 439-463, 1992.
- RITSCHHEL, P. S. et al. ‘BRS Isis’ Nova cultivar de uva de mesa vermelha, sem sementes e tolerante ao míldio. **Comunicado Técnico da Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, n. 143, 2013.
- RITSCHHEL, P.; SEBEN, S. de S. **Embrapa Uva e Vinho: novas cultivares brasileiras de uva**. Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, 2010.
- RUI, Z. et al. Melatonin limited ethylene production, softening and reduced physiology disorder in pear (*Pyrus communis* L.) fruit during senescence. **Postharvest Biology and Technology**, v. 139, n. 45, p. 38-46, 2018.
- SOUZA, R. T. et al. Frequency of fungicide application for controlling downy mildew in seedless grape plant ‘BRS Vitória’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 3, p. 1-7, 2018.
- TAN, D. X.; REITER, R. J. **An evolutionary view of melatonin synthesis and metabolism related to its biological functions in plants**. **Journal of Experimental Botany**, v. 71, n. 16, p. 4677-4689, 2020.
- TARINEJAD, A. R.; AMIRI, S. Influence of plant growth regulators, carbohydrate source and concentration on micropropagation and other physiological traits of grape (*Vitis vinifera* L. cv. Shahroudi) under *in vitro* conditions. **Journal of Plant Physiology and Breeding**, v. 9, n. 1, p. 75-82, 2019.
- TEIXEIRA, A. et al. Natural bioactive compounds from winery by-products as health promoters: A review. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 15, n. 9, p. 15638-15678, 2014.
- VAZIRIMEHR, M. R.; RIGI, K. Effect of salicylic acid in agriculture. **International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences**, v. 4, n. 2, p. 291-296, 2014.

- WALKER, A. et al. Grape Taxonomy and Germplasm. *In*: CANTU, D., WALKER, M. (Eds.). **The Grape Genome**. Compêndio de Genomas Vegetais. Springer, Cham, p. 25-38, 2019.
- WANG, J. et al. The effects of salicylic acid on quality control of horticultural commodities. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 50, n. 2-3, p. 99-117, 2022.
- WANG, L. et al. Role of exogenous melatonin in table grapes: First evidence on contribution to the phenolics-oriented response. **Food Chemistry**, v. 329, p. 1-9, 2020.
- XIANG, Q. et al. Microbial inactivation and quality of grapes treated by plasma-activated water combined with mild heat. **Food Science and Technology**, v. 126, p. 1-7, 2020.
- YANG, J.; MARTINSON, T. E.; LIU, R. H. Phytochemical profiles and antioxidant activities of wine grapes. **Food Chem**, v. 116, n. 1, p. 332–339, 2009.
- ZHANG, Z. et al. Nitric oxide treatment maintains postharvest quality of table grapes by mitigation of oxidative damage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 152, p. 9-18, 2019.
- ZILIO, R. A. et al. Cultivo protegido das uvas de mesa sem sementes ‘BRS Vitória’ e ‘BRS Isis’ na região da Serra Gaúcha. **Circular Técnico da Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, n. 143, 2019.

MONITORAMENTO DA INCIDÊNCIA DE NEMATOIDES EM POMAR CONVENCIONAL DE MAÇÃ NA SERRA CATARINENSE COM TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO

| **Eduarda Lessa de Araújo de Souza**

Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC

| **Fernando Domingos Zinger**

Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC

| **Angelo Oliveira Gonçalves**

Universidade Estadual de Santa Cruz

| **Lilian Katiany Castello Rabello Zinger**

Alma Orgânica- produtora rural

| **Paloma Luany Castello Rabello**

Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC
Centro de Ciências Agroveterinárias - CAV

| **Roberto Akitoshi Komatsu**

Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC

| **Marisa Santos Sanson**

Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC

| **Fábio Ramos Alves**

Universidade Federal do Espírito Santo - UFES
Centro de Ciências Agrárias e Engenharias - CCAE

RESUMO

A cultura da maçã é de extrema importância para os estados do sul do Brasil, especialmente no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, que concentram a maior parte da produção do país. O patógeno estudado (nematóide de galha) apresenta alta adaptabilidade quanto sua presença em culturas e locais, sendo considerado como parasita com potencial de causar danos e influenciar na produtividade das áreas infestadas. Considerando isso, e a escassez de trabalhos e dados numéricos e espaciais referentes à cultura da maçã até o momento no estado de Santa Catarina, o presente trabalho teve como objetivo utilizar técnicas de sensoriamento remoto aliadas à coletas de informações a campo e análises laboratoriais para atestar a aplicabilidade destas metodologias no monitoramento da incidência de nematóides em pomar convencional de maçã na Serra Catarinense localizado no município de Paineira - SC. Os dados gerados foram capazes de atestar a aplicabilidade de imagens de satélite para o mapeamento de doenças a campo e correlacionar a dependência espacial das reboleiras identificadas por imagens de satélite como sendo causadas por conta da ação de nematóides na área, atestando a heterogeneidade do desenvolvimento da doença a campo e tendo como maior foco de infestação de nematoides uma estimativa populacional de 4224 indivíduos presentes em cada 100 gramas de solo no quarto ponto analisado.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Maçã, Nematóides, Agricultura de Precisão.

■ INTRODUÇÃO

A macieira (*Malus domestica*) é uma planta da família das rosáceas de ciclo perene, com porte arbóreo e ciclo de vida média de 20 anos. Apresenta algumas peculiaridades quanto à exigências de frio para superação de dormência, solos com boa profundidade e fertilidade alta capacidade de drenagem (PETRI, 2008). Teve seu primeiro cultivo com caráter comercial no Brasil em meados de 1926, sendo apontado o município de Valinhos-SP como o local da propriedade e a cultivar escolhida sendo a Ohio Beauty.

No Brasil são produzidas aproximadamente 1,3 milhões de toneladas de maçã por ano, distribuídas nos cinco estados citados anteriormente. Segundo o IBGE (2022), o estado de Santa Catarina destaca-se como primeiro lugar neste ranking com uma produção anual de 635 mil toneladas, seguido por Rio Grande do Sul com 628 mil toneladas, Paraná com 30 mil toneladas, São Paulo com quatro mil toneladas e Minas Gerais também com quatro mil toneladas produzidas. Sendo assim, Santa Catarina configura 49% do total produzido nacionalmente de maçã.

Segundo o histórico regional, no estado do Rio Grande do Sul, no ano de 1948, já existiam pomares com a cultivar Valinhense (Ohio Beauty) em outras propriedades no município de Caxias do Sul, tendo sequência no município de Veranópolis, onde foi plantada a cultivar José Bin. Diante dos resultados obtidos ao longo do desenvolvimento da cadeia produtiva no sul do país, em 1968, o Secretário da Agricultura de Santa Catarina vigente, Sr. Luiz Gabriel, submeteu um projeto voltado para o desenvolvimento desta atividade no Estado, sendo sucedido em dezembro do mesmo ano, pela criação do Profit – Projeto de Fruticultura de Clima Temperado através da Lei nº 4.263. (PETRI *et al.*, 2011).

Desde sua implementação, o cultivo da maçã se expandiu em seus territórios e segundo dados extraídos da Epagri/Ciram em uma reportagem apresentada em abril de 2022, por meio do mapeamento por imagens de satélite dos 15.684 hectares de pomares de maçã presentes em Santa Catarina, foi atestado que o município de São Joaquim se consolidou com a maior área plantada e conseqüentemente se tornou o produtor da fruta no Brasil com maior capacidade produtiva, com uma área estimada de 8.692 hectares, correspondendo com a participação de 26% entre a soma dos pomares de maçã do país.

A pesquisa também ajudou a consolidar o posto de Santa Catarina na liderança da cadeia produtiva de Maleicultura, reafirmando os levantamentos do IBGE em que o estado responde por cerca de 48% da área plantada no Brasil, apresentando como um diferencial o fato de que Santa Catarina faz parte da única região do mundo a erradicar efetivamente a *Cydia 11 pomonella*. A praga, também conhecida como traça da maçã, pode gerar prejuízos expressivos aos produtores rurais e não é identificada no território catarinense há quase dez anos.

A pesquisa constatou que a produção em Santa Catarina se concentra em 30 municípios. Cinco deles representando a fração de 82% da área cultivada total do estado: São Joaquim (55%), Fraiburgo (11%), Bom Jardim da Serra (8%), Urubici (4%) e Urupema (4%). Os cinco produtores mais presentes de Santa Catarina totalizam 12.913 hectares, correspondendo a 39% de toda área do país. No Brasil, a área total de maçã está estimada em torno de 32.900 hectares, segundo o último levantamento do IBGE referente ao levantamento da produção agrícola de 2021.

Segundo dados extraídos da plataforma da Epagri/Cepa estima que a safra 2021/22 de maçã em Santa Catarina seja 4,5% menor que o ciclo agrícola anterior, com redução de 5,07% na produtividade média. A queda reflete em fatores como a estiagem, que baixou em 13,55% as estimativas iniciais de colheita dos analistas (EPAGRI, 2022).

Devido a fatores ambientais, agrônômicos e econômicos os levantamentos agrícolas acompanhados pela espacialização dos dados passaram a ser nos últimos tempos uma necessidade, pois transformam-se em informações estratégicas essenciais para a tomada de decisões voltadas ao planejamento, previsão de safra (BÉGUÉ *et al.*, 2018). Atualmente, os levantamentos agrícolas são processados de forma declarativa por órgãos oficiais e fornecidos por dados apenas numéricos, não permitindo a visualização da distribuição da cultura pelo espaço físico de forma integral. Como uma alternativa a esta situação, com a utilização de sistemas de informação geográficos e captura de imagens orbitais, os levantamentos podem ser elaborados de forma ágil e os resultados podem ser mensurados e especializados simultaneamente, possibilitando a representação espacial dos dados (BÉGUÉ *et al.*, 2018).

Portanto, com o engajamento das geotecnologias nos sistemas atuais de levantamentos agrícolas, estas análises têm sido possíveis, apanhando dados como estimativa da área plantada e produtividade agrícola de forma rápida e eficaz através da utilização dos dados orbitais (THENKABAIL *et al.*, 2015). A praticidade dos mecanismos de sensoriamento remoto permitem uma melhor ciência da dimensão das áreas, localizações geográficas, além de apontar ser uma boa estratégia para o planejamento de manejo e monitoramento agrícola (BELWARD; SKØIEN, 2015).

Os nematóides de galha são amplamente conhecidos por sua capacidade de interações e estabelecimento de conexão entre fungos causadores de doenças (KHAN *et al.*, 2010). Devido ao seu parasitismo migratório, os nematóides de galha tornam as raízes suscetíveis ao ataque de outros microrganismos presentes no solo como fungos e bactérias. As mudas plantadas em solo infestado geralmente não atingem o tamanho normal.

Segundo Khan *et al.* (2013) o potencial de crescimento das macieiras é reduzido em cerca de 15 a 43% nos pomares infestados por *Meloidogyne* quando comparados com

árvores cultivadas em áreas sem a manifestação do nematóide. Sendo assim, a produção de frutos é reduzida nas árvores que se encontram em pomares com altos índices de infecção.

Dados numéricos e espaciais referentes à cultura da maçã ainda são escassos no estado de Santa Catarina. Entretanto, com o advento de satélites com alta resolução espacial e temporal como o Sentinel-2B e Cbers-4, o processo de identificação e mapeamento atualmente se torna viável, principalmente pelo fato deste estado apresentar uma estrutura fundiária composta majoritariamente por pequenas áreas e pequenos pomares (TRABAQUINI *et al.*, 2021).

O presente trabalho teve como objetivo monitorar a incidência de nematóides de galha em pomares convencionais de maçã na Serra Catarinense por meio da aplicação de técnicas de sensoriamento remoto.

■ DESENVOLVIMENTO

A pesquisa possui caráter quantitativo, com amostragem randômica e representativa para a área do pomar, tendo como instrumentos de pesquisa utilizados: entrevista direta com o produtor (com relação aos tratos culturais), análises laboratoriais e formulação de mapas.

As discussões dos resultados foram pautadas em uma estatística descritiva utilizando uma forma de coleta de dados na modalidade contínua.

Coleta de Dados

No dia 03/11/2022 foi realizada uma visita à propriedade, e em uma conversa com o proprietário e o arrendatário, foram coletadas as seguintes informações: as mudas que apresentaram sinais do patógeno utilizavam o porta-enxerto Maruba direto e eram das cultivares Fuji e Maxi Gala.

Foram coletados em 10 pontos ao longo da propriedade, amostras de solo e raízes em uma profundidade de 0 - 20 cm com enxadão (amostragem simples) - sendo acondicionadas em sacos de plástico devidamente identificados e reservadas em geladeira para processamento nos laboratórios do IFSC Campus Lages.

Imagem 1. Pomar localizado na cidade de Painei - SC sob as coordenadas: (S) -27.922823868433877, (W) -50.078507004799924.



Fonte: <https://www.google.com/maps/place/Painei+-+SC,+88543-000/@-27.9248857,-50.0794726,684m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x951ff7b61f04457b:0x22f0a675b0a741b6!8m2!3d-27.9234086!4d-50.1012354>.

Imagem 2. Pontos amostrais na área.



Fonte: Dados gerados pela autora, 2022.

O critério de seleção para os pontos de coleta se baseia na avaliação de plantas que apresentassem alguma característica visual de anomalias fisiológicas em seu desenvolvimento vegetativo condizentes com os efeitos da presença e manifestação dos nematóides no solo e raízes em torno da muda.

Análise Laboratorial dos Nematóides

As técnicas de processamento das amostras foram seguidas conforme o manual técnico elaborado pela Sociedade Brasileira de Nematologia (2019). Os processamentos de análise das amostras de solo foram feitos seguindo o Método de Jenkins (1964) com algumas modificações.

Separou-se o solo das raízes e com as mãos a amostra foi homogeneizada, após isso foi retirado uma amostra de 50 cm³ (50 gramas) pesada em beakers de 100 ml para o processamento. Em um becker de plástico foram adicionados 2 litros de água e a alíquota de solo para serem solubilizadas. A suspensão de solo foi então passada por uma estrutura composta de 2 peneiras, sendo a primeira de 20 mesh e a segunda de 400 mesh, os sedimentos restantes que ficaram no balde foram descartados bem como as impurezas que porventura ficaram retidas na peneira de 20 mesh. Os nematóides retidos pela peneira de 400 mesh foram transferidos para tubos Falcon de 50 ml, tendo como parâmetro base a marca de 40 ml preenchida com um pissete de água quando necessário para fins de balanceamento para a próxima etapa.

Antes de prosseguir com o tratamento das amostras, a centrífuga utilizada para o experimento foi calibrada para trabalhar em 550 G (1700 rpm/G), em um ciclo de 5 minutos e em outro de 1 minuto. Para o cálculo de quantas rotações por minuto seriam necessárias para atingirmos a força gravitacional desejada, utilizou-se a fórmula: $n = 299 \text{ RFC}/r$, onde n refere-se ao número de rpm, o r ao raio do motor da centrífuga (medido em centímetros a partir do fundo do tubo) e o RFC que representava a força centrífuga relativa ou a força G.

Após o primeiro ciclo de centrifugação (5 minutos) foi descartado o sobrenadante das amostras de cada tubo. Em seguida foi adicionada uma solução de sacarose (com a densidade ajustada para 1,15 - formulada pesando 401 gramas de açúcar e completando o volume para 1000 ml de água destilada) completando o volume do tubo Falcon até atingir a marca de 40 ml, sendo balanceados e processados na centrífuga para o ciclo de 1 minuto com a mesma rotação anterior.

Após a centrifugação, o conteúdo do sobrenadante foi vertido em uma peneira de 400 mesh e lavado cuidadosamente com água para a solução de sacarose e separados em um novo tubo Falcon de 50 ml para posterior análise.

Análise Laboratorial dos Nematóides em Microscópio

Após as amostras serem processadas, foram encaminhadas para a realização da quantificação dos nematóides utilizando um microscópio óptico. Seguindo a metodologia de Southey (1986), com adaptações para contabilizar o número de juvenis (J2) e ovos presentes para cada 1 ml de alíquota analisada. Utilizando uma Micropipeta de 1000 µL calibrada para coletar 250 µL, foram retiradas alíquotas dos tubos Falcon os quais foram agitados de antemão e espalhadas em Câmara de Peters utilizada para contagem de nematóides. Sendo anotados os dados de números de nematóides juvenis e ovos presentes e o valor final da amostra em mililitros com o auxílio de uma proveta graduada de 50 ml. Depois

de cada amostra analisada a ponteira da micropipeta, a lâmina utilizada e a proveta foram lavadas três vezes com água destilada e secadas.

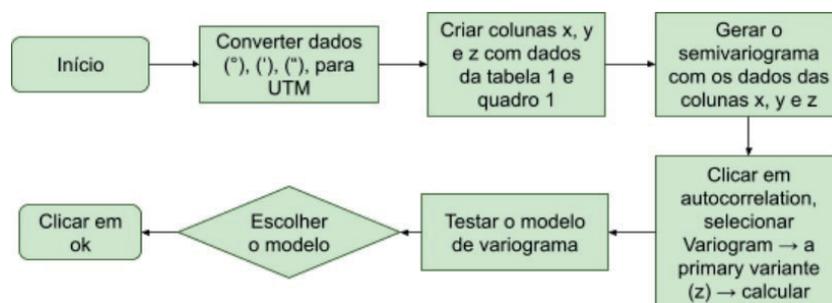
Segundo o Método de Jenkins (1964), o valor inicial da amostra de solo pesada deveria ser de 100 gramas, porém conforme observado na etapa de processamento anterior fez-se necessário a adaptação para amostras de 50 gramas. Em decorrência disso para obter a estimativa da população de nematoides por cada 100 gramas de solo foram realizados os seguintes cálculos: O número de espécies identificados no microscópio (N^o) multiplicados por 4 (valor correspondente para atingir 1 ml de amostra), por 2 (valor correspondente para atingir 100g de amostra) e pelo volume final atingido de amostra (ml), representados na fórmula: $N^o n * 4 * 2 * ml$.

Geração dos Mapas

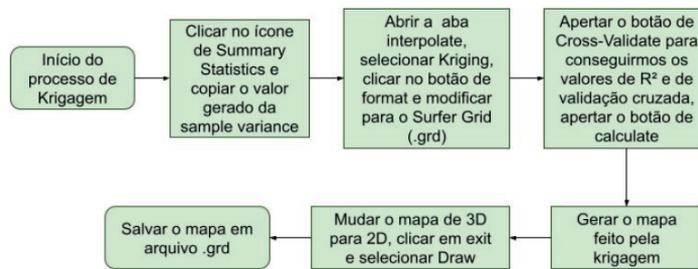
No momento da coleta das amostras de solo foram gerados pontos de marcação com o GPS Garmin - Etrex, sob o Datum de mapa: WGS 84, Zona 22 Sul, com precisão local de em torno de 4 metros, constituindo os dados presentes no quadro 1.

