



# Agroeconomia:

Diálogos sobre pesquisas,  
estudos e práticas estratégicas nas  
ciências agrárias

Adilson Tadeu Basquerote Silva  
Edilene Dias Santos  
Roger Goulart Mello  
Organizadores



2022





# Agroeconomia:

Diálogos sobre pesquisas,  
estudos e práticas estratégicas nas  
**ciências agrárias**

Adilson Tadeu Basquerote Silva

Edilene Dias Santos

Roger Goulart Mello

Organizadores



**2022**

2022 by Editora e-Publicar  
Copyright © Editora e-Publicar  
Copyright do Texto © 2022 Os autores  
Copyright da Edição © 2022 Editora e-Publicar  
Direitos para esta edição cedidos à Editora e-Publicar  
pelos autores

**Editora Chefe**  
Patrícia Gonçalves de Freitas  
**Editor**  
Roger Goulart Mello  
**Diagramação**  
Lidiane Bilchez Jordão  
Dandara Goulart Mello  
Roger Goulart Mello  
**Projeto gráfico e Edição de Arte**  
Patrícia Gonçalves de Freitas  
**Revisão**  
Os autores

## **AGROECONOMIA: DIÁLOGOS SOBRE PESQUISAS, ESTUDOS E PRÁTICAS ESTRATÉGICAS NAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS, VOLUME 1.**

Todo o conteúdo dos capítulos, dados, informações e correções são de responsabilidade exclusiva dos autores. O download e compartilhamento da obra são permitidos desde que os créditos sejam devidamente atribuídos aos autores. É vedada a realização de alterações na obra, assim como sua utilização para fins comerciais.

A Editora e-Publicar não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

### **Conselho Editorial**

Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade Federal de Santa Catarina  
Alessandra Dale Giacomini Terra – Universidade Federal Fluminense  
Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Andrelize Schabo Ferreira de Assis – Universidade Federal de Rondônia  
Bianca Gabriely Ferreira Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Cristiana Barcelos da Silva – Universidade do Estado de Minas Gerais  
Cristiane Elisa Ribas Batista – Universidade Federal de Santa Catarina  
Daniel Ordane da Costa Vale – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais  
Danyelle Andrade Mota – Universidade Tiradentes  
Dayanne Tomaz Casimiro da Silva - Universidade Federal de Pernambuco  
Deivid Alex dos Santos - Universidade Estadual de Londrina  
Diogo Luiz Lima Augusto – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro  
Edilene Dias Santos - Universidade Federal de Campina Grande  
Edwaldo Costa – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo  
Elis Regina Barbosa Angelo – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo  
Ernane Rosa Martins - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Fábio Pereira Cerdera – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Francisco Oricelio da Silva Brindeiro – Universidade Estadual do Ceará  
Glaucio Martins da Silva Bandeira – Universidade Federal Fluminense





Helio Fernando Lobo Nogueira da Gama - Universidade Estadual De Santa Cruz  
Inaldo Kley do Nascimento Moraes – Universidade CEUMA  
Jesus Rodrigues Lemos - Universidade Federal do Delta do Parnaíba  
João Paulo Hergesel - Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Jose Henrique de Lacerda Furtado – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Jordany Gomes da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Jucilene Oliveira de Sousa – Universidade Estadual de Campinas  
Luana Lima Guimarães – Universidade Federal do Ceará  
Luma Mirely de Souza Brandão – Universidade Tiradentes  
Marcos Pereira dos Santos - Faculdade Eugênio Gomes  
Mateus Dias Antunes – Universidade de São Paulo  
Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes  
Naiola Paiva de Miranda - Universidade Federal do Ceará  
Rafael Leal da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Rita Rodrigues de Souza - Universidade Estadual Paulista  
Rodrigo Lema Del Rio Martins - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Willian Douglas