O geoprocessamento dos dados foi realizado utilizando três programas: GS+, QGIS e SURFER®. Tendo as metodologias para cada etapa descritas nos fluxogramas abaixo:

No GS+

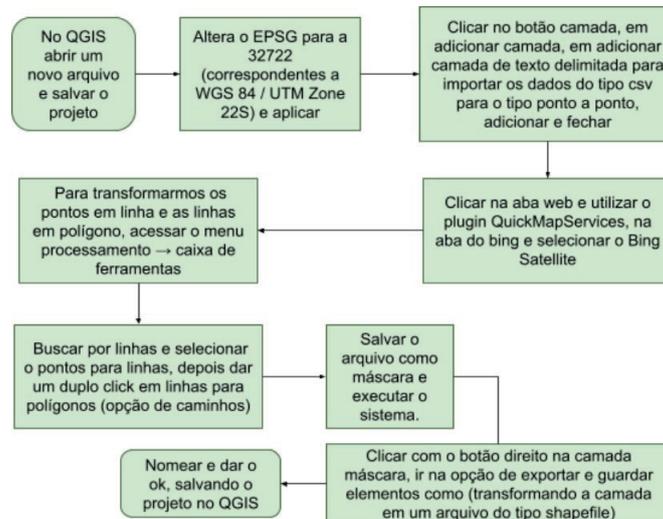


A primeira etapa consistiu em coletar os pontos de coordenadas gerados pelo GPS que estão no quadro 1 e converter o padrão de graus (°), minutos (') e segundos (") para UTM. Selecionando o modelo Gaussiano para exemplificar os dados levando em consideração o menor valor do efeito pepita, observando os valores de patamar e de alcance, o maior valor de R^2 , e o maior valor de proporção. Considerando que os valores mais próximos de 1 apresentam uma proporção melhor, bem como os valores de R^2 e que com relação ao efeito pepita quanto menor for o seu valor melhor será para os dados. Em seguida iniciou-se o processo geração do mapa e interpolação por krigagem:

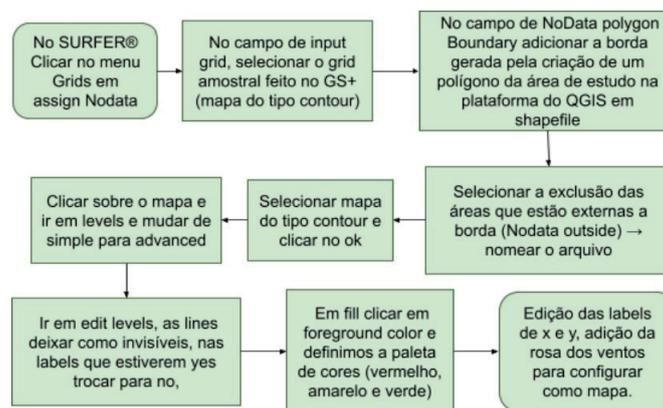


Gerado o mapa no GS+ foi exportado em arquivo compatível com o SURFER®, mas antes foi necessário gerar a borda de delimitação (máscara) para fazer o recorte da área de estudo no QGIS.

No QGIS:



No SURFER®



No mapa foi utilizado a cor vermelha para áreas com estado mais críticos, a amarela para áreas que necessitam de cuidado e a verde para áreas sem preocupações eminentes, (menor população de nematóides em verde, maior valor em vermelho e o meio termo em amarelo no intervalo de 400 a 4400). Para a definição do número de classes (normalmente é mais comum trabalhar com 5 classes, mas como o foco do trabalho foi baseado na identificação espacial do comportamento do patógeno, para fins de melhor visualização foram utilizadas 11 classes).

Análise e discussão dos resultados

Após a quantificação das amostras segundo Southey (1986), com adaptações, foi possível atestar que na área de estudo todos os pontos coletados apresentaram foco de populações de nematóides, ainda que seu desenvolvimento não indicasse homogeneidade entre eles. Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 1: Tabela 1: Estimativa de População de Nematóides Por Ponto Amostral Amostra Número de nematóides para cada 100g de solo.

Tabela 1. Estimativa de População de Nematóides Por Ponto Amostral.

Amostra	Número de nematóides para cada 100g de solo.
Pn 1	448 - Ovos + juvenis J2
Pn 2	2400 - juvenis J2
Pn 3	640 - juvenis J2
Pn 4	4224 - juvenis J2
Pn 5	1368 - juvenis J2
Pn 6	1920 - juvenis J2
Pn 7	1984 - juvenis J2
Pn 8	2808 - juvenis J2
Pn 9	1392 - juvenis J2
Pn 10	1568 - juvenis J2

Fonte: Dados gerados pela autora, 2022.

Conforme descrito na tabela 1, o 4º ponto (Pn4) apresentou a maior concentração populacional estimada por cada 100 gramas de solo com 4224 indivíduos.

Mapeamento

As coletas de pontos realizadas pelo GPS Garmin geraram a relação de dados contidos no quadro 1 a seguir:

Quadro 1. Dados coletados pelo GPS Garmin.

Identificação do Ponto	Coordenada	Altitude
Pn1	S 27°55'36.6" W 050°04'43.0"	1049 metros
Pn2	S 27°55'35.6" W 050°04'43.4"	1071 metros
Pn3	S 27°55'34.6" W 050°04'43.6"	1084 metros
Pn4	S 27°55'33.5" W 050°04'43.7"	1102 metros
Pn5	S 27°55'31.3" W 050°04'44.0"	1115 metros
Pn6	S 27°55'31.4" W 050°04'43.1"	1131 metros
Pn7	S 27°55'31.9" W 050°04'42.8"	1143 metros
Pn8	S 27°55'32.8" W 050°04'42.7"	1146 metros
Pn9	S 27°55'33.6" W 050°04'41.5"	1150 metros
Pn10	S 27°55'34.7"	1154 metros

Os dados de coordenadas foram utilizados para a realização das análises geoestatísticas no programa GS+, onde formaram o semivariograma utilizando o modelo Gaussiano devido a maior compatibilidade com a variável de estudo em questão (população de nematóides) e ajustado já que na interpolação por krigagem foram necessários os valores da semivariância disponíveis para qualquer distância dentro do limite do alcance.

Os modelos e parâmetros calculados estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Modelos e parâmetros do variograma médio escalonado ajustados aos dados fitonematológicos.

Variável	Modelo	C ₀	C ₀ + C	a (m)	IDE	R ²	R ² (vc)
Número de nematoides	Gaussiano	0.000831	1.05682	47.6314	99.92132	0.427	0.283

C. efeito pepita; C₀+C patamar; alcance; R₂ coeficiente de determinação; IDE índice de dependência espacial; - R₂ (vc) - coeficiente de determinação da validação cruzada.

Fonte: Dados gerados pela autora, 2022.

Na análise do grau de dependência espacial das variáveis em estudo, utilizou-se a relação $(C / C_0 + C)$ e os intervalos propostos por Zimback (2001), que consideram a dependência espacial fraca ($IDE \leq 25\%$); moderada ($25\% < IDE \leq 75\%$) e forte ($IDE > 75\%$).

Com relação ao efeito pepita (C₀) o valor apesar de baixo demonstra que a área é de fato heterogênea e apresenta dependência espacial entre os pontos. Isso significa que no momento de aplicação e manejo da doença no pomar, as doses aplicadas serão diferentes, esta distinção de aplicação permite que o produtor seja capaz de reduzir a quantidade de produto aplicado na área e tenha melhor controle da doença enquanto reduz seus gastos e desperdícios de defensivos agrícolas. Como uma alternativa para o manejo integrado da praga, podem ser plantadas nas entrelinhas do pomar plantas para fins de adubação verde com potencial antagônico ao patógeno tais como: crotalárias e mucuna-preta.

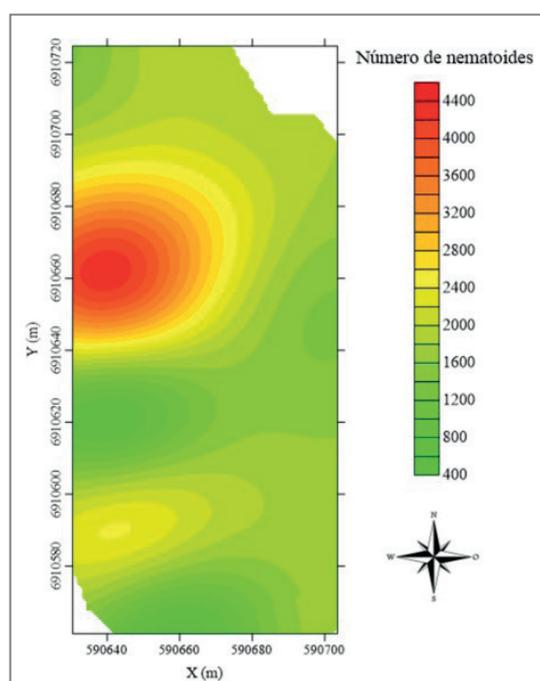
A área de alcance de cada planta apresenta um raio de 47,6 metros podendo ser aplicada para todos os pontos coletados. O que significa que dentro deste raio as plantas saudáveis que se encontrarem nele estão suscetíveis a contaminação por nematóides se não forem aplicadas as técnicas de manejo corretas. Este dado nos permite interpretar que possíveis reboleiras identificadas por satélite que ultrapassem este perímetro não podem ser consideradas como feitas por ação da presença de nematóides sem que sejam executadas novas coletas e análises.

O índice de dependência espacial (IDE) foi categorizado como alto segundo Zimback (2001) atingindo 99,9%. Com relação aos dados de coeficiente de determinação (R²) e coeficiente de determinação da validação cruzada (R² (vc)) - relação entre cada ponto

amostral - apesar de poderem ser interpretados como baixos, são um reflexo do número de amostras coletadas (10 pontos). Para atingir valores maiores seriam necessário uma amostragem composta por no mínimo 30 pontos, considerando que a modelagem de dados geoestatísticos não obedece padrões pré-definidos, os valores encontrados de 0.43 e 0.28, respectivamente, possuem validade para atestar a confiabilidade dos dados.

Após o processo de interpolação por krigagem (processo que visa calcular o peso que será dado a cada amostra para a estimativa de pontos não amostrados) utilizando os dados gerados no GS+, importados para o programa de modelamento SURFER® foi possível gerar o mapa apresentado na figura 2.

Figura 2. Distribuição espacial de fitonematoides em área experimental pesquisada de pomar de maçãs localizado em Painel, SC.



Fonte: Elaborado a partir de dados gerados pela autora, 2022.

Os dados referentes à altitude dos pontos coletados ajudam a interpretar os possíveis fatores para a distinção da concentração de populações de nematóides apresentados no mapa anterior. A diferença da declividade do terreno do pomar pode ser um fator contribuinte para explicar o motivo de porque no ponto 4 (Pn4) encontramos uma maior contaminação de nematóides.

■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sensoriamento remoto é viável como ferramenta para identificação de focos de nematoide em pomares de maçã desde que atrelados a análises in loco. Seus dados podem ser utilizados para tomada de decisões mais assertivas no momento da aplicação e manejo

integrado de pragas na propriedade. Por se tratar de uma área com histórico de contaminação os pontos analisados demonstraram a presença expressiva de reboleiras causadas por nematóides no pomar, uma vez que em todos houveram ocorrências do patógeno.

Por se tratar de um pomar comercial a presença de nematóides indica possíveis perdas econômicas na produção ao longo da safra, se o manejo da doença não for feito com eficiência. O trabalho apresenta potencial para continuidade, com o aumento do número de amostras coletadas e análise do efeito da presença do fitoparasita em outras áreas da propriedade.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Lages por proporcionar os meios para a pesquisa e ao agricultor que cedeu o pomar para a execução dessa pesquisa.

■ REFERÊNCIAS

BÉGUÉ, Agnès; ARVOR, Damien; BELLON, Beatriz; BETBEDER, Julie; DE ABELLEYRA, Diego; FERRAZ, Rodrigo P.D.; LEBOURGEOIS, Valentine; LELONG, Camille; SIMÕES, Margareth; VERÓN, Santiago R. Remote sensing and cropping practices: **A review. Remote Sensing**, vol. 10, no. 1, p. 1–32, 2018. <https://doi.org/10.3390/rs10010099>.

BELWARD, Alan S.; SKØIEN, Jon O. Who launched what, when and why; trends in global land-cover observation capacity from civilian earth observation satellites. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, vol. 103, p. 115–128, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.03.009>.

EPAGRI. **Boletim Agropecuário**, Florianópolis, n. 109, p. 5-8, 2022.

IBGE (2018) - **Quantidade produzida e rendimento médio de maçã. 2016. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. [cit. 2018.09.24]. <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>.

IBGE, **Produção Agrícola Municipal 2021**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

JENKINS, W. R. B. et al. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant disease reporter**, v. 48, n. 9, 1964.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres**. Translated by: Epiphanyo, J.C.N., Formaggio, A.R., Santos, A.R., Rudorff, B.F.T., Almeida, C.M., Galvão, L.S., Parêntese, São José dos Campos, 598 p. 2009.

KHAN, Aly et al. Histopathology of Apple (*Malus pumila* Mill.) roots infected with root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*). **Sarhad J. Agric**, v. 26, n. 1, p. 61-64, 2010.

KHAN, Aly et al. Nematodes associated with apple (*Malus pumila* Mill.) in Balochistan, Pakistan. **Int. J. Biol. Res**, v. 1, n. 1, p. 9-11, 2013.

PETRI, J.L.; LEITE, G.B.; COUTO, M.; POLIANA FRANCESCATTO, E. AVANÇOS NA CULTURA DA MACIEIRA NO BRASIL. **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol. 33, no. SPEC. ISSUE 1, p. 48–56, 2011.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA – SBN. **Recomendações técnicas para amostragem, processamento de amostras e emissão de laudos, SBN**: Piracicaba, 2019. p. 3-5.

SOUTHEY, J. F. Principles of sampling for nematodes. In: SOUTHEY, J. F. Laboratory methods for work with plant and soil nematodes. London: Her Majesty's Stationery Office, 1986. p. 1-4.

THENKABAIL, Prasad Srinivasa et al. Land resources monitoring, modeling, and mapping with remote sensing. CRC Press Inc., 2015.

TRABAQUINI, Kleber; LUNARDI, Nicole F; VIEIRA, Valci F; DORTZBACH, Denilson; VIEIRA, Everton; RICCE, Silva; LOSS, Arcângelo; BLAINSKI, Éverton; ZAMBONIM, Fábio Martinho; SILVEIRA, Christine. **Identificação e espacialização dos pomares de maçã utilizando dados de sensoriamento remoto no estado de Santa Catarina-Brasil no estado de Santa Catarina-Brazil**. vol. 44, p. 114–126, 2021.

ZIMBACK, C. R. L. Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo. 2001. 114f. Tese (Livre-Docência em Levantamento do solo e Fotopedologia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

QUALIDADE DE MÉIS COMERCIALIZADOS INFORMALMENTE EM FEIRAS LIVRES NO DISTRITO FEDERAL

- | **Andréia Alves Rosa**
Universidade de Brasília - UnB
- | **Artur Guerra Rosa**
Universidade de Brasília - UnB
- | **João Paulo Guimarães Soares**
Embrapa Cerrados - DF
- | **Ana Maria Resende Junqueira**
Universidade de Brasília - UnB
- | **Ivaldo de Sousa Moreira**
Universidade de Brasília - UnB

RESUMO

Objetivo: As fraudes e adulterações no mel são fatores que comprometem a qualidade do produto, além de ser um risco para a saúde do consumidor. Esse artigo teve como objetivo, avaliar a qualidade da produção apícola comercializada em duas feiras permanentes no Distrito Federal, nos meses de agosto e outubro de 2017 e em janeiro e abril de 2018.

Métodos: Foram utilizadas as metodologias preconizadas pelo Instituto Adolfo Lutz, para a determinação dos teores de açúcares redutores, sacarose aparente e hidroximetilfurfural, em amostras de méis produzidos por *Apis mellífera L.* e, os resultados das análises foram comparados aos parâmetros preconizados pela legislação brasileira vigente.

Resultados: Identificou-se que as amostras dos meses de agosto de 2017 e abril de 2018 apresentaram melhor qualidade, pois apresentaram todos os parâmetros analisados de acordo com a legislação vigente.

Conclusão: A partir das análises realizadas, observou-se a grande necessidade de constantes fiscalizações através de análises laboratoriais, a fim de assegurar tanto a qualidade nutricional como a segurança alimentar para os consumidores de tais produtos, uma vez que, no Distrito Federal, ainda há poucos estudos em relação à produção local e, principalmente, dos pequenos apicultores que produzem e comercializam o produto de forma informal.

Palavras-chave: Qualidade do mel, Análises Físico-Químicas, Feiras Livres.

■ INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva do mel, segundo Tomazini *et al.*, 2019, é considerada atualmente uma das grandes oportunidades do agronegócio, que proporciona produtos de qualidade de forma sustentável e que impulsiona o crescimento econômico, social e a biodiversidade local.

O mel, dentro os diversos produtos apícolas, merece maior destaque devido ser o principal produto em termos comerciais e, segundo a legislação brasileira (BRASIL, 2000), o mel é definido como “o produto alimentício produzido pelas abelhas melíferas, a partir do néctar das flores ou das secreções procedentes de partes vivas das plantas ou de exceções de insetos sugadores de plantas que ficam sobre as partes vivas de plantas, que as abelhas recolhem, transformam, combinam com substâncias específicas próprias, armazenam e deixam madurar nos favos da colmeia”.

A composição do mel é resultado de inúmeros fatores como o clima, a composição do néctar referente a cada espécie vegetal e a forma de manejo dos apicultores (MARCHINI *et al*, 2005). No Brasil, a produção do mel está aumentando exponencialmente, devido principalmente a tais fatores favoráveis para esse tipo de atividade. O mel brasileiro possui uma grande variação nos parâmetros organolépticos além da umidade, devido à grande diversidade em relação às espécies de abelhas, ao grau de maturação do favo e do solo, clima e vegetação, uma vez que a composição do mel está relacionada diretamente à sua origem botânica e a área geográfica (VINCĚVIČA-GAILE, 2010; ÖZCAN *et al*, 2017) da região onde está localizada a colmeia.

Na região do Distrito Federal há a predominância do clima tropical de altitude com duas estações bem definidas, sendo as primaveras e verões quentes e úmidos e, os outonos e invernos, frios e secos. Fatores esses que contribuem para a produção de um mel com qualidade diferenciada quando comparado às outras regiões do país.

O mel pode sofrer alterações devido à falta de informação do apicultor quanto à tecnologia de extração, a forma de manejo, equipamentos utilizados e, principalmente, às formas de armazenamento e conservação. O conhecimento dos componentes durante o processamento e o armazenamento permite o controle da sua qualidade.

No entanto, há um alto índice de adulterações e fraudes tanto no mel quanto de outros produtos apícolas, com vistas econômicas, principalmente. Para isso, faz-se necessária uma avaliação constante tendo como base a Instrução Normativa Nº 11, de 20 de outubro de 2000, que estabelece os padrões de identidade e da qualidade do mel, em relação à presença de produtos apícolas alterados e adulterados, de acordo com as normas preconizadas pelo Decreto Nº 9.013/2017 (BRASIL, 2017).

A fraude alimentar é definida, segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), “como qualquer suspeita de ação intencional cometida por

empresas do setor alimentício, visando enganar os clientes sobre a qualidade e/ou conteúdo dos alimentos que estão comprando, a fim de obter uma vantagem indevida, geralmente econômica” (FAO, 2021).

E, a fim de tentar tais atividades fraudulentas, a realização de análises laboratoriais para o controle de qualidade destes produtos, são e devem ser realizadas constantemente, dentre elas as análises físico-químicas de açúcares redutores, sacarose aparente e de hidroximetilfurfural.

Os carboidratos são os principais constituintes do mel, sendo a glicose e frutose os mais abundantes (85% a 95%) dentre os outros oligossacarídeos. Esses monossacarídeos representam os açúcares redutores no mel (Ito *et al*, 2018). Além disso, é composto também, por água, enzimas, proteínas, ácidos, minerais e traços de outras substâncias como aldeídos, álcoois, pigmentos e vitaminas (MARCHINI *et al*, 2005). Sua composição pode ser alterada por adição de açúcares comerciais, melado, solução de açúcar invertido ou alterações naturais decorrentes do excesso de umidade, calor ou envelhecimento.

Segundo White Junior (1992), o hidroximetilfurfural (HMF) é o resultado da transformação dos açúcares do mel pelo aumento de temperatura; por isso, o HMF é o indicador de aquecimento, processamento inadequado, adulteração com xaropes e tende a ser mais elevado em méis mais velhos. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da produção apícola comercializada de forma informal em duas feiras permanentes no Distrito Federal, quanto aos parâmetros de açúcares redutores, sacarose aparente e hidroximetilfurfural, a fim de se analisar qual das amostras apresentavam melhor qualidade e segurança alimentar para os consumidores.

■ MÉTODOS

Quatro amostras de méis de *Apis mellífera* forma adquiridos em duas feiras livres situadas no Distrito Federal, em agosto e outubro de 2017, e janeiro e abril de 2018, e analisadas, em triplicata, no Laboratório de Análise de Alimentos da Faculdade de Medicina Veterinária (FAV) da Universidade de Brasília, DF. As metodologias utilizadas para as análises físico-químicas de hidroximetilfurfural (HMF), açúcares redutores (AR) e sacarose aparente (SA) foram baseadas nos métodos oficiais sugeridos pela *Association of Official Analytical Chemist* (AOAC, 1992) e pelo Instituto Adolfo Lutz (ILAL, 2005), sendo que os resultados encontrados a partir das análises, foram comparados com os valores preconizados pela legislação brasileira (BRASIL, 2000).

As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, com nível de significância de 5% de probabilidade, utilizando-se o procedimento PROC GLM do programa estatístico SAS® (SAS, 1999).

■ RESULTADOS

Os limites máximos de AR e SA são parâmetros que indicam o grau de maturidade do produto, sendo determinado pela Instrução Normativa nº11 de 2000 que seja mínimo de 65 g/100 g de AR e máximo de 6g/100g de SA. A amostra de outubro de 2017 apresentou 58,25% de AR, abaixo do estabelecido pela legislação.

■ DISCUSSÃO

A amostra de janeiro de 2018 está em desacordo para a SA, com 26,66%, podendo ser indício de adulteração, uma vez que valores de açúcares redutores abaixo de 65% podem indicar que o mel foi colhido antes do período de maturação (“mel verde”). Uma outra possibilidade pode estar relacionada à adulteração do mel pela adição de xaropes comerciais. A amostra de outubro de 2017 indica ser a mais antiga por conter menos SA.

Silva (2022), observou que 100% das amostras analisadas na região de Barbacena (MG) apresentaram valores dentro dos preconizados pela legislação brasileira. Em contrapartida, valores de SA acima dos permitidos pela legislação foram encontrados por Gebremariam *et al* (2013), em 6% das amostras analisadas da Etiópia; Mouhoubi-Tafinine *et al* (2018), em 13,54% na Argélia.

Já a presença de HMF é uma avaliação do grau de deterioração do mel, ou seja, é um indicador que avalia se o mel foi armazenado corretamente, em temperaturas adequadas, ou se houve um superaquecimento do produto, bem como a alteração do produto com a adição de xaropes comerciais (ALMEIDA FILHO *et al*, 2011; ITO, 2012). O limite determinado pela legislação é de no máximo 60 mg/kg e todas as amostras encontram-se em conformidade com a legislação, com médias variando de 5,51 a 6,69 mg/kg, contrariando aos valores encontrados por Kesić *et al* (2014) em 43,33% na região da Bósnia e Herzegovina, e Sakać *et al* (2019) em uma das 15 amostras analisadas na República da Sérvia.

Vale lembrar que, é considerada temperatura ambiente valores igual a 25 °C ou inferior (até 15 °C). No entanto, há regiões em que a temperatura ambiente pode ser maior que 30 °C, neste caso, os altos índices de HMF no produto, podem ter sido ocasionados pelas altas temperaturas da região, porém, não isentam a possibilidade de fraudes cometidas pelo produtor (BASÍLIO *et al*, 2020; MARIN *et al*, 2003).

■ CONCLUSÃO

Conclui-se que, entre as amostras estudadas, as dos meses de agosto de 2017 e abril de 2018 tendem ser as melhores para o consumo, pois possuem todos os parâmetros

dentro da legislação vigente. A partir dos resultados das análises faz-se necessário fiscalizações constantes em relação à qualidade dos produtos, produzidos e comercializados de forma informal por pequenos apicultores, com o objetivo de assegurar tanto a qualidade nutricional quanto a segurança alimentar dos consumidores de tais produtos. Uma vez que, tais informações em relação a tais produtos, principalmente provenientes desses pequenos apicultores do Distrito Federal, ainda são, praticamente, inexistentes.

■ REFERÊNCIAS

ALMEIDA FILHO, J. P.; MACHADO, A. V.; ALVES, F. M. S., DE QUEIROGA, K. H.; DE MELO CÂNDIDO, A. F. Estudo físico-químico e de qualidade do mel de abelha comercializado no município de Pombal, PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 6(3), 18, 2011.

AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. Official Methods of Analysis of AOAC International, **11^a ed. AOAC International**, Washington, 1992.

BASILIO, T. et al. Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica de méis da cidade de Irati-PR. **Higiene Alimentar**, v. 2020, n. 02, p. e1030, 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Defesa Animal. Legislações. Legislação por Assunto. Legislação de Produtos Apícolas e Derivados. **Instrução Normativa Nº 11, de 20 de outubro de 2000**. Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel.

BRASIL. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (**RIISPOA**), 108f. **Decreto n. 9.013, de 29 de março de 2017**.

CHUNG, I.-M. et al. Regional Characterization Study of Fatty Acids and Tocopherol in Organic Milk as a Tool for Potential Geographical Identification. [s.d.].

FAO. Food fraud-Intention, detection and management. Food safety technical toolkit for Asia and the Pacific No. 5. Bangkok. p. 1–44, 2021.

GEBREMEDHIN, G.; TADESSE, G.; KEBEDE, E. Physiochemical characteristics of honey obtained from traditional and modern hive production systems in Tigray region, northern Ethiopia. **Momona Ethiopian Journal of Science**, v. 5, n. 1, p. 115, 2013.

ILAL: INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3 ed. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, v.1 p. 201, 2005.

ITO, E. H.; ARAÚJO, W. L. P.; SHINOHARA, A. J.; BARROS, D. C. B.; CAMILLI, M. P.; ORSI, R. O. Características físico-químicas dos méis de abelhas *Apis mellifera* produzidos na região do Pólo Cuesta, São Paulo, Brasil. **Boletim De Indústria Animal**, 75., 2018.

KESIĆ A, CRNKIĆ A, HODŽIĆ Z, IBRIŠIMOVIĆ N, ŠESTAN A. Effects of Botanical Origin and Ageing on HMF Content in Bee Honey. **Journal of Scientific Research & Reports**. 2014;3(8):1057-1066.

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

MARIN, Nelly. *et al.* Assistência **Farmacêutica para Gerentes Municipais**. Rio de Janeiro: Opas/ OMS, 2003.

MOUHOUBI-TAFININE, Z.; OUCHEMOUKH, S.; BEY, B. M.; LOUAILECHE, H.; TAMEND-JARI, A. Effect of storage on hydroxymethylfurfural (HMF) and color of some Algerian honey. **International food research journal**, 25(3), 1044-1050, 2018.

ÖZCAN, M. M. *et al.* A traditional food: Sunflower (*Helianthus annuus* L.) and heather [*Calluna vulgaris* (L.) hull] honeys. **Indian Journal of Traditional Knowledge**, v. 16, n. 1, p. 78–82, 2017.

SAKAČ, M. B.; JOAVANOV, P. T.; MARIĆ, A. Z.; TOMIČIĆ, Z. M.; PEZO, L. L.; DAPČEVIĆ-HADNADEV, T. R.; NOVAKOVIĆ, A. R. Free amino acid profiles of honey samples from Vojvodina (Republic of Serbia). **Food and Feed research**, 46(2), 179-187, 2019.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. **User's guide: Statistics**. Version 8.0, Cary: 1999.

TOMAZINI, C. G.; GROSSI, S. DE F. a Importância Da Apicultura Para O Agronegócio Brasileiro. **VI SIMTEC – Simpósio de Tecnologia - Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga**, v. 1, n. 1, p. 48–61, 2019.

VINCĚVIČA-GAILE, Z. Macro- and Trace Elements in Honey. **LLU Raksti**, v. 25, n. 320, p. 54–66, 2010

SILVA, A. A. N. DA. Estudo da qualidade de mel comercializado na região de Barbacena - MG. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 10, p. e141111032742, 2022.

WHITE JÚNIOR, Jonathan W. Quality evaluation of honey: role of HMF and diastase assays. Part II. **American Bee Journal**, v.132, n.12, p.792-794, 1992.

RELATO SOBRE EXPERIÊNCIA DE USO DE DRONES AGRÍCOLAS NO BRASIL

| **Eugênio Passos Schröder**

Schroder Consultoria Agro

| **Viviane Gonçalves Burkert**

Schroder Consultoria Agro

RESUMO

Nossa experiência com uso de drones agrícolas iniciou em 2016, contribuindo na validação técnica das aeronaves remotamente pilotadas, realizando aplicações demonstrativas, provas de conceito e algumas aplicações comerciais. Em função da complexidade das diferentes aplicações, fundamos uma empresa de prestação de serviços, que atuou por dois anos, e tinha por objetivo validar a logística da aplicação com drones e criar padrões para a prestação dos serviços. Criamos a Rede Drones, uma rede de pequenas e jovens empresas de drones, que atuam de forma colaborativa, recebendo *know-how* da Consultoria para atender seus mercados regionais. Investimos na capacitação de profissionais para o setor, ao criar o “Curso para Pilotos de Drones Agrícolas”, destinado não só à formação de pilotos, mas também de auxiliares de pilotos, agrônomos responsáveis técnicos, empresários e agricultores. Existem muitas oportunidades para uso de drones agrícolas no Brasil, na produção mais segura e saudável de alimentos, com rastreabilidade, segurança ambiental e dos trabalhadores. Mas, certamente, o maior universo de oportunidades de uso desta tecnologia ainda nem foi descoberto.

Palavras-chave: Aeronave Remotamente Pilotada, Agricultura de Precisão, Agrotóxicos.

■ INTRODUÇÃO

Aeronaves remotamente pilotadas, popularmente denominadas drones, tiveram seu emprego para aplicações agrícolas no Brasil efetivamente iniciado em 2015, com drones multirrotores de quatro, seis ou oito motores elétricos e tanques com capacidade para dez quilogramas de carga, que corresponde a dez litros de calda.

Com o passar do tempo, foram adotados modelos com maior capacidade de carga, com *payload* de 16, 20, 30 e 40 quilogramas. Foram lançados modelos que também realizam aplicações de produtos por via sólida, principalmente sementes, fertilizantes granulados e isca formicida.

Os equipamentos são movidos a energia elétrica proveniente de baterias com autonomia de aproximadamente dez minutos. A maior parte das aeronaves são de fabricação chinesa, embora existam algumas indústrias nacionais.

A legislação que disciplina a atividade, basicamente, é o RBAC-E-94 da Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC (ANAC, 2021) e a Portaria 298 do Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA (DIÁRIO..., 2021). Cabe registrar que esta Portaria assegura a equivalência entre aplicações com aeronaves tripuladas e drones, principalmente quanto às recomendações de bula dos agrotóxicos.

Importante destacar que o Decreto Lei 917 de 1969 do MAPA, que dispõe sobre emprego da Aviação Agrícola no país, define no artigo primeiro que compete ao órgão propor a política para emprego da Aviação Agrícola no Brasil, visando a coordenação, orientação, supervisão e fiscalização de suas atividades, ressalvada a competência de outros Ministérios.

Outras normas relacionadas à atividade de drones agrícolas são as resoluções da ANATEL, DECEA e do Ministério do Trabalho e Emprego. Além das normas federais existem também normativas estaduais, principalmente no que se refere a autorização para operação de drones agrícolas em alguns estados brasileiros.

A classificação dos drones agrícolas se dá em três classes: Classe 1, com peso máximo na decolagem superior a 150 kg; Classe 2, com peso entre 25 e 150 kg; Classe 3, de 250g até 25 kg. As exigências para operar drones classe 3 são mais simples, acessíveis ao setor do agronegócio. Mas o mercado está voltado para equipamentos classe 2, que apresentam exigências legais que atualmente impedem até mesmo o registro das empresas aplicadoras. Há necessidade de revisão destes critérios pela ANAC, que já realizou inclusive tomada de subsídios sobre o assunto.

Os principais tipos de serviços que se realizam com os drones agrícolas são aplicações por via líquida e aplicações por via sólida. Aplicações por via líquida basicamente são pulverizações de agrotóxicos, produtos biológicos e fertilizantes líquidos. Aplicações por via sólida são de produtos microbiológicos, adubos granulados, isca formicida e sementes.

Para aplicação por via líquida, os drones são equipados com um tanque para a colocação da calda, que é a mistura de água com os produtos, uma bomba de pulverização e bicos de pulverização.

Na aplicação por via sólida o equipamento de líquido é retirado do drone e instalado um tanque para aplicação de sólidos, que contém na sua porção inferior um dispersor de grânulos.

O presente artigo relata a experiência pioneira da empresa Schroder Consultoria Agro nas áreas de pesquisa, assistência técnica e capacitação de profissionais no mercado de drones agrícolas brasileiro.

■ DETALHAMENTO DA EXPERIÊNCIA

Nosso interesse nos drones agrícolas iniciou com o surgimento dos primeiros equipamentos na China e outros países. Acompanhamento permanente das notícias do Japão sobre o assunto resultaram em nossa primeira publicação, que teve como objetivo provocar o debate no segmento do agro brasileiro (SCHRODER, E.P., 2005).

Nossa experiência com uso de drones agrícolas iniciou em 2016, contribuindo na validação técnica dos equipamentos da empresa Skydrones, uma empresa nacional que, naquela época, já trazia os componentes da China e utilizava software próprio, desenvolvido no Brasil.

O drone da Skydrones, modelo “Pelicano”, com capacidade para dez litros de calda, foi o primeiro equipamento que validamos em campo e, em 2017, começamos a fazer aplicações reais de produtos químicos. Foi percebido que a taxa de aplicação de dez litros por hectare com altura de voo ao redor de três metros, velocidade de voo de quatro metros por segundo e largura de faixa de cinco metros gerava excelente uniformidade de aplicação e um rendimento operacional entre quatro e cinco hectares por hora (SCHRODER, E.P., 2018).

Aplicações demonstrativas, provas de conceito e algumas aplicações comerciais foram realizadas com esses equipamentos e também com drones DJI Agras MG1.

Essas primeiras aplicações foram realizadas nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo e Mato Grosso do Sul, nas culturas do arroz, soja, milho, pastagem e reflorestamento, além de áreas não agrícolas.

A maioria das aplicações foi feita com herbicidas e fungicidas, em terrenos planos, ligeiramente ondulados e áreas íngremes de reflorestamento. Em algumas situações haviam muitos obstáculos, principalmente árvores e arbustos, enquanto outras eram livres de obstáculos.

Também prestamos consultoria para a fabricante nacional ARPAC, que desenvolveu um drone com projeto e componentes nacionais. Tivemos a oportunidade de acompanhar o voo inaugural do primeiro drone da empresa.

A prestação de serviços

Em função da complexidade das diferentes aplicações, criamos uma empresa de prestação de serviço juntamente com sócios da Skydrones. A empresa SkyAgri, que atuou por dois anos (2018 e 2019), tinha por objetivo validar a logística da aplicação com drones, criar padrões para a prestação dos serviços e entender como funciona o “negócio” de drones.

Foi uma experiência muito valiosa pois não existia nenhuma informação a respeito dessa dinâmica de trabalho no Brasil. Foi possível entender as necessidades de estruturação de equipe, veículos de apoio para o sistema de carregamento de baterias com gerador, tanques para mistura da calda, a sistemática para atendimento ao cliente e a estrutura de apoio de manutenção dos drones.

Outro aspecto importante foi o aprendizado da precificação do serviço, em função do rendimento da operação e das distâncias entre a sede da empresa aplicadora e as fazendas onde foram realizadas as aplicações, além de outros fatores.

Em 2021, criamos a Rede Drones, uma rede de pequenas e jovens empresas de drones, com frota de uma ou duas aeronaves, assessoradas pela Schroder Consultoria Agro. As empresas atuam de forma colaborativa, recebendo *know-how* da Consultoria para atender seus mercados regionais.

Capacitação de profissionais

O Ministério da Agricultura, através da Portaria 298, define a obrigatoriedade do Curso de Aplicador Agrícola Remoto - CAAR, com duração de 24 horas de aulas teóricas, destinado aos auxiliares de piloto. Várias entidades de ensino, como a Schroder Consultoria Agro, estão registradas no MAPA para oferecer o curso (DIÁRIO..., 2021).

O mercado percebeu que a necessidade maior não é habilitar o auxiliar, mas sim o próprio piloto, que é o verdadeiro responsável pela aplicação. A maioria das pessoas que estão cursando o CAAR são profissionais que vão trabalhar como pilotos de drones. Para os auxiliares bastaria a formação em aplicação segura de agrotóxicos, o curso da normativa NR-31.7 do Ministério do Trabalho.

A partir de julho de 2019, a Schroder Consultoria Agro iniciou a capacitação de pilotos de drones. Foi criado o “Curso para Pilotos de Drones Agrícolas”, destinado não só à formação de pilotos, mas também de auxiliares para pilotos, agrônomos responsáveis técnicos, empresários que pretendam investir no setor e agricultores que pretendam contratar os serviços ou adquirir seus próprios drones.

Quatrocentos profissionais foram capacitados pela até o final de 2022, através de um programa muito completo, com 30 horas de aulas teóricas on-line (incluindo as 24 horas

do CAAR), presenciais, ao vivo, complementadas por dois dias de aulas práticas, onde os alunos aprendem a voar os drones, a realizar pulverizações e aplicações por via sólida, além de avaliar o padrão técnico das aplicações.

Equipe de doze instrutores, com formação superior e grande experiência prática, ministram aulas teóricas e práticas. Os alunos conhecem os diversos modelos de drones disponíveis no mercado, principalmente das marcas Skydrones, DJI e XAG.

Pesquisas com drones agrícolas

Ensaio próprios têm sido conduzidos pela Schroder Consultoria Agro, para avaliação de bicos e pontas de pulverização hidráulicos, rotativos e eletrostáticos. Adjuvantes para redução da deriva e melhor deposição das gotas pulverizadas também são foco das pesquisas.

Co-orientação e colaboração em estudos de universidades, além de empresas privadas e oficiais de pesquisa é uma atividade constante da consultoria, que já resultou na publicação de trabalhos científicos (PALACIOS-ZUÑIGA, R. M. *et al*, 2022).

Já existem resultados de pesquisa no Brasil que comprovam os benefícios do uso dos drones para aplicar insumos agrícolas (BASSETTO, FILHO, J. J. *et al*, 2021; OLIVEIRA, V.R. *et al*, 2021).

Qualidade das aplicações

Cinco anos de experiências em campo com pulverizações de agrotóxicos com drones comprovaram a elevada uniformidade de deposição dos insumos químicos e biológicos sobre as plantas alvo.

O controle das plantas daninhas tem se mostrado muito eficaz em todos os cultivos agrícolas avaliados, com o benefício do efeito mais rápido dos herbicidas pós-emergentes devido à alta concentração das caldas aplicadas.

Gotas finas, características de aplicações aéreas tradicionais com aviões agrícolas, são similares às gotas geradas pelos drones agrícolas. Este fato assegura excelente penetração das pequenas gotas no interior do dossel foliar das culturas, alcançando alvos importantes como a porção inferior das plantas, incrementando a ação de fungicidas e inseticidas sobre doenças e pragas de importância agrícola.

O efeito “*downwash*”, fluxo de ar descendente gerado pelos rotores do drone, lança fortemente as gotas em direção ao cultivo, atingindo o alvo em menos de um segundo. Dois benefícios deste fenômeno têm sido observados em nossas pesquisas: o fluxo descendente de ar movimenta as folhas das plantas, incrementando a penetração de gotas no dossel foliar; a deriva de gotas das aplicações com drones é muito menor que aquela dos aviões agrícolas e, por vezes, inferior à deriva de aplicações terrestres.

■ DISCUSSÃO

Entre as vantagens das aplicações com drones agrícolas, que explicam a rápida adoção da tecnologia no Brasil, destaca-se o fato de ser um equipamento muito eclético, que pode ser utilizado na grande, na média e na pequena propriedade: na grande para fazer aplicações localizadas, na média para fazer aplicações localizadas e em algumas áreas extensivas e na pequena propriedade para aplicação em área total.

Os drones atuam de forma complementar com aviões agrícolas e pulverizadores terrestres, não são concorrentes. Como exemplo, cita-se uma aplicação com avião agrícola próxima à cidade, que fica restrita a uma zona de exclusão de 500 metros. Mas os drones podem complementar essa aplicação até 20 metros da cidade, viabilizando o uso da tecnologia aérea em toda a lavoura.

Outro exemplo é a situação de solo molhado após as chuvas, que compromete a aplicação terrestre nas partes mais baixas da lavoura. Enquanto o pulverizador terrestre trata as áreas mais altas do terreno, o drone pulveriza as áreas com solo saturado de água.

Vantagens ambientais do uso de drones agrícolas

Maior uniformidade de aplicação, deriva reduzida, possibilidade de aplicar sob condições ambientais recomendadas tanto durante o dia quanto à noite, precisão cirúrgica na elaboração dos mapeamentos dos planos de voo, são fatores que ressaltam as vantagens ambientais das aplicações com drones.

Vantagens trabalhistas do uso de drones agrícolas

Uma das principais vantagens da nova tecnologia é a proteção dos trabalhadores rurais. O drone agrícola é o único equipamento de pulverização que não necessita de nenhum operador dentro do talhão que está sendo tratado: nem piloto de avião, nem tratorista num pulverizador terrestre e nem trabalhador com pulverizador costal.

Além de não expor os trabalhadores aos produtos químicos, ganha-se tempo e recursos por não necessitar um aplicador com equipamentos de proteção individual conduzindo a aplicação. Porém, o auxiliar, preparador da calda, necessita usar os equipamentos de proteção individual obrigatórios e seguir as orientações do empregador.

O uso continuado de equipamentos que exigem esforço físico, muitas vezes comprometendo a postura do trabalhador, podem trazer riscos ergonômicos para a saúde.

Vantagens econômicas do uso de drones agrícolas

Uma das vantagens do uso de drones agrícolas do ponto de vista econômico é o não amassamento das culturas, que costuma ocorrer com equipamentos terrestres, principalmente em culturas de grãos.

Em lavouras conduzidas com estreito espaçamento entre linhas, as perdas de produtividade, causadas pelo trânsito dos pulverizadores, supera a cifra de cinco sacos por hectare. Este valor é maior que o preço do serviço de aplicação com drones. Deve-se considerar, ainda, que existe o custo da aplicação terrestre, que por vezes é bastante elevado.

Estudos que conduzimos na cultura do arroz irrigado, em lavouras de pequeno e médio porte, onde tratores com rodas de ferro fazem a pulverização de fungicidas, demonstraram uma diferença significativa quando comparado com aplicações de drones e confirmaram a vantagem do uso da aplicação aérea. Os tratores com rodas de ferro estreitas causam menos amassamento que outros equipamentos. Porém, foi comprovado por nossos estudos a redução de produtividade de cinco sacos por hectare. Deve-se considerar ainda que o valor deste tratamento terrestre é de um saco de arroz por hectare, totalizando um custo total desta operação terrestre de seis sacos de arroz por hectare. A aplicação com drones custa entre dois e meio e três sacos de arroz por hectare, provendo uma economia de pelo menos 50% no custo. Os estudos mostraram ainda uma maior rapidez na aplicação aérea, com índices entre 30% e 60% de aumento da área tratada por hora.

Outro benefício identificado na pesquisa está relacionado à uniformidade de deposição dos produtos nas plantas de arroz. O trânsito do equipamento terrestre sobre o solo inundado da cultura de arroz causa oscilações na barra de pulverização, de modo que a altura da barra não se mantém uniforme ao longo de todo o trajeto. Por vezes ela se aproxima muito das plantas da cultura, inclusive batendo no arroz, enquanto, em outros momentos a barra se distancia e fica muito alta, causando uma desuniformidade na deposição dos fungicidas sobre as plantas. A oscilação das barras no equipamento terrestre provocou menor controle de doenças e uma redução da produtividade da ordem de 3%.

Na cultura da soja, em aplicações de fungicidas utilizando equipamentos terrestres, mesmo que se empreguem rodas estreitas e altura do equipamento seja superior a 1,20m, existe uma perda expressiva por amassamento do trânsito das máquinas, bem como a compactação do solo, situando-se entre quatro a cinco sacos de soja por hectare. Como nas aplicações com drone essa perda não ocorre, considerando-se os elevados valores da soja no mercado, torna-se muito mais vantajosa a aplicação aérea.

A cultura do milho também demonstra benefícios com o uso de drones para aplicação de fungicidas. Nas aplicações após o pendoamento do milho, mesmo utilizando equipamentos autopropelidos bastante altos, existe o contato das máquinas terrestres com as plantas

de milho, causando perdas por amassamento e também uma aplicação desuniforme devido à dificuldade de manter uma altura uniforme entre a barra de pulverização e o topo da cultura. As aplicações com drones, além de não causarem o amassamento, apresentam uniformidade de deposição bastante superior, mostrando-se muito vantajosas para o produtor de milho, similar ao que tem sido reportado por pesquisadores que compararam aplicações com aviões e autopropelidos.

O cultivo da banana tem como um dos principais problemas fitossanitários a doença sigatoka, que exige a proteção das folhas das plantas, principalmente as folhas mais jovens, localizadas na porção superior das plantas. Aplicações terrestres, lançando o produto de baixo para cima, têm dificuldade de atingir estas folhas. Aviões agrícolas têm sido empregados com muito sucesso na cultura da banana, mas existem algumas limitações para o uso desta tecnologia, como a ausência de pistas de pouso próximas a alguns plantios, a topografia muito acidentada de algumas regiões produtoras e também a presença de residências dentro dos sítios de produção de banana.

Aplicações com drone suprem essas limitações, pois o equipamento não precisa de uma pista para decolagem, opera muito bem em terrenos com topografia bastante acidentada e legalmente é possível aplicar até uma distância de 20 metros de moradias, ao contrário dos aviões que precisam manter uma distância de no mínimo 250 metros.

Nas áreas de reflorestamento, principalmente de eucalipto e pinus, o uso de drones de pulverização tem sido crescente. Muitas dessas áreas apresentam obstáculos como pedras, áreas úmidas e principalmente restos de colheitas anteriores, como tocos e troncos, os quais impedem o trânsito de equipamentos tratorizados. Por este motivo o uso de pulverizadores costais é muito frequente no Brasil. Equipes com vinte trabalhadores, cada um deles portando um equipamento costal, é uma prática comum. Porém, devido à dificuldade de mão de obra e a baixa produtividade dessa técnica - um trabalhador aplica apenas um hectare por dia -, tem sido substituída pelo uso de drones agrícolas, que aplicam o mesmo hectare em apenas dez minutos. A redução de custo entre a contratação de trabalhadores para aplicação terrestre com pulverizadores costais e drones, em alguns casos, chega a cifras superiores a 40%.

Deve-se destacar ainda as vantagens do drone em função da segurança dos trabalhadores que não ficam expostos a pulverização de químicos, a maior uniformidade de aplicação e a viabilidade de trabalho em jornadas de serviço mais alternativas, inclusive com a possibilidade de aplicação noturna.

Outro uso para os drones agrícolas no setor florestal é a distribuição de isca formicida. Tradicionalmente, a aplicação de isca é feita em duas aplicações: antes e logo após o plantio das mudas de eucalipto. Utilizando equipes de trabalhadores que levam um tanque

nas costas com isca formicida, a cada dez metros de caminhada é lançada uma porção dos grânulos. É um trabalho cansativo, oneroso e o rendimento da operação é muito baixo. Com drones agrícolas é possível fazer uma distribuição mais rápida, muito mais uniforme e com uma redução de custos superior a 60%.

Empreender com drones agrícolas

Para aqueles que pretendem montar uma empresa de prestação de serviço com drones, tornar-se um empresário do setor, denominados como operadores de drones, existem diversas maneiras de começar o seu negócio. A Schroder Consultoria Agro desenvolveu um roteiro denominado “Oito passos para iniciar uma empresa de drones agrícolas”.

O primeiro passo é pensar como empresário, pensar no drone como um “negócio”, como algo que requer investimento, estrutura e conhecimento da legislação específica. Existem características de mercado diferenciadas e isso precisa ser entendido.

O segundo passo é o curso para piloto de drones agrícolas. Fazendo o curso criado pela consultoria, o profissional obtém as capacitações exigidas pela legislação brasileira: CAAR, NR31.7 e curso prático para pilotos de drones agrícolas, onde aprende a voar o drone e a aplicar com o drone, duas coisas diferentes, mas igualmente importantes. Ao final do curso é recomendado um benchmarking, visitando empresas e pessoas que já trabalham no setor.

O terceiro passo é estudar o mercado. Um bom estudo de mercado é fundamental quando se vai iniciar uma atividade nova, ou quando se pretende trabalhar num segmento no qual ainda não se possui uma vivência bem definida. Entendendo o mercado agro, o empreendedor terá maior facilidade para enxergar as oportunidades antes de dar continuidade no seu empreendimento.

O quarto passo é a previsão de capital. Ter uma reserva de capital para investimento e para custeio: “Quanto precisará investir no negócio”? Além da compra do drone, existem os carregadores de baterias, gerador de energia, veículo para transporte do equipamento, mão de obra, escritório, custos com documentação, impostos e muito mais. Tendo isso em vista, é preciso um investimento inicial e é preciso uma verba de custeio, além de uma boa quantia guardada para os meses iniciais, ocasião em que se tem despesas, mas praticamente não se tem receita.

A experiência tem mostrado que o investimento necessário para montar um negócio de drones pode ser repartido em três partes praticamente iguais: uma delas é o valor que será investido no drone. A segunda parte são os investimentos em equipamentos e acessórios, veículo para atendimento, as baterias, carregador de baterias, gerador e eventualmente um reboque para colocar atrás da caminhonete para transportar os equipamentos

necessários. A terceira parte do investimento é a estrutura do escritório e o capital de giro. Resumidamente, num cálculo rápido, três vezes o valor do drone que se pretende comprar.

O quinto passo é registrar a empresa. Será preciso registrar um CNPJ, documentos na junta comercial, na prefeitura municipal, no CREA, entre outros documentos junto ao contador. Para quem já tem uma empresa, é preciso avaliar se pode usar a mesma empresa e acrescentar os CNAEs para aplicações com drones ou se precisa montar uma nova empresa que permita essa prática. Ressalta-se que microempreendedor individual não é um modelo de empresa aceitável, para trabalhar com drones agrícolas.

O próximo passo é a formação da equipe. Uma etapa muito importante, já que a prestação de serviços depende de pessoas competentes, que vão executar os serviços. Para cada drone, será preciso um piloto e um auxiliar. Estes profissionais precisarão do curso de aplicador aeroagrícola remoto - CAAR.

O próximo passo é a estrutura operacional da empresa. Sala, planejamento de atendimento, marketing, material de divulgação, local para os trabalhadores tomarem banho, para higienização dos EPI's e para guardar os equipamentos, local para limpar o drone, enfim, toda uma estrutura para a operação.

Por fim, chegamos ao oitavo passo: a compra do drone. A partir deste momento será comprado o drone. Não é aconselhável comprar o equipamento precocemente e deixar parado enquanto se realizam as outras sete etapas.

■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os desencontros entre as legislações do Ministério do Trabalho e do Ministério da Agricultura requerem uma revisão, de modo que não exista confundimento entre as atribuições de cada profissional do setor, evitando futuros problemas trabalhistas.

As *buffer zones* de vinte metros definidas pela Portaria 298 são adequadas para aplicações ambientalmente seguras e, acima de tudo, sua manutenção é fundamental para viabilizar o uso dos drones nas pequenas propriedades rurais, substituindo os pulverizadores costais.

Torna-se necessário rever a legislação de drones agrícolas, com a liberação de normas mais brandas para operar equipamentos classe 2. É preciso entender os drones agrícolas classes 2 e 3 como pequenas máquinas agrícolas, que operam a baixa altura, seguindo um plano de voo pré-estabelecido, apenas em áreas agrícolas, não povoadas, sem acessar o espaço aéreo das demais aeronaves. Embora ambos sejam aeronaves, é preciso ficar claro que drone agrícola é diferente de avião agrícola.

Existem muitas oportunidades para uso de drones agrícolas no Brasil. Muitas já trazem benefícios para a produção mais segura e saudável de alimentos, com rastreabilidade,

segurança ambiental e dos trabalhadores. Mas, certamente, o maior universo de oportunidades de uso desta tecnologia ainda nem foi descoberto.

Agradecimentos

Agradecemos ao engenheiro mecânico Ulf Bogdawa, e colaboradores das empresas Skydrones e Skyagri, pelos valiosos ensinamentos, que nos motivam na busca constante de descobertas no mundo dos drones agrícolas.

■ REFERÊNCIAS

BASSETTO, FILHO, J. J., ESTABELE, D. L., OLIVEIRA, T. L., GOMES, L. R. O., PINHO, C. A., MATULAITIS, A. K. Y, ADEGAS, F.S., SOARES, R. M., ROGGIA, S., 2021. Controle do percevejo *Euschistus heros* em soja com inseticidas químicos pulverizados com drone. Resumos expandidos da XVI Jornada Acadêmica da Embrapa Soja. Londrina, PR. 163 p.

OLIVEIRA, V.R., DE BASSETTO FILHO, J.J., ESTABELE, D.L., OLIVEIRA, T.L., DE GOMES, L.R.O., PINHO, C.A., MATULAITIS, A.K.Y., ADEGAS, F.S., SOARES, R.M., ROGGIA, S., 2021. Depósito de inseticida em diferentes estratos da planta de soja obtido na pulverização com drone. Resumos expandidos da XVI Jornada Acadêmica da Embrapa Soja. Londrina, PR. 163 p.

PALACIOS-ZUÑIGA R. M., POLITO R. A., ARAÚJO B. O., BURKERT V. G., SCHRÖDER E. P., AVILA L. A., CAMARGO E. R., 2022. Aplicação de herbicidas com drones em comparação com sistemas de pulverização terrestre. Anais do **XXXII Congresso Brasileiro De Ciencia das Plantas Daninhas**. Rio Verde, GO. 479 p.

SCHRÖDER, E. P., 2005. **Revista Cultivar**. Novidades pulverização - O piloto sumiu. Divulgação. 4 p.

SCHRÖDER, E. P., 2018. **Revista Cultivar Maquinas**. Pulverização Auxiliar. Edição Nº 180. Ano XV. Divulgação. 42-43 p.

Diário Oficial da União. Publicado em: 24/09/2021, Edição 182, Seção 1, Página 14. PORTARIA MAPA Nº 298, DE 22 DE SETEMBRO DE 2021.

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil, 2021. REGULAMENTO BRASILEIRO DA AVIAÇÃO CIVIL ESPECIAL RBAC-E nº 94. 26 p.

RESPOSTA DO BIOCARVÃO NOS ATRIBUTOS E NA EMISSÃO DE GASES DO SOLO

| **Leane Castro de Souza**

Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

| **Luma Castro de Souza**

Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

| **Raimundo Leonardo Lima de Oliveira**

Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

| **Raphael Leone da Cruz Ferreira**

Instituto Federal do Amapá - IFAP, Campus Agrícola
Porto Grande

| **Vitor Resende do Nascimento**

Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

| **Dayse Gonzaga Braga**

Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

| **Ana Ecidia de Araújo Brito**

Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas
- FAPESPA

| **Cândido Ferreira de Oliveira Neto**

Universidade Federal Rural da Amazônia UFRA

| **Joze Melisa Nunes de Freitas**

Universidade Federal Rural da Amazônia UFRA

| **Ricardo Shigueru Okumura**

Universidade Federal Rural da Amazônia UFRA

RESUMO

Esta revisão de literatura visa demonstrar o que vem sendo estudado no setor agrícola em relação ao efeito do biocarvão nos atributos do solo e na emissão de dióxido de carbono. Nesse sentido, a presente revisão tem como objetivo verificar as informações relevantes na literatura sobre a resposta do biocarvão nos atributos do solo, bem como verificar se o biocarvão é uma tecnologia alternativa para mitigar o aumento de gases de efeito estufa para atmosfera. A aplicação do biochar melhora a saúde do solo, por limitar a mobilidade de metais pesados e pesticidas no perfil do solo. Além disso, o uso do biocarvão no solo favorece maior retenção de água, melhora a estabilidade dos agregados, aumenta a porosidade e a taxa de infiltração de água no solo. O biocarvão afeta positivamente os atributos químicos, por meio do aumento do pH, da CTC do solo e o fornecimento de nutrientes para as plantas. O biochar possui enorme potencial de aplicação, no contexto atual de mudanças climáticas e degradação de terras, por contribuir na sustentabilidade do planeta, devido sua multifuncionalidade de usos além de atuar como mitigador de gases de efeito estufa.

Palavras-chave: Mitigador, Mudanças Climáticas, Tecnologia Alternativa.

■ INTRODUÇÃO

A Comunidade científica internacional passou a relatar com mais ênfase as mudanças climáticas, a partir de 1988, quando as alterações no clima do planeta Terra começaram a mudar rapidamente. As mudanças da dinâmica do clima da Terra foram impulsionadas, pelo aumento das emissões de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO₂), promovido principalmente pelo uso de combustíveis fósseis, atividades agropecuárias, industriais e o desmatamento das florestas (REZENDE *et al.*, 2011).

No cenário do século XXI, de mudanças climáticas e a degradação de terras, a busca por práticas de manejo e tecnologias que melhorem as propriedades do solo, como o biochar, passou a ter destaque nos estudos (OLIVEIRA *et al.*, 2020). Dessa forma, destaca-se o biochar ou biocarvão. O biocarvão é um material sólido produzido através da queima de diversas biomassas (matérias-primas), que pode ser utilizado como condicionador do solo e fonte de nutrientes para as plantas (International Biochar Initiative, 2012).

Historicamente, a produção de biocarvão surge com os índios, que tinham como hábito de vida, enterrar restos vegetais e animais, e com a ação da natureza esses materiais que eram enterrados favoreciam a melhoria da vida no solo e, conseqüentemente, a sua fertilidade. Posteriormente, essa prática de manejo iniciada pelos indígenas, contribuiu na melhoria dos solos amazônicos, tornando-os mais sustentáveis para agricultura de subsistência.

Os solos que foram melhorados com essa prática indígena, foram identificados pelos estudiosos, como Terra Preta de Índio - TPI (COCHRANE; SANCHEZ, 1982). Desse modo, a possibilidade de se obter um produto com propriedades similares à TPI despertou o interesse de pesquisadores do mundo inteiro, que viram no biocarvão um material com características semelhantes a TPI e adequado para melhorar as propriedades química, física e biológicas do solo (TORRES *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2020).

O biocarvão tem enorme potencial de mitigação das alterações climáticas (Rezende *et al.*, 2011). Esse potencial ocorre, porque o biocarvão é um material termicamente alterado, que se degrada lentamente no solo, criando um estoque de carbono orgânico considerável, o que favorece menores emissões de carbono para atmosfera (Rezende *et al.*, 2011).

Entre os benefícios do uso do biocarvão está a melhoria do solo, por meio do aumento dos teores de nutrientes, elevação do pH e retenção de água (Shenbagavalli & Mahimairaja, 2012; Biederman; Harpole, 2013; Herath *et al.*, 2013). Além disso, atua como condicionador do solo (Rezende *et al.*, 2011) e favorece o aumento do estoque de carbono orgânico do solo e, por consequência, contribui na diminuição das emissões de gases de efeitos estufa, como o CO₂ (Free *et al.*, 2010; Vaccari *et al.*, 2011). O biocarvão também tem potencial de ser utilizado em substituição aos fertilizantes químicos, a fim de melhorar a fertilidade dos solos (PETTER; MADARI, 2012).

Em geral, o biocarvão melhora a estruturação do solo, por meio de ligações químicas entre o biocarvão e macromoléculas inorgânicas, evitando, por exemplo, os desmoronamentos de terrenos durante os períodos chuvosos, retendo água da chuva e proveniente do manejo da irrigação. A retenção de umidade proporcionada pelo biocarvão deve favorecer as plantas principalmente nos períodos secos. Além disso, atua também no controle do pH, através da retenção e liberação de íons H⁺ e OH⁻ além de reter os nutrientes de plantas como cálcio, ferro, cobre e elementos potencialmente tóxicos, como o alumínio (Rezende *et al.*, 2011).

Diante dos benefícios nas propriedades do solo, que o biocarvão pode proporcionar, inclusive como mitigador das emissões de CO₂, houve nas últimas décadas, um aumento no número de pesquisas em todo o mundo testando o uso do biocarvão. Como se trata de um produto sustentável e capaz de auxiliar a mitigação de gases de efeito estufa (GURWICK *et al.* 2013; AGEENEHU *et al.*, 2016; AGEENEHU *et al.*, 2017; NAIR *et al.* 2017), o biocarvão, é considerado também uma potente arma contra o aquecimento global, o que desperta o interesse dos estudiosos, pelo real benefício que ele pode proporcionar ao ambiente.

Diante deste contexto, busca-se compreender melhor o efeito do biocarvão como uma das alternativas viáveis, para melhorar a qualidade do solo e mitigar a emissão de CO₂ para a atmosfera. Além disso, busca-se compreender se o biocarvão é um produto que pode amenizar os problemas ambientais e melhorar a fertilidade dos solos. Portanto, esta revisão tem como objetivo verificar as informações relevantes na literatura, sobre a resposta do biocarvão nos atributos do solo, assim como verificar se o biocarvão é uma alternativa para mitigar o aumento de gases de efeito estufa para atmosfera.

■ DESENVOLVIMENTO

Emissão de gases do solo

No contexto das mudanças climáticas e da economia, o biocarvão encontrou recentemente muitas aplicações em vários setores como um material versátil e reciclado (Osman *et al.* 2022). Assim, os estudos têm mostrado benefícios ambientais com o uso do biochar. Aplicação de doses de biocarvão acima de 60 Mg ha⁻¹ promove o sequestro de carbono no solo (Vaccari *et al.*, 2011). Estudos semelhantes também mostraram que o biocarvão além de mitigar a emissão de gases, a sua aplicação não afeta a germinação e o crescimento inicial de plantas de milho (Free *et al.*, 2010).

O biocarvão quando aplicado ao solo aproximadamente 10 a 20% do componente solúvel do material é mineralizado em CO₂, e seus componentes aromáticos e alifáticos podem formar moléculas mais complexas e assim aumentar a resistência do carbono a decomposição microbiana. Portanto, essa característica do biocarvão contribui para o sequestro de

carbono no solo (Jeffery *et al.*, 2010). Além disso, o biochar possui uma longevidade que pode chegar a 100 anos, com uma taxa de decomposição relativamente lenta, o que favorece menor emissão de carbono para atmosfera (Jha *et al.*, 2010).

Biocarvão associado aos atributos do solo

Em geral, o biocarvão pode afetar as propriedades do solo. Os estudos têm mostrado que as propriedades químicas do biocarvão variam em função do material utilizado na pirólise. No geral, quando aplicado ao solo o biocarvão promove o aumento na capacidade de trocas catiônicas (CTC), macronutrientes, micronutrientes e do pH (Hossain *et al.*, 2011; Jeffery *et al.*, 2011; Agrafioti *et al.*, 2013; Yuan *et al.*, 2013; Masek *et al.*, 2013).

O biocarvão tem sido aplicado ao solo associado com fertilizantes. Os estudos de Chan *et al.* (2007) verificaram um aumento na biomassa do rabanete com aplicação de 100 Mg ha⁻¹ de biochar associado a 100 kg de N ha⁻¹. Além de afetar positivamente a produtividade das plantas, o uso do biocarvão melhora a qualidade do solo como um todo. Solos que recebem esse condicionador (biocarvão), são habitados preferencialmente pelas minhocas e propiciam condições para uma melhor fixação biológica do nitrogênio atmosférico (Rondon *et al.*, 2007; Van Zwieten *et al.*, 2010). A condutividade hidráulica saturada do solo e do fluxo da seiva na planta são também melhorados (Asai *et al.*, 2009).

Em relação a melhoria dos atributos físicos, o uso do biocarvão no solo favorece maior de retenção de água, melhora a estabilidade dos agregados, aumenta a porosidade e a taxa de infiltração de água no solo (Glaser; Lehmann; Zech, 2002; Verheijen *et al.*, 2010; Liu *et al.*, 2016). Além disso, o biocarvão afeta positivamente os atributos químicos, por meio do aumento do pH, da CTC do solo (Lehmann *et al.*, 2003) e o fornecimento de nutrientes às plantas (Chan *et al.*, 2008; Yamato *et al.*, 2006) por meio da elevação da saturação por bases do solo (Schulz; Glaser, 2012).

No solo, a incorporação do biochar nos macroagregados aumenta a força de coesão interna dos agregados, que é resultante das ligações entre as partículas minerais e o carbono recalcitrante do biochar. Desse modo, os solos manejados com biochar apresentam melhorias na estabilidade dos agregados e, conseqüentemente, maior proteção física do carbono do solo (Sun; Lu, 2014).

A aplicação do biochar melhora a saúde do solo, por limitar a mobilidade de metais pesados e pesticidas no perfil do solo. Devido a presença de grupos funcionais fenólicos, hidroxílicos, carboxílicos e quinonas, esses contribuem para a melhoria dos atributos químicos além de potencializar o aumento da quantidade, diversidade e atividade dos microrganismos no solo (Zhang *et al.*, 2013; Bolan *et al.*, 2014; Gul *et al.*, 2015). Assim, o biocarvão por apresentar elevada superfície específica e ser altamente poroso, contribui na adsorção da

matéria orgânica e nutrientes inorgânicos além de proporcionar um habitat favorável para os microrganismos do solo (Lehmann; Joseph. 2009; Lehmann *et al.*, 2011).

Em geral, os resultados do biocarvão no solo dependem do tipo de matéria-prima utilizada, da quantidade de biochar aplicada ao solo, do tipo de solo utilizado, do sistema de cultivo específico e das técnicas de manejo empregadas nos sistemas de produção (Fawzy *et al.* 2020; Fawzy *et al.* 2021; Maraseni 2010; Purakayastha *et al.* 2019). Além disso, as propriedades físico-químicas e os diversos grupos funcionais do biochar precisam ser considerados ao estender o uso desse condicionador para fins agrícolas e ambientais (Labanya *et al.*, 2022). Logo, em função dos diferentes materiais empregados na produção do biocarvão e de suas características intrínsecas, é possível obter diferentes respostas nos atributos do solo.

Biocarvão como mitigador da emissão de gases do solo

A aplicação de biocarvão no solo como uma tecnologia com potencial em sequestrar carbono, foi considerada pela primeira vez, a partir da sua inclusão no relatório do Painel Governamental Sobre Mudança do Clima (IPCC). O biocarvão passou a ser uma tecnologia promissora de emissão negativa de carbono para atmosfera, pelo fato de contribuir na remoção líquida de CO₂ (IPCC, 2018).

Em geral, a captura e o armazenamento de carbono através do biocarvão é considerado como uma tecnologia viável e com potencial de ser comercializado para essa finalidade. Esse potencial do biochar, é impulsionado principalmente pelas mudanças climáticas e a procura cada vez mais, por tecnologias que atuem como sumidouros de carbono (Osman *et al.* 2020).

O ciclo do carbono está ligado, por exemplo, ao crescimento das plantas. As plantas absorvem carbono para realizar a fotossíntese, e após essa absorção ele é armazenado e incorporado no esqueleto da planta além de ser constituintes de compostos orgânicos, enquanto a planta existir. No entanto, quando a planta morre, o processo de decomposição dos seus tecidos devolve o carbono para atmosfera na forma de CO₂, completando o ciclo natural desse elemento na natureza (Osman *et al.* 2022).

O biochar tem a capacidade de interromper o ciclo do carbono, convertendo-o em uma forma estável que resiste à degradação química, evitando as emissões de gases de efeito estufa para atmosfera (Qambrani *et al.* 2017; Brassard *et al.* 2016). Portanto, a combinação de fotossíntese realizada pelas plantas e a conversão pirolítica (produção de biocarvão) permite a criação de um sistema eficaz de remoção de carbono, que provavelmente afetará o balanço de carbono atmosférico, diminuindo as concentrações de CO₂ na atmosfera (Osman *et al.* 2022).

No cenário atual de mudanças climáticas, muitas iniciativas vêm sendo tomadas na tentativa de diminuir as emissões de CO₂ proveniente do setor industrial, dos combustíveis fósseis e de outras atividades e processos. Essas iniciativas, tem como finalidade principal, contribuir para a diminuição do aquecimento global, a partir da mitigação da emissão de gases, como o CO₂ (Rezende *et al.*, 2011).

Os estudos têm deixado evidente o potencial de mitigação das mudanças climáticas com uso do biochar, por meio da redução líquida de CO₂, metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) em 1,8 Gt CO₂ anuais (de um total de 15.4 Pg CO₂) e 130 Gt CO₂ no século, sem comprometer com a conservação do solo, habitat e segurança alimentar do planeta (Woolf *et al.*, 2010). Por exemplo, uma aplicação de biochar entre 10 a 100 ton/ha, com concentração de carbono variando de 50 a 78% e assumindo-se 1411 milhões de hectares de terras cultivadas globalmente, tem o potencial de estoque de carbono entre 7 e 110 Gt (Oliveira *et al.*, 2017).

O aumento da produtividade das culturas causada pela aplicação do biochar no solo pode contribuir na diminuição de área necessária a produção agropecuária, o que reduziria as emissões indiretas de gases de efeito estufa decorrentes do uso da terra (Kauffman *et al.*, 2014).

Os benefícios do biochar na mitigação das mudanças climáticas estão relacionadas a melhoria nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, como porosidade, densidade do solo, dinâmica da água do solo, acidificação, interação com a matéria orgânica do solo e estimulação da atividade e dinâmica microbiana do solo (Oni *et al.* 2019; Dai *et al.* 2020; Tenic *et al.* 2020). Em suma, o biochar pode servir como uma estratégia sustentável, no contexto atual de mudanças do clima, por contribuir na diminuição das emissões de carbono e outros gases que contribuem para o aquecimento do planeta terra (Borchard *et al.*, 2019).

■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

O biochar é uma ferramenta importante para melhorar a gestão de resíduos sólidos, pois permite eliminar ou diminuir o risco sanitário inerente ao manejo desses resíduos. Devido seu potencial em aumentar a capacidade de troca catiônica dos solos, a retenção de água e a formação de macroagregados, o biocarvão está intimamente associado com a recuperação e melhoria da qualidade dos solos, contribuindo na mitigação das mudanças climáticas e aumento da produtividade das plantas.

Portanto, o biochar possui enorme potencial de aplicação, no contexto atual de mudanças climáticas e degradação de terras, por contribuir na sustentabilidade do planeta devido sua multifuncionalidade de usos e atuação como mitigador de gases de efeito estufa. Desse modo, o biocarvão é uma alternativa interessante para resolver potenciais problemas atuais, como o aquecimento do planeta causado pela emissão de dióxido de carbono. Além disso, se o biocarvão acompanhar uma perspectiva de mudanças no manejo dos solos, ele pode

contribuir para que os sistemas de produção sejam mais sustentáveis e causem menos impactos ao ambiente.

■ REFERÊNCIAS

AGEGNEHU, G. et al. Benefits of biochar, compost and biochar–compost for soil quality, maize yield and greenhouse gas emissions in a tropical agricultural soil. **Sci. Total Environ.** 543, 295–306, 2016.

AGEGNEHU, G. et al. The role of biochar and biocharcompost in improving soil quality and crop performance: a review. **Appl. Soil Ecol.** 119, 156–170, 2017.

AGRAFIOTI, E. et al. Biochar production by sewage sludge pyrolysis. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, 101: 72-78, 2013.

ASAI, H. et al. Biochar amendment techniques for upland rice production in northern Laos: Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. **Field Crops Research**, 111: 81-84, 2009.

BIEDERMAN, L. A.; HARPOLE, W. S. Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. **Global Change Biology Bioenergy**; 5: 202-214, 2013.

BOLAN, N. et al. Remediation of heavy metal (loid) s contaminated soils—to mobilize or to immobilize? **Journal of hazardous materials**, v. 266, p. 141-166, 2014.

BORCHARD, N. et al. Biochar, soil and land-use interactions that reduce nitrate leaching and N₂O emissions: a meta-analysis. **Science of the Total Environment**, v. 651, p. 2354-2364, 2019.

BRASSARD, P. et al. Soil biochar amendment as a climate change mitigation tool: key parameters and mechanisms involved. **J Environ Manag** 181:484–497, 2016.

CHAN, K. Y. et al. Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. **Australian Journal of Soil Research**, 45: 629-634, 2007.

CHAN, Y.K. et al. Using poultry litter biochars as soil amendments. **Aust J Soil Res.** 46:437 - 444, 2008.

COCHRANE, T. T.; SANCHEZ, P. A. Land resources, soil properties and their management in the Amazon region: a state of knowledge report. Cali; CIAT, 1980. 65 p.

COCHRANE, T.T.; SÁNCHEZ, P.A. Land resources, soils and their management in the Amazon region: a state of knowledge report. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AMAZONIAN AGRICULTURE AND LAND USE RESEARCH, 1982, Cali, Colombia. **Proceeding Cali: CIAT**, 1982. p. 137-209. (CIAT Series 03E-3-82).

DAI, Y. et al. Combined effects of biochar properties and soil conditions on plant growth: a meta-analysis. **Sci Total Environ** 713:136635, 2020.

FAWZY, S et al. Industrial biochar systems for atmospheric carbon removal: a review. **Environ Chem Lett**, 19:3023–3055, 2021.

- FAWZY, S. et al. Strategies for mitigation of climate change: a review. **Environ Chem Lett** 18:2069–2094, 2020.
- FREE H. F.; MCGILL, C. R.; ROWARTH, J. S.; HEDLEY, M. J. The effect of biochars on maize (*Zea mays*) germination. **New Zealand Journal of Agriculture Research**, 53: 1-4, 2010.
- GLASER, B. et al. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal - A review. **Biol. Fertil. Soils**, 35, 219–230, 2002.
- GUL, S. et al. Physico-chemical properties and microbial responses in biochar-amended soils: mechanisms and future directions. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 206, p. 46-59, 2015.
- GURWICK, N. P. et al. A systematic review of biochar research, with a focus on its stability in situ and its promise as a climate mitigation strategy. **PLOS ONE** 8:e75932, 2013.
- HERATH, H. M. S. K. et al. Effects of biochar on soil physical properties in two contrasting soils: an alfisol and andisol. **Geoderma**, 209-210: 188- 197, 2013.
- HOSSAIN, M. K. et al. Influence of pyrolysis temperature on production and nutrient properties of wastewater sludge biochar. **Journal of Environmental Management**, 92: 233-228, 2011.
- INTERNATIONAL BIOCHAR INITIATIVE. Standardized product definition and product testing guidelines for biochar that is used in soil. 2012. Available at: <https://www.semanticscholar.org/paper/Standardized-Product-Definition-and-Product-Testing-Ibi/d7f179afe-9080d86b27be014109d4ebbd4b46a1b>. Acesso em: 12 de novembro de 2013.
- IPCC-PAINEL GOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA. Mitigation Pathways Compatible with 1.5°C in the Context of Sustainable Development. In: MASSONDELMOU, V.; ZHAI, P.; PÖRTNER, H.-O.; ROBERTS, D.; SKEA, J.; SHUKLA, P. R.; PIRANI, A.; MOUFOUMA-OKIA, W.; PÉAN, C.; PIDCOCK, R.; CONNORS, S.; MATTHEWS, J. B. R.; CHEN, Y.; ZHOU, X.; GOMIS, M. I.; LONNOY, E.; MAYCOCK, T.; TIGNOR, M.; WATERFIELD, T. (eds.). Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. 2018 Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_Chapter2_Low_Res.pdf.
- JEFFERY, L. S. et al. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 144: 175-187, 2011.
- JEFFERY, L. S. et al. The effect of young biochar on soil respiration. **Soil Biology & Biochemistry**, 42: 2345-2347, 2010.
- JHA, P. et al. Biochar in agriculture – prospects and related implications. **Current Science**, 99: 1218-1225, 2010.
- KAUFFMAN, N. et al. Producing energy while sequestering carbon? The relationship between biochar and agricultural productivity. **Biomass and Bioenergy**, v. 63, p. 167-176, 2014.

- LEHMANN, J. et al. Biochar effects on soil biota-a review. **Soil Biol. Biochem.** n. 43, p. 1812-1836, 2011.
- LEHMANN, J. et al. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. **Plant and Soil**, v. 249, p. 343– 357, 2003.
- LEHMANN, J; JOSEPH, S. Biochar for environmental management: an introduction. In: **Biochar for Environmental Management: Science and Technology**. Eds. Lehmann J, Joseph. S (ed) Earthscan, London, pp. 1–12, 2009.
- LIU, P. et al. Modification fo bio-char derived from fast pyrolysis of biomass and its application im removal of tetracycline from aqueous solution. **Bioresource Technology** 121, p 235-241, 2012.
- MARASENI, T. N. Biochar: maximising the benefits. **Int J Environ Stud** 67:319–327, 2010.
- MASEK, O. et al. Influence of production conditions on the yield and environmental stability of biochar. **Fuel**, 103: 151-155, 2013.
- NAIR, V. et al. Biochar in the Agroecosystem–Climate-Change–Sustainability Nexus. **Frontiers in Plant Science**. 8, 2017.
- OLIVEIRA, F. R. et al. Environmental application of biochar: Current status and perspectives. **Bioresource Technology**, v. 246, p. 110–122, 2017.
- OLIVEIRA, J. B. et al. Impacto do biochar de resíduos da indústria de biodiesel sobre os atributos de um solo arenoso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 13(05), 2128-2138, 2020.
- ONI, B. A. et al. Significance of biochar application to the environment and economy. **Ann Agric Sci** 64:222–236, 2019.
- OSMAN A. I et al. Recent advances in carbon capture storage and utilisation technologies: a review. **Environ Chem Lett**, 2020.
- OSMAN, A.I. et al. Biochar for agronomy, animal farming, anaerobic digestion, composting, water treatment, soil remediation, construction, energy storage, and carbon sequestration: a review. **Environ Chem Lett** (2022).
- PETTER, F. A.; MADARI, B. E. Biochar: agronomic and environmental potential in Brazilian Cerrado soils. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** (Impresso), v. 16, p. 761-768, 2012.
- PURAKAYASTHA, T. J. et al. A review on biochar modulated soil condition improvements and nutrient dynamics concerning crop yields: pathways to climate change mitigation and global food security. **Chemosphere** 227:345–365. 2019.
- QAMBRANI, N. A. et al. Biochar properties and eco-friendly applications for climate change mitigation, waste management, and wastewater treatment: a review. **Renew Sustain Energy Rev.** 79:255–273, 2017.
- REZENDE, E. I. P. et al. Biocarvão (Biochar) e Sequestro de Carbono. **Rev. Virtual Quim.**, v. 3 (5), p.426-433, 2011.

- RONDON, M. A. et al. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char additions. **Biology and Fertility of Soils**, 43: 699-780, 2007.
- SCHULZ, H.; GLASER, B. Effects of biochar compared to organic and inorganic fertilizers on soil quality and plant growth in a greenhouse experiment. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 175, n. 3, p. 410-422, 2012.
- SEMIDA, W. M. et al. Biochar implications for sustainable agriculture and environment: a review. **S Afr J Bot** 127:333–347, 2019.
- SHENBAGAVALLI, S.; MAHIMAIRAJA, S. Characterization and effect of biochar on nitrogen and carbon dynamics in soil. **International Journal of Advanced Biological Research**, 2: 249-255, 2012.
- SILVERIO, F. O.; BARBOSA, L. C. A. A pirólise como técnica analítica. **Química Nova**, 31: 1543-1552, 2008.
- SUN, F.; LU, S. Biochars improve aggregate stability, water retention, and porespace properties of clayey soil. **Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde**, v.177, n. 1, p. 26-33, 2014.
- TENIC, E. et al. Biochar - a panacea for agriculture or just carbon? **Horticulturae** 6:37, 2020.
- TORRES, W. G. A. et al. Disponibilidade de fósforo em solos adubados com biochar de casca de arroz e de esterco bovino e cultivado com feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, 44. 1-10, 2020.
- VACCARI, F. P. et al. Biochar as a strategy to sequester carbon and increase yield in durum wheat. **European Journal of Agronomy**, 34: 231-238, 2011.
- VAN ZWIETEN, L. et al. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. **Plant and Soil**, 327: 235-246, 2010.
- VERHEIJEN, F. et al. Biochar Application to Soils: A critical scientific review of effects on soil properties, processes and functions. **JCR Scientific and Technical Reports**. 166p, 2010.
- WOOLF, D. et al. Sustainable biochar to mitigate global climate change. **Nature communications**, v. 1, p. 56, 2010.
- XIAO, L. et al. Biochar promotes methane production at high acetate concentrations in anaerobic soils. *Environ Chem Lett* 17:1347–1352, 2019.
- YAMATO, M. et al. Effects of the application of charred bark of *Acacia mangium* on the yield of maize, cowpea and peanut, and soil chemical properties in South Sumatra, Indonesia. **Soil science and plant nutrition**, v. 52, n. 4, p. 489-495, 2006.
- YUAN, H. et al. Influence of temperature on product distribution and biochar properties by municipal sludge pyrolysis. **Journal Material Cycles Waste Management**, 15: 375-361, 2013.
- ZHANG, X. et al. Using biochar for remediation of soils contaminated with heavy metals and organic pollutants. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 20, n. 12, p. 8472– 8483, 2013.

UMA LEITURA DA EVOLUÇÃO TEÓRICA DAS ANÁLISES DE CADEIAS PRODUTIVAS: DA ABORDAGEM DE SISTEMAS DE *COMMODITIES* AGRÍCOLAS À GESTÃO DE CADEIAS DE SUPRIMENTOS

| **Vinícius Souza Ribeiro**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins - IFTO
Universidade Federal do Tocantins - UFT

| **Jaqueline Boni Ribeiro**

Agência Tocantinense de Regulação, Controle e Fisco-
lização de Serviços Públicos - ATR

| **Clauber Rosanova**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins - IFTO

| **José Eustáquio Canguçu Leal**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins - IFTO

| **Antônio Carlos Silveira Gonçalves**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins - IFTO

RESUMO

Esta revisão narrativa trata das abordagens de análise de cadeias produtivas a partir de uma perspectiva histórica e evolucionária. Tendo como objetivo apresentar uma leitura da trajetória histórica das diferentes abordagens de estudos em cadeias produtivas, tendo como ponto de partida estudos associados à produção agropecuária. No presente trabalho são apresentadas e comparadas as abordagens do *Commodity System Approach*, *Filières*, cadeias de valor, e cadeias de suprimentos. A partir da revisão foi possível identificar as similaridades e distinções entre as diferentes abordagens tendo como um fio condutor a evolução histórica. Por fim, a pesquisa apresenta algumas considerações acerca de estudos relacionados às cadeias do agronegócio ao longo do tempo, e alerta para a importância de se estimular pesquisas que tenham como objeto de análise as cadeias globalizadas do agronegócio.

Palavras-chave: Abordagem de Análise, Agronegócio, Cadeia Produtiva, Evolução.

■ INTRODUÇÃO

A compreensão histórica e evolucionária de conceitos, abordagens e teorias são de suma importância para a construção e consolidação do saber científico. O resgate histórico de fenômenos, objetos de estudo, e autores que deram origem a teorias e abordagens analíticas clássicas é de grande importância para compreensão das trajetórias das pesquisas científicas em diferentes campos do saber.

Nesse contexto, o objetivo da presente pesquisa é apresentar uma leitura da trajetória histórica das diferentes abordagens de estudos em cadeias produtivas, tendo como ponto de partida estudos associados à produção agropecuária. Cabe destacar que essa é uma das possíveis (re)leituras do surgimento e desenvolvimento do que atualmente compreendemos como análises de cadeias produtivas.

Para tanto a presente pesquisa faz uso de uma revisão narrativa, que segundo Ribeiro *et al* (2022) é adequada para descrever o estado da arte no campo de pesquisa. Ainda conforme Ribeiro *et al.* (2022, p.), o método de revisão narrativa é adequado para “explorar atualizações sobre um assunto amplo, fornecendo perspectivas intuitivas a partir da experiência do pesquisador”.

Este manuscrito está estruturado em dois tópicos: desenvolvimento e considerações finais. O primeiro tópico é subdividido em três, inicialmente compreendendo as principais características e origens das abordagens do *Commodity System Approach* e *Filières*, seguido pela compreensão e inclusão da ideia de valor e a abordagem das cadeias de valor, finalizando com a percepção adicionada pelas cadeias de suprimentos e o que a distingue das demais perspectivas analíticas. Por fim, as considerações finais lançam luz à importância de estudar as cadeias globalizadas do agronegócio.

■ DESENVOLVIMENTO

Cadeias produtivas: *Commodity System Approach* (CSA) e *Filières*

Segundo Dantas, Kersnetzky e Prochnik (2002, p. 37), cadeia produtiva é “[...] um conjunto de etapas consecutivas pelas quais passam e vão sendo transformados e transferidos os diversos insumos”. Por mais abrangente que possa parecer, essa definição é útil à medida que pode incorporar uma linha geral comum ao encadeamento de conceitos e formas que serão apresentados na sequência.

Uma das origens da compreensão das cadeias produtivas surge a partir das pesquisas de Davis e Goldberg (1957), que observaram fazendas produtoras de laranja e trigo nos EUA

e como elas estavam interconectadas em um sistema produtivo, denominado de sistema de *commodity* agrícola (*Commodity System Approach - CSA*) (RIBEIRO *et al.*, 2022).

Segundo Martins (2000), uma vertente metodológica alternativa à americana foi a dos *filières* de origem francesa, e também oriunda do campo da economia industrial. Os *filières* são constituídos segundo Morvan (1988), por uma sucessão de etapas de transformação, um conjunto de relações comerciais de troca, assim como um rol de atividades econômicas adicionam valor e organizam as operações.

Os *filières* e CSA guardam pontos em comum, tais como terem estudos seminais ligados à produção agropecuária, uma visão sistêmica das atividades, e uma atribuição de relevante papel da tecnologia nos sistemas. Contudo, diferem, sobretudo, no sentido analítico, enquanto CSA faz o movimento de estudo do montante para a jusante da cadeia, os *filières* fazem cum trajeto oposto, partindo de um produto final (a jusante) para as atividades montantes da cadeia produtiva (MARTINS, 2000; RIBEIRO *et al.*, 2022).

Cadeias de Valor (*Value Chain*)

Na segunda metade da década de 1980, Michael Porter, com uma ótica para a estratégia e competitividade das empresas, apresenta o termo cadeia de valor (*value chain*). Partindo da análise da firma e compreendendo o processo produtivo como atividades encadeadas e interdependentes, Porter (1989) se preocupa com a geração de valor nas atividades desempenhadas pela empresa.

Para Porter (1989), valor pode ser definido como o montante que os compradores estão dispostos a pagar pelo produto oferecido pelas firmas. A ideia de valor nessa perspectiva, se aproxima da compreensão de “utilidade” do bem ou serviço, o que por vezes é colocado pelos teóricos das cadeias de valor como um potencial de diferenciação.

Tal compreensão do que é “valor”, alinha-se com a de Vargas *et al.* (2013), que afirmam:

A cadeia de valores exibe as atividades de valor da empresa, sendo que os valores representam o montante que os consumidores se dispõem a pagar pelo o que a empresa lhes oferece. (VARGAS *et al.*, 2013, p. 15).

Nessa esteira, a empresa que conseguir agregar valor, ou seja, atribuir uma maior utilidade ao seu produto em relação às suas concorrentes terá uma vantagem competitiva. Conforme Albuquerque (2005):

[...] as vantagens que uma empresa consegue com esta estratégia são: poder cobrar um maior preço, conseguir vender um maior número de unidades ou uma maior fidelidade do cliente. (ALBUQUERQUE, 2005, p. 93).

É importante observar, que em relação aos *filières* e CSA, a abordagem de Porter não difere somente quanto a introdução do conceito de valor e suas consequências na estratégia competitiva das empresas. Enquanto os escopos de análise das duas primeiras escolas são fundamentalmente setoriais, o das cadeias de valor é todo construído a nível de uma unidade empresarial em particular. Segundo Porter (1989, p. 34) “[...] uma cadeia de valores a nível de setor ou da indústria é demasiadamente ampla, porque pode encobrir importantes fontes de vantagem competitiva”. Ele reforça seu argumento do foco na unidade de análise afirmando que, embora empresas concorrentes possam ter cadeias similares dentro de um setor, as cadeias de valores dos concorrentes geralmente diferem.

Para Porter (1989), as atividades inerentes à empresa como projetar, produzir, comercializar, entregar e sustentar seu produto fazem parte de sua cadeia de valor. Para o autor, compreender a configuração da cadeia de valor na qual atua é uma condição de suma importância para o posicionamento competitivo da firma.

Em forma de síntese, as características iniciais que avançam no conceito de cadeias de valores em contraposição aos *filières* e CSA, são a compreensão das atividades como estratégicas para a firma e também como geradoras de valor para o cliente. Pode-se adicionar a essas duas, também a compreensão de que as cadeias de valor expandem os limites organizacionais, na medida em que trabalham com um sistema mais abrangente de inter-relação e interdependência. Por fim, a abordagem das cadeias de valores não segue exclusivamente um sentido analítico único como propuseram as abordagens de *filières* e CSA.

A abordagem da Cadeia de Suprimentos (*Supply chain*) e Gestão de Cadeias de Suprimentos - GCS (*Supply Chain Management - SCM*)

O conceito de cadeia de suprimentos (*supply chain*) é tema de debate e pesquisa desde os anos 80. Partindo de um conceito mais sucinto, sintetizado em um conjunto de firmas que passavam materiais adiante, para revisões que introduziram as ideias de mercados e de consumidor final (POUNDER, BOVELL e PILGRIM-WORRELL, 2013).

Já a ideia de valor é um elemento incorporado no processo de evolução do conceito, acentuado no fim da década de 1990. A definição dada por Christopher (1998), resume esse processo e traz um consenso para a maioria dos teóricos, na medida em que compreende cadeia de suprimentos como:

[...] uma rede de organizações engajadas com consumidores e fornecedores, em uma gama de processos e atividades, que compõe valor na forma de produtos e serviços oferecidos aos consumidores finais. (CHRISTOPHER, 1998, p.14).

Azambuja (2002), demarca distinções entre o que compreende como cadeia produtiva, cadeia de valor e cadeia de suprimentos partindo das unidades de análise e da ideia de valor. Basicamente, nos conceitos que o autor apresenta na obra como diferentes entre si, a cadeia de suprimentos produz valor e tem como unidade de análise um setor industrial, enquanto que a cadeia de valor tem como unidade a firma, como já foi exposto anteriormente. E por fim, o conceito de cadeia produtiva não se remete a geração de valor, apesar de ser de caráter setorial.

Nesse sentido, a ideia de cadeia de suprimentos aqui é compreendida como uma abordagem complementar que incorpora a compreensão de cadeias produtivas e cadeias de valor, guardando significativa similaridade com essas duas.

Em um exercício para diferenciar o conceito de gestão logística do de Gestão de Cadeias de Suprimentos - GCS (*Supply Chain Management - SCM*), no final dos anos de 1990, Cooper, Lambert e Pagh (1997) definem o último como:

[...] a integração do processo de negócios do consumidor final através dos fornecedores primários que provem produtos, serviços e informação com valor adicionado para os clientes. (Cooper, Lambert e Pagh, 1997, p. 2)

Ahi e Searcy (2013), complementam que o conceito de GCS continuamente ampliou seus focos de análise abarcando as ideias de risco, performance e integração. E que o crescente interesse acadêmico pelo tema veio acompanhado de numerosas definições que o descrevem e apresentam algumas características-chaves ligadas a fluxos, coordenação, *stakeholders*, relacionamentos, eficiência, performance e valor.

Toda essa emergência do tema guarda estreita relação com as profundas mudanças nos ambientes de negócios que se intensificaram também no final de 1990. Nas discussões de Wood e Zuffo (1998) acerca da gestão da cadeia de suprimentos, o enfoque dessas mudanças se concentram mais nas profundas alterações dos sistemas de valores dos segmentos industriais, reorientados para essa lógica de geração de valor para o cliente. Contudo, nesse momento houve um outro vetor de mudança que reforçou a importância da GCS, esse foi o processo de globalização ou de fragmentação espacial da produção¹.

■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão apresentou uma leitura da trajetória histórica das abordagens de análise de cadeias produtivas. Nesta, foi possível identificar que, apesar das primeiras

¹ Para uma melhor compreensão da relação entre abordagens de estudos de cadeias produtivas e a globalização ver Ribeiro (2020).

abordagens de estudos, *filières* e CSA, estarem ligadas ao campo da economia industrial, os estudos seminais destas abordagens estiveram estritamente ligados à agro industrialização, e mais precisamente ao setor agroalimentar.

Com a introdução da ideia de valor de Porter, e os subsequentes debates impulsionados pelas cadeias de suprimentos, no final do século XX, as dimensões e direções analíticas dos estudos foram amplificadas. Neste contexto, as unidades de pesquisa também se amplificaram, por consequência as cadeias das *commodities* agrícolas e agroalimentares passaram a dividir o foco das atenções da academia.

Em linhas gerais, se comparada a outros produtos e serviços, as cadeias do agronegócio são em grande parte mais curtas, menos complexas, e mais limitadas em termos de agregação de valor ao consumidor final. Ao adicionarmos o fenômeno da globalização e consequente complexidade das redes globais de produção, os estudos de cadeias do agronegócio podem aparentemente ter se tornado menos atrativos, sobretudo, para pesquisadores com viés de análise voltado para as cadeias globais de valor.

Contudo, a COVID-19 chamou a atenção para o fato que o sistema de segurança alimentar mundial é dependente de cadeias globalizadas, mesmo que estas sejam menos complexas em termos espaciais e tecnológicos. Neste contexto, destaca-se a importância do estímulo a estudos com ênfase nas cadeias globais do agronegócio, independente da abordagem analítica, pois através deles será possível planejar e construir cadeias do agronegócio cada vez mais robustas e resilientes.

■ REFERÊNCIAS

Ahi, P.; Searcy, C. A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management. **J. Clean. Prod.**, 52, pp. 329-341. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.018>

Albuquerque, R. P. **Estratégias de empresas no setor de saúde suplementar – Análise da empresa “Previ Care” segundo a metodologia de Michael Porter**. São Paulo, 2005. 114p. Dissertação (Mestrado em Administração) - Escola de Administração de Empresas De São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, 2005. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10438/5815>

AZAMBUJA, M.M. B. **Processo de projeto e Instalação de elevadores em edifícios: diagnóstico e propostas de melhoria**. Porto Alegre, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/1931>

Christopher, M. **Logistics and supply chain management: Strategies for reducing costs and improving service**. London: Prentice Hall, 1998.

COOPER, M.C.; LAMBERT, D. M.; PAGH, J. D. Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics. **The International Journal of Logistics Management**, Vol. 8 Issue: 1, pp.1-14. 1997. <https://doi.org/10.1108/09574099710805556>

Dantas, A., Kertsnetzky, J., Prochnik, V. Empresa, indústria e mercados. **Economia Industrial**. Rio de Janeiro: Campus, 23-41, 2002.

Davis, J. H.; Goldberg, R. A. **Concept of agribusiness**. Boston: Harvard University Graduate School of Business Administration, 1957.

MARTINS, L. M. **Os relacionamentos privilegiados pela agroindústria Láctea gaúcha no gerenciamento de sua cadeia de suprimentos**. 2000. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/3026>

MORVAN, Y. **Fondements d'économie industrielle**. Paris: Econômica, 1988.

PORTER, M. **Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior**. 15ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

POUNDER, P., BOVELL, G., PILGRIM-WORRELL, S. A Review of Supply Chain Management and Its Main External Influential Factors. **Supply Chain Forum: an International Journal**, 14 (3), 42-50. 2013. <https://doi.org/10.1080/16258312.2013.11517320>

RIBEIRO, V. S.; LEAL, J. E. C.; SILVA, L. P. da; ROCHA, A. S. da. A COVID-19 e os efeitos sobre as cadeias do agronegócio: Observações preliminares a partir de uma revisão narrativa. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 9, p. e17711931796, 2022. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i9.31796>

RIBEIRO, V. S. **Development of performance indexes for analysis of global value chain: an application on tilapia production zones in Brazil**. Tese de doutorado — Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Universidade Federal do Tocantins, Palmas-TO, 2020. Disponível em: <https://umbu.uft.edu.br/bitstream/11612/2184/1/Vin%C3%ADcius%20Souza%20Ribeiro%20-%20Tese.pdf>

VARGAS, K. de F. S.; MOURA, G. L. de; BUENO, D. de F. dos S.; PAIM, E. S. E. A Cadeia de Valores e as Cinco Forças Competitivas como Metodologia de Planejamento Estratégico. **Revista Brasileira de Estratégia - REBRAE**. Curitiba, v.6, n.1, p. 11 -22. Jan/Abr., 2013. <https://doi.org/10.7213/rebrae.7663>

WOOD, J.R T.; ZUFFO, P. K. Supply chain management. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 55-63, jul./set. 1998. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rae/article/view/37>

ZOOTECNIA DE PRECISÃO: DESAFIOS PARA A PRODUÇÃO ANIMAL

| **Kelly Botigeli Sevegnani**

UNESP - Câmpus de Registro

RESUMO

A produção animal brasileira é uma das mais modernas e tecnológicas do mundo, o que a coloca em posição de destaque, exigindo o enfrentamento de muitos desafios. O aumento da produtividade com redução de custos deve ser buscado, respeitando-se o bem-estar animal e o meio-ambiente. Para alcançar tamanha marca, o Brasil apostou em desenvolvimento de tecnologias e protocolos de precisão desde as propriedades rurais até dentro das plantas frigoríficas. Os animais podem ser analisados e monitorados individualmente, buscando-se minerar o maior número de dados, processando-se adequadamente, a fim de encontrar respostas. A Internet das Coisas, o uso de robôs, tecnologias de identificação como microchips, a produção animal de precisão, produção inteligente, biocompatibilidade de sensores, computação em nuvem, aprendizado de máquina e a inteligência artificial e outros dispositivos utilizados têm sido estudados, com todos os seus desafios, benefícios e expectativas para o futuro. Estas tecnologias já vêm sendo utilizadas na produção animal, tanto nos manejos alimentar e reprodutivo quanto na rastreabilidade de produtos e dos processos envolvidos. Neste capítulo, é apresentado um histórico da zootecnia de precisão, bem como as diversas tecnologias envolvidas neste processo.

Palavras-chave: Rastreabilidade, Avicultura Industrial, Suinocultura Industrial, Bovinocultura.

A produção animal industrial brasileira é uma das mais modernas e tecnológicas do mundo, abastecendo, além do mercado interno, inúmeros países ao redor do globo. O Brasil alcançou esta marca apostando na tecnologia e em protocolos de produção, investindo em pesquisa e inovação em todo o processo produtivo, desde o manejo nas fazendas e granjas até dentro das plantas na indústria frigorífica.

Todo esse processo foi alavancado pela pesquisa científica e tecnológica na área de zootecnia de precisão, que nasceu e se desenvolveu no bojo da intensificação da produção animal. A Zootecnia de Precisão, assim como a agricultura de precisão, nasceu da necessidade de se otimizar a produção, lançando um olhar individual a cada agente do processo produtivo. Assim, cada animal passa a ser individualizado e não mais como parte de um grupo ou lote. Quanto maior o animal, mais individualizado estará dentro do processo produtivo.

Para viabilizar cada ação, a tecnologia computacional ligada a esses processos teve que ser desenvolvida com o objetivo de ser capaz de minerar o maior número de dados referentes ao animal, bem como proceder ao processamento adequado a fim de encontrar respostas para o volume de variáveis registradas.

Atrelado a todas essas questões, há o grande desafio enfrentado pela produção animal atualmente que é o uso de precisão e inteligência para alcançar a sustentabilidade. O conceito de “smart farms” tem sido trabalhado na adoção desta nova maneira de olhar para a produção animal, quer seja na pecuária ou nas granjas de suínos e aves, em consonância com a revolução tecnológica vista em todos os setores da sociedade.

A produção animal necessita alcançar um novo patamar com a adoção de tecnologias inteligentes que possam, por exemplo, agir na detecção precoce de doenças com diagnóstico preciso e indicação de tratamento, manejo alimentar que priorize menor custo com alimentos rastreados e menor produção de dejetos, além de alternativas para o manejo sanitário e reprodutivo. Além disso, o controle do ambiente com alerta para tomadas de decisão, principalmente em momentos críticos como ondas de calor que têm se apresentado em episódios cada vez mais intensos e mais frequentes, serão cada vez mais importantes num mundo que tem enfrentado mudanças climáticas em todos os continentes com consequências imprevisíveis.

A Internet das coisas (IoT), produção animal de precisão, produção inteligente, biocompatibilidade de sensores, computação em nuvem, aprendizado de máquina e a inteligência artificial e dispositivos utilizados têm sido estudadas em ritmo cada vez maior, com todos os seus desafios, benefícios e expectativas para o futuro.

A Internet das coisas pode ser um dos caminhos para o aumento da produtividade, melhorando a relação custo-benefício ao introduzir novas tecnologias. Em particular, a IoT pode tornar mais eficientes os processos da indústria agrícola, reduzindo a intervenção humana

por meio da automação. Diversos autores têm se debruçado sobre essas questões para apresentar soluções que muitas vezes tiveram origem em dispositivos utilizados e desenvolvidos para uso humano (ZHANG *et al.*, 2021; IDOJE *et al.*, 2021; MADUSHANKI *et al.*, 2019).

A zootecnia de precisão preconiza o alcance de melhores resultados na produção animal com o uso de tecnologias que permitam um menor custo de produção e maior produção com maior qualidade. A computação em nuvem e o armazenamento de um grande número de dados torna todo o processo muito mais flexível e disponível aos usuários, podendo ser acessado a qualquer tempo e de qualquer lugar, bastando para tal uma conexão com a internet. Utilizando-se de plataformas integradas, todos os usuários podem localizar e gerenciar as propriedades e lotes de rebanhos em suas propriedades (COLEZEA *et al.*, 2018).

A pecuária de precisão ou produção animal de precisão, conhecida pela sigla PFL (Precision Livestock Farming) faz parte do termo “agricultura inteligente” juntamente com a agricultura de precisão. Os algoritmos já são responsáveis por todos os processos envolvendo inteligência artificial e processamento de dados em diversos setores das atividades humanas, o que não é diferente no campo.

Diversas ferramentas têm sido desenvolvidas com velocidade cada vez maior envolvendo vários aspectos da produção animal, como genética, manejo nutricional, manejo reprodutivo, manejo sanitário, ambiência e bem-estar animal. Essas ferramentas vieram facilitar a aquisição de dados relativos à produção bem como seu gerenciamento e aplicação na minimização de custos e riscos ao produtor (FOTE *et al.*, 2020).

Atualmente, alguns dos limitadores para o desenvolvimento da zootecnia de precisão são a dificuldade de integração dos diversos sistemas encontrados no mercado e a formação e habilidade de muitos dos agricultores para entenderem e utilizarem suas metodologias e ferramentas (PIVOTO *et al.*, 2018).

O debate em torno da produção animal tem mirado novos aspectos nos últimos anos, particularmente no que tange ao bem-estar animal. A visão de que os animais são seres sencientes tem tomado vulto na sociedade, levando os consumidores e entidades de proteção e direito dos animais a exigir posturas em relação ao cuidado em toda a cadeia produtiva das empresas produtoras de alimentos de origem animal.

O mundo vê o aumento no número de consumidores que mudaram seus hábitos de consumo, até mesmo deixando de adquirir esses produtos ao longo do tempo. O aumento na pesquisa e produção de produtos de origem 100% vegetal, os chamados “plant-based” além das carnes de laboratório tem levado os produtores de alimentos de origem animal a reverem seus processos e práticas de produção.

A zootecnia de precisão pode se inserir neste processo ajudando a melhorar os diferentes aspectos de manejo dos animais, inclusive na questão do bem-estar e analisando quais

são realmente os ganhos reais na vida destes a partir de julgamentos éticos dos diversos atores no processo, produtores rurais, entidades e associações da sociedade e governamentais (DAWKINS, 2021).

Na produção avícola, por exemplo, diversos levantamentos a respeito das tecnologias utilizadas mostram que muitas delas ainda têm sido usadas para melhora nas diferentes etapas de manejo sem, contudo, ainda representar ganhos significativos na produção avícola (ROWE, 2019).

Rastreabilidade e dados

Foi no final do milênio passado que a Zootecnia de Precisão chegou ao Brasil, com o termo tendo sido cunhado primeiramente nos EUA e na Europa. A exigência de processos de rastreabilidade junto à produção por parte dos mercados consumidores de outros países impulsionou o desenvolvimento da zootecnia de Precisão ligada primeiramente à avicultura de corte e suinocultura, sendo seguida pela produção de bovinos de corte com o programa do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) de rastreabilidade – o SISBOV (Serviço Brasileiro de Rastreabilidade da Cadeia Produtiva de Bovinos e Bubalinos).

Um sistema de rastreabilidade eficaz e confiável contribui para melhorar a qualidade e a segurança dos alimentos e responde à demanda dos consumidores por informações sobre a proveniência dos alimentos. Dados de manejo e de origem geográfica dos animais estão relacionados profundamente com a segurança do alimento e suas propriedades físicas e químicas. No entanto, nem sempre os consumidores conseguem acesso à estas informações relativas à toda a cadeia de produção. Por isso, as tecnologias utilizadas nos sistemas de rastreabilidade acabam sendo essenciais. Para tanto, os animais precisam ser identificados individualmente ou em lotes, como no caso de frangos de corte. Diversos processos são utilizados como o sistema de identificação por radiofrequência (*tags ou transponders*) e impressão digital de DNA. Novos estudos estão sendo conduzidos para o desenvolvimento de sistemas mais eficientes e confiáveis para garantir a segurança destes produtos (ZHAO, 2020).

A rastreabilidade é muito importante para a indústria fabricante de alimentos principalmente para garantir a segurança de seus produtos para os consumidores. Deve-se ter em mente que o Brasil é um grande produtor de proteína animal e exporta para países ao redor do mundo todo, o que exige o atendimento a regulamentações de diversos governos e clientes exigentes. Tais garantias são essenciais para as grandes marcas existentes no mercado. A rastreabilidade precisa estar presente em toda a cadeia de produção e distribuição, permitindo equacionar e manejar eventuais processos de ameaça à saúde do consumidor ou violação de regras do mercado (CHARAN; PANGHAL, 2018).

Diversas empresas ofereceram sistemas de rastreabilidade como os brincos dotados de microchips ou códigos de barra, microchips injetáveis para identificação, microchips ativos com medidas de parâmetros fisiológicos, equipamentos instalados junto ao tronco de manejo para coleta de peso automatizada, podômetros para inferir cio e período fértil, equipamentos que captam vocalizações animais e detectam doenças a partir dos sons, equipamentos de ordenha automatizados e robotizados, alimentação e aleitamento de bezerros de maneira automatizada e controle de ambiente.

Historicamente, vários procedimentos foram adotados para identificar animais, tais como congelamento a quente e frio; tatuagens, brincos e picotes nas orelhas. Atualmente, novas tecnologias têm sido utilizadas como os sistemas biométricos, tendo como exemplo o padrão de retina e marcador molecular. No caso de etiquetas, as ondas de rádio têm sido usadas para transmitir informações de identificação do animal (radiofrequência). Independente do método utilizado, ele sempre envolve algum estresse no animal, maior ou menor, seja por aplicação de calor ou frio, cortes, furos ou mesmo a contenção (AHMAD; GHAZAL; AZIZ, 2022).

O bem-estar animal tem se tornado cada vez mais importante. O investimento em métodos que pontuem e/ou monitorem os animais, principalmente em sistemas de produção intensivos, onde são criados em densidades altas é um ponto chave para administrar bem essa questão. Este é um dos principais objetivos da PLF, fornecer ferramentas para o manejo ativo dos animais, que tornem a produção mais econômica, além de socialmente e ambientalmente sustentável. O bem-estar animal não é importante só do ponto de vista da ética, mas também para produzir mais e melhor, dentro de um processo mais transparente e eficiente. Os processos de PLF, ao envolver variáveis ambientais e fisiológicas, como hormônios, metabolismo basal, gasto energético, além dos comportamentais, mostra que o animal pode ser utilizado como um sensor. Os algoritmos serão capazes, então, de traduzir as respostas dos animais em indicadores zootécnicos que auxiliarão os agricultores nas tomadas de decisão diárias, antecipando problemas ao sugerir ações (JOOSSEN *et al.*, 2019).

Avicultura de corte e postura

Diversos eventos ocorridos ao longo das últimas décadas levaram à necessidade de se rastrear a produção de frangos de corte, demandada pelos países importadores, tais como a salmonelose nos anos 80, o aparecimento de dioxina, a vaca louca e surtos de febre aftosa no início do milênio.

A preocupação com o meio-ambiente e com a segurança alimentar formaram nichos de mercado nos últimos tempos, com a adoção de diversos protocolos pelas indústrias produtoras e a produção e criação das aves. O uso de grãos geneticamente modificados, a proibição do uso de ingredientes de origem animal em rações de ruminantes e herbívoros,

uso de soluções naturais na alimentação das aves, tais como enzimas, minerais orgânicos e leveduras e a proibição do uso de antibióticos e promotores de crescimento são alguns pontos que foram merecedores de atenção por parte dos grandes frigoríficos.

Com o crescente aumento da população mundial, a demanda por produtos alimentícios de origem animal também aumenta e a carne e ovos de galinhas tem um importante papel nessa cadeia. Sendo animais de pequeno porte e ciclo rápido, o aumento no alojamento destes é um caminho natural neste processo. A escassez da mão-de-obra e a preocupação cada vez maior com a biossegurança torna mais difícil o manejo, além de mais custoso.

Assim, neste contexto, o uso de sistemas inteligentes adquire cada vez mais ênfase na produção avícola, tendo como foco também o bem-estar das aves, na alimentação de precisão e detecção rápida de doenças e outros problemas nos aviários e também na cadeia toda. Estes sistemas preveem sensores inteligentes, automação de processos de produção, além de aplicativos e plataformas de tomada de decisão guiada por um conjunto de dados obtidos do plantel ou lote. Outros parâmetros importantes são o bem-estar das aves, alimentação de precisão e detecção rápida de doenças infecciosas. O volume de dados gerado pela coleta de dados é muito grande e exige ferramentas adequadas para sua interpretação. Todos esses aspectos podem ser interligados na propriedade rural, utilizando-se da IoT e outras tecnologias (ASTILL *et al.*, 2020; SOUZA *et al.*, 2020).

Fatores como o manejo, nutrição, genética, sanidade, instalações e a tecnologia contribuíram para o que hoje é a indústria avícola no país. Todos esses avanços tecnológicos tiveram impacto positivo na avicultura, permitindo maior controle do ambiente interno, principalmente no monitoramento da temperatura e da iluminação, no bem-estar das aves, obtendo-se melhores resultados zootécnicos e econômicos, além de otimizar o uso de mão de obra (SCHMIDT; SILVA, 2018).

A criação de animais utilizando-se de tecnologias inovadoras é revolucionário, tendo o poder de modificar todo o processo produtivo como hoje é conhecido. No setor de avicultura, as pesquisas em PLF mostram que é possível utilizando tecnologia de sensores e câmeras para aquisição em tempo real de dados ambientais, de comportamento e até mesmo sanitários na produção avícola podem ser ferramentas imprescindíveis no manejo das aves, mirando aumentos de produtividade e melhorias na criação (SEVEGNANI *et al.*, 2005). A característica da avicultura de corte de produzir em sistemas de alojamento intensivos em sistemas integrados pela indústria é um ponto positivo em relação a outros setores da produção animal, podendo contribuir ainda mais com o aumento de produção (MAHARJAN *et al.*, 2020).

Diversos autores têm apontado a preocupação dos consumidores com a qualidade dos produtos oferecidos e sua relação com a saúde e o bem-estar das aves na produção de carne

e ovos. O bem-estar está relacionado com o crescimento e desenvolvimento saudável das aves e sua capacidade de produção. As respostas comportamentais desses animais é uma das chaves para o entendimento do nível de bem-estar e são ferramentas simples e não-invasivas que podem ser essenciais nesta avaliação. Dentro deste contexto, várias técnicas de PFL podem ser utilizadas como análise das vocalizações em grupos ou lotes de aves para monitoramento de aspectos de saúde e bem-estar, sensores por rádio-frequência em cada indivíduos, rastreamento de movimento dentro do galpão, entre outros (LI *et al.*, 2020).

O desenvolvimento de diversos recursos em automação inteligente para uso na agricultura e pecuária tem potencial enorme na produção. Esses recursos desenvolvidos na avicultura incluem monitoramento dos animais e do ambiente, coleta dos ovos e limpeza. Robôs têm sido desenvolvidos para auxiliar na produção avícola (REN *et al.*, 2020). Alguns exemplos são o robô Octopus Poultry Safe que limpa os aviários, o PoultryBot que recolhe ovos no piso e o Spoutnic que estimula o movimento dos animais no solo. A Tabela 1, adaptada de Olejnik *et al.* (2022), compara os diversos tipos de processos de PFL encontrados atualmente no mercado de produção avícola.

Tabela 1. Ferramentas PLF utilizadas na avicultura. Os pontos vermelhos indicam funções disponíveis e os verdes funções indisponíveis.

	Kai-zen Robot	Feed CAsT	eYenamic System	Octopus Poultry Safe	ChickenBoy
Medição de gás					
Monitoramento de temperatura					
Monitoramento de ventilação					
Monitoramento de umidade					
Sensor de luz					
Manejo de água e ração					
Condições técnicas do aviário					
Monitoramento nível de ruído					
Desinfecção da cama					
Remoção de aves mortas					
Algoritmos – inteligência artificial					
Uso de câmeras					
Uso de câmeras de infravermelho					
Rastreamento ativo					
Monitoramento da distribuição dos lotes					

Adaptado de Olejnik *et al.* (2022).

O equipamento chamado de ChickenBoy possui diferentes sensores e várias câmeras, atuando de forma suspensa por um sistema de trilhos instalados no teto e acompanha o que está acontecendo no interior do aviário. Os dados coletados são processados e analisados por uma unidade de processamento com algoritmos complexos de Inteligência artificial, segundo informações do fabricante do equipamento.

Já uma empresa francesa lançou o robô Octopus Robots, totalmente autônomo. Entre suas funções, estão limpar e desinfetar os galpões avícolas, tombar e arejar a cama das aves. Segundo o fabricante, os usuários podem customizar os equipamentos, com a capacidade de realizar diferentes tarefas.

Outro equipamento que já se encontra no mercado é o sistema de controle nomeado “FeedCast”, alimentado por energia solar, sem fios, que monitora o estoque de comedouros e fornece dados precisos sobre o consumo de ração. Além desses, há outros em operação que coletam, analisam e armazenam dados, possuindo sensores, câmeras e outros sistemas, coletando dados ambientais (temperatura, umidade, dióxido de carbono e níveis de amônia, entre outros) o que serve de alerta de problemas e adversidades na produção dentro dos aviários.

Na avicultura de postura, a automação dos sistemas em grandes empresas produtoras de ovos já é realidade há muito tempo. Coletas automáticas de ovos, descarte automático de dejetos, alimentação controlada e bebedouros automáticos, além de monitoramento constante do ambiente e climatização já são utilizados (REN *et al.*, 2020).

Suinocultura

A pecuária de precisão também chegou à suinocultura. Inicialmente com sistemas de radiofrequência para identificar de maneira rápida e automática os animais, hoje tem-se diversos sistemas atrelados à zootecnia de precisão e avanços tecnológicos na suinocultura (DIANA *et al.*, 2019).

Tendo como foco o bem-estar dos animais, pesquisas com tecnologias para identificação do rebanho, identificação por radiofrequência, (RFID), reconhecimento ótico de caracteres, reconhecimento facial; sensores e reconhecimento animal, câmeras 2D e 3D em estudos de psicologia e comportamento, microfones para captação da vocalização dos animais (FERRARI *et al.*, 2008), utilizado para detecção precoce de doenças, termistores e imagem infravermelha na detecção de temperatura de pele, acelerômetros para rastreamento de movimento (BENJAMIM; YIK, 2019; PANDORFI *et al.*, 2005).

A grande quantidade de dados gerados por esses sistemas municia o produtor com muitas informações sobre o plantel e também de cada animal individualmente, suscitando tecnologias de mineração desses dados.

Gómez *et al.* (2021) fez um levantamento das tecnologias mais frequentemente validadas atualmente em suinocultura. Foram encontradas soluções baseadas em visão, células de carga em comedouros e bebedouros, plataformas e balanças; acelerômetros para detecção de movimento, microfones, câmeras térmicas, sensores fotoelétricos, identificação por radiofrequência (RFID), termômetros infravermelhos e pirômetro. Os equipamentos

foram utilizados para avaliação da atividade e comportamento, consumo de água e ração, condição física e saúde, importantes para avaliação do bem-estar animal na fazenda na produção de suínos.

Produção leiteira

A PLF tem encontrado na pecuária leiteira um terreno fértil para sua expansão. No início, os equipamentos de ordenha mecânica com controle do leite juntaram-se a sistemas de RDIF. Hoje, encontra diversas aplicações na produção, em sistemas intensivos e extensivos.

A importância do suporte tecnológico na produção leiteira em todas as suas etapas se dá pelos benefícios na sustentabilidade do meio ambiente, na questão econômica e social. Assim, o apoio aos processos de tomada de decisão por parte dos produtores possibilita a rastreabilidade e o controle da qualidade do leite, bem como do controle dos animais (LOVARELLI; BACENETTI; GUARINO, 2020).

Em relação às tecnologias utilizadas na pecuária leiteira, tem-se diversas aplicações que auxiliam na avaliação do bem-estar do gado leiteiro que pode ser medido em tempo real. As tecnologias são compostas por acelerômetros para captar a movimentação do animal, câmeras, células de carga, sensores de leite diversos e bolus ruminais para identificação. Tais tecnologias monitoram a atividade animal, o comportamento alimentar e ingestão de água, condição física e saúde dos animais (STYGAR *et al.*, 2021).

A zootecnia de precisão é empregada na produção leiteira em diversos pontos dentro do processo produtivo, seja na identificação dos animais com sistemas de radiofrequência, na distribuição de ração, detecção de cio e movimentação, distribuição de leite aos bezerros, ordenha robotizada, climatização e controle do ambiente, controle de produção de leite, pesagem automática dos animais, monitoramento sanitário e detecção de doenças.

Produção de carne bovina

No início dos anos 2000, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) lançou o SISBOV (Serviço Brasileiro de Rastreabilidade da Cadeia Produtiva de Bovinos e Bubalinos) com o objetivo de “registrar e identificar o rebanho bovino e bubalino do território nacional possibilitando o rastreamento do animal desde o nascimento até o abate, disponibilizando relatórios de apoio a tomada de decisão quanto a qualidade do rebanho nacional e importado” (MAPA, 2022). Tal iniciativa veio de encontro à necessidade já estabelecida pelos mercados de frango de corte e suínos de se fazer a rastreabilidade da produção da chamada “porteira para dentro” até o prato do consumidor. Vários fatores ocorridos na década de 80 vieram corroborar.

Os objetivos da implantação do sistema, que podem ser encontrados na página da internet do MAPA (2022) foram eliminar ou minimizar as inconsistências sanitárias, aumentando a competitividade nos mercados nacionais e internacionais; incentivar os pecuaristas a investir em melhorias genéticas nos rebanhos, através da venda à rendimento, nos pontos de pesagem normatizados, dessa maneira, conseguindo melhores resultados financeiros. Além de incentivar a inovação tecnológica para fazer frente à competição; facilitar a avaliação de políticas públicas de incentivo à pecuária e permitir aos frigoríficos um novo patamar de resultados, mantendo o Brasil no topo do mercado exportador e conseguindo melhores resultados financeiros para a carne certificada no mercado interno.

A produção de carne bovina é uma das atividades mais importantes no agronegócio, sendo bastante competitiva e com grande participação no rol de exportações brasileiras. Neste cenário, a rastreabilidade pode garantir que o produto seja mais eficiente e diminua os custos envolvidos nos processos de produção. Também é exigência de muitos mercados supridos pelo produto, tanto pela segurança alimentar e qualidade quanto pelo fornecimento de informações a toda a cadeia produtiva, incluindo aí o consumidor final. Desta maneira, o sistema de rastreabilidade SISBOV é essencial para que o fluxo de informações funcione de maneira adequada (KHALIL, 2020).

No Brasil, a implantação deste sistema de rastreabilidade e certificação torna possível a identificação dos animais, bovinos de corte e bubalinos desde o nascimento até seu abate, permitindo verificar os diferentes registros durante toda a vida do animal. Isto se faz necessário tanto pela necessidade de acompanhar os animais bem como para o consumidor que pode verificar a procedência do produto que está comprando. Batistelli (2022) concluiu em seu artigo que há resistência por parte dos produtores em implantar e manter o sistema, que não é obrigatório, por acreditarem que os custos do processo aumentarão os gastos na propriedade rural.

Sales-Baptista *et al.* (2019) fez um levantamento de vários trabalhos que se utilizaram das ferramentas de precisão para monitorar o comportamento de pastoreio dos animais no pasto, aplicando o pastoreio de precisão.

As tecnologias mais aplicadas ao rebanho de corte são *tags* de identificação por radiofrequência (RFID) que proporcionam uma identificação eletrônica, facilitando o manejo, identificação e controle do rebanho (Reis; Barella; Stoppa, 2019).

A PLF também pode ajudar como estratégia potencial para mitigar os riscos ambientais representados pela pecuária, tornando-a mais sustentável econômica, social e ambientalmente. Através da observação e interpretação de comportamentos, com controle individual dos animais. A PLF pode apoiar diferentes estratégias de manejo, impactando menos o ambiente, reduzindo a emissão de gases de efeito estufa (GEE) e amônia (NH₃) no ar, poluição

de nitratos e antibióticos em corpos d'água pelos dejetos, fósforo, antibióticos e metais no solo (TULLO; FINZI; GUARINO, 2019).

■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mundo vive hoje uma era de transformações calcadas na tecnologia da informação. As mudanças climáticas, aceleradas por ação do homem e a pandemia de COVID-19 trazem alertas importantes sobre qual o caminho a seguir para o futuro da produção de alimentos, dentre eles a produção de alimentos de origem animal.

Os impactos da produção animal, bem como a preocupação crescente com aspectos do bem-estar dos animais pavimentam o caminho para que novas tecnologias venham de encontro à mitigação destes problemas, produzindo alimentos de qualidade para uma população crescente de pessoas que buscam segurança alimentar.

A PLF tem essas respostas para a humanidade, produzindo animais com maior nível de bem-estar, menores custos econômicos, ambientais e sociais e qualidade de produto.

■ REFERÊNCIAS

AHMAD, M.; GHAZAL, T. M.; AZIZ, N. A survey on Animal Identification Techniques Past and Present. **International Journal of Computational and Innovative Sciences**, v. 1, n. 2, p. 1-7, 2022.

ASTILL, J.; DARA, R. A.; FRASER, E. D.; ROBERTS, B.; SHARIF, S. Smart poultry management: Smart sensors, big data, and the internet of things. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 170, p. 105291, 2020.

BATISTELLI, J. C. D. O. R.; BATISTELLI, I. J. C.; DE MENEZES, F. L.; DE ARAÚJO, C. V. Estimativas de rastreabilidade e certificação da carne bovina no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, p. e4111427079-e4111427079, 2022.

BENJAMIN, M.; YIK, S. Precision livestock farming in swine welfare: a review for swine practitioners. **Animals**, v. 9, n. 4, p. 133, 2019.

CHARAN, S.; PANGHAL, A. N. I. L. Importance of traceability in food supply chain for brand protection and food safety systems implementation. **Ann Biol**, v. 34, n. 2, p. 111-118, 2018.

COLEZEA, M., MUSAT, G., POP, F., NEGRU, C., DUMITRASCU, A., MOCANU, M. CLUe-FARM: Integrated web-service platform for smart farms. **Computers and electronics in agriculture**, v. 154, p. 134-154, 2018.

DAWKINS, M. S. Does smart farming improve or damage animal welfare? Technology and what animals want. **Frontiers in Animal Science**, v. 2, p. 736536, 2021.

DIANA, A.; CARPENTIER, L.; PIETTE, D.; BOYLE, L. A.; BERCKMANS, D.; NORTON, T. An ethogram of biter and bitten pigs during an ear biting event: first step in the development of a Precision Livestock Farming tool. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 215, p. 26-36, 2019.

FERRARI, S.; SILVA, M.; GUARINO, M.; AERTS, J. M.; BERCKMANS, D. Cough sound analysis to identify respiratory infection in pigs. **Computers and electronics in agriculture**, v. 64, n. 2, p. 318-325, 2008.

FOTE, F. N.; MAHMOUDI, S.; ROUKH, A.; MAHMOUDI, S. A. Big data storage and analysis for smart farming. In: 2020 5th International Conference on Cloud Computing and Artificial Intelligence: Technologies and Applications (CloudTech). **IEEE**, p. 1-8, 2020.

GÓMEZ, Y.; STYGAR, A. H.; BOUMANS, I. J.; BOKKERS, E. A.; PEDERSEN, L. J.; NIEMI, J. K.; LLONCH, P. A systematic review on validated precision livestock farming technologies for pig production and its potential to assess animal welfare. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 8, p. 660565, 2021.

IDOJE, G.; DAGIUKLAS, T.; IQBAL, M. Survey for smart farming technologies: Challenges and issues. **Computers & Electrical Engineering**, v. 92, p. 107104, 2021.

JOOSEN, P.; NORTON, T.; MARCHANT-FORDE, J.; BERCKMANS, D. Animal welfare monitoring by real-time physiological signals. **Precision Livestock Farming'19**, p. 337-344, 2019.

KALIL, W. Análise dos fluxos de informação e sua inter-relação com a rastreabilidade da carne bovina: a visão das certificadoras sobre a adesão ao Sistema Brasileiro de Identificação Individual de Bovinos e Búfalos (SISBOV). 2020. Dissertação de Mestrado. UNESP.

LI, N.; REN, Z.; LI, D.; ZENG, L. Automated techniques for monitoring the behaviour and welfare of broilers and laying hens: towards the goal of precision livestock farming. **Animal**, v. 14, n. 3, p. 617-625, 2020.

LOVARELLI, D.; BACENETTI, J.; GUARINO, M. A review on dairy cattle farming: Is precision livestock farming the compromise for an environmental, economic and social sustainable production?. **Journal of Cleaner Production**, v. 262, p. 121409, 2020.

MADUSHANKI, A. R.; HALGAMUGE, M. N.; WIRASAGODA, W. S.; ALI, S. Adoption of the Internet of Things (IoT) in agriculture and smart farming towards urban greening: A review. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, v. 10, n. 4, 2019.

MAHARJAN, P.; LIANG, Y. Precision Livestock Farming: The Opportunities in Poultry Sector. **J. Agric. Sci. Technol. A**, v. 10, p. 45-53, 2020.

MAPA, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/saude-animal-e-vegetal/saude-animal/rastreabilidade-animal/sisbov>>. Acesso em: 27/04/2022.

OLEJNIK, K.; POPIELA, E.; OPALIŃSKI, S. Emerging Precision Management Methods in Poultry Sector. **Agriculture**, v. 12, n. 5, p. 718, 2022.

PANDORFI, H.; SILVA, I. J.; SEVEGNANI, K. B.; CARO, I. W. Locais de implante de microchips de identificação eletrônica de leitões: seleção e validação por análise de imagem. **Engenharia Agrícola**, v. 25, p. 1-9, 2005.

PIVOTO, D.; WAQUIL, P. D.; TALAMINI, E.; FINOCCHIO, C. P. S.; DALLA CORTE, V. F.; DE VARGAS MORES, G. Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil. **Information processing in agriculture**, v. 5, n. 1, p. 21-32, 2018.

REIS, R. T.; BARELLA, B. P.; STOPPA, M. H. Management and Control of Cattle Using Identification by RFID Technology. **International Journal for Innovation Education and Research**, v. 7, n. 7, p. 301-316, 2019.

REN, G.; LIN, T.; YING, Y.; CHOWDHARY, G.; TING, K. C. Agricultural robotics research applicable to poultry production: A review. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 169, p. 105216, 2020.

ROWE, E.; DAWKINS, M. S.; GEBHARDT-HENRICH, S. G. A systematic review of precision livestock farming in the poultry sector: Is technology focussed on improving bird welfare?. **Animals**, v. 9, n. 9, p. 614, 2019.

SALES-BAPTISTA, E.; FERRAZ-DE-OLIVEIRA, M.I.; LOPES DE CASTRO, J.A.; RATO, L.M.; CANCELA D'ABREU, M. Pastoreio de precisão: monitorizar o comportamento dos animais para adaptar a oferta à procura. **Revista Portuguesa de Zootecnia**, v. 2, n. 2, p. 121-128, 2019.

SCHMIDT, N.S.; SILVA, C.L. Pesquisa e desenvolvimento na cadeia produtiva de frangos de corte no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.56, n.3, p.467- 482, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560307>

SEVEGNANI, K. B.; CARO, I. W.; PANDORFI, H.; DA SILVA, I. J.; MOURA, D. J. Zootecnia de precisão: análise de imagens no estudo do comportamento de frangos de corte em estresse térmico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 115-119, 2005.

SOUZA, C. S.; VIEITES, F. M.; URIBE, J. F. C.; NUNES, R. V.; DE LIMA, C. A. R. Tecnologia e sustentabilidade na cadeia avícola brasileira. **X SIMBRAS**, p. 239, 2020.

STYGAR, A. H.; GÓMEZ, Y.; BERTESELLI, G. V.; DALLA COSTA, E.; CANALI, E.; NIEMI, J. K.; PASTELL, M. A systematic review on commercially available and validated sensor technologies for welfare assessment of dairy cattle. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 8, p. 634338, 2021.

TULLO, E.; FINZI, A.; GUARINO, M. Environmental impact of livestock farming and Precision Livestock Farming as a mitigation strategy. **Science of the total environment**, v. 650, p. 2751-2760, 2019.

ZHAO, J.; LI, A.; JIN, X.; PAN, L. Technologies in individual animal identification and meat products traceability. **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, v. 34, n. 1, p. 48-57, 2020.

ZHANG, M.; WANG, X.; FENG, H.; HUANG, Q.; XIAO, X.; ZHANG, X. Wearable Internet of Things enabled precision livestock farming in smart farms: A review of technical solutions for precise perception, biocompatibility, and sustainability monitoring. **Journal of Cleaner Production**, v. 312, p. 127712, 2021.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Wilson José Oliveira de Souza

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1996), mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2000) e doutorado em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2004). Atualmente é Professor Assistente Doutor da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus de Registro. Atua na área de Engenharia de água solo, atuando principalmente nos seguintes temas: sistema de produção conservacionista, máquinas e mecanização agrícola (relação solo-máquina), plantio direto, compactação e manejo de solo.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5422804421077305>

Alex Guimarães Sanches

Engenheiro Agrônomo (Universidade Federal do Pará, PA). Mestre em Agronomia/Fitotecnia (Universidade Federal do Ceará, CE). Doutor em Agronomia/Produção Vegetal (Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal - SP). Atuando nas seguintes linhas: Fisiologia e bioquímica vegetal, Fisiologia de Pós-colheita (qualidade físico-química, processamento mínimo, metabolismo oxidativo e de vitamina C, compostos bioativos, manejo de pragas e doenças de grãos e frutas armazenadas), Tecnologia de Alimentos (animal e vegetal), Fruticultura (produção de mudas, estaquia, enxertia, alporquia).

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2372153782028484>

ÍNDICE REMISSIVO

- A**
- Abordagem de Análise:** 252
- Aeronave Remotamente Pilotada:** 229
- Agricultura de Precisão:** 83, 84, 89, 90, 91, 92, 93, 208, 229, 261, 262
- Agricultura Familiar:** 114, 115, 116, 117, 120, 123, 126, 127, 150, 187, 191
- Agronegócio:** 28, 96, 97, 118, 145, 189, 223, 227, 230, 252, 253, 257, 258, 269
- Agrotóxicos:** 90, 165, 229, 230, 232, 233
- Alelopatia:** 46
- Alterações Climáticas:** 13, 242
- Análises Físico-Químicas:** 222, 224
- Aproveitamento de Resíduo:** 61
- Avicultura Industrial:** 260
- B**
- Bioinformática:** 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 43
- Bovinocultura:** 260
- C**
- Cadeia Produtiva:** 98, 209, 223, 252, 253, 254, 256, 262, 263, 268, 269, 272
- Casca de Coco Verde:** 61, 77, 80
- Ciclagem de Nutrientes:** 95, 104, 108
- Ciências Computacionais:** 25
- Ciências Ômicas:** 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 36
- Cocus Nucifera:** 61
- Comercialização:** 64, 68, 114, 115, 117, 118, 119, 125, 126, 127, 160, 161, 162, 163, 165, 166, 168, 169, 172, 173, 174, 179, 181, 191, 193, 195, 201
- Competição:** 46, 47, 182, 269
- Compostos Bioativos:** 34, 193, 195
- Consórcio:** 22, 95, 96
- D**
- Drones:** 83, 84, 88, 90, 91, 92, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239
- E**
- Evapotranspiração:** 13, 14, 16, 18, 19, 20
- Evolução:** 79, 183, 195, 251, 252, 255
- F**
- Feira Livre:** 115, 118
- Feiras Livres:** 118, 221, 222, 224
- Fertilisation:** 129, 137
- G**
- Gases de Efeito Estufa:** 58, 95, 96, 97, 99, 102, 104, 105, 111, 241, 242, 243, 245, 246, 269
- H**
- Hortaliça:** 61, 75
- I**
- Inovações Tecnológicas:** 25, 28, 178, 179, 180, 188
- Invasão Biológica:** 46
- Irrigação:** 13, 14, 21, 22, 23, 90, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 180, 182, 186, 187, 188, 189, 243
- Irrigation:** 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 143, 144, 145, 146, 158
- M**
- Maçã:** 207, 208, 209, 210, 211, 218, 219, 220
- Mitigador:** 241, 243, 245, 246
- Mudanças Climáticas:** 21, 22, 31, 96, 241, 242, 243, 245, 246, 261, 270

Multivariate: 129, 134, 137, 146

N

Necessidade Hídrica: 149, 153, 154

Nematóides: 208, 210, 211, 212, 213, 215, 216, 217, 218, 219

P

Polímero Hidroretentor: 149, 154

Precipitação: 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 49, 151

Produção: 13, 14, 21, 22, 26, 27, 28, 31, 32, 58, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 88, 89, 90, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 113, 115, 116, 117, 119, 124, 125, 126, 145, 146, 147, 150, 157, 162, 163, 165, 166, 172, 173, 174, 175, 176, 178, 179, 182, 183, 184, 185, 187, 188, 189, 190, 191, 194, 196, 198, 200, 203, 208, 209, 210, 211, 219, 222, 223, 224, 229, 236, 238, 242, 245, 246, 247, 252, 253, 254, 256, 257, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270

Produtos Agrícolas: 96, 116, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175

Q

Qualidade do mel: 222, 223, 226

R

Rastreabilidade: 229, 238, 260, 263, 264, 268, 269, 270, 271

Reboleiras: 83, 84, 88, 91, 92, 208, 217, 219

S

Sensoriamento Remoto: 207, 208, 210, 211, 218, 219, 220

Substâncias Exógenas: 193, 198, 201

Substrato: 61, 62, 63, 64, 65, 66, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 90, 150, 151, 152, 199

Suinocultura Industrial: 260

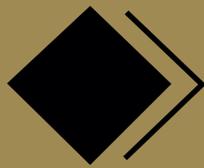
T

Tecnologia Alternativa: 241

Transporte: 105, 107, 117, 118, 120, 122, 124, 125, 126, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 197, 198, 237

V

Videiras: 193, 194, 195, 197, 198



científica digital



VENDA PROIBIDA - ACESSO LIVRE - OPEN ACCESS

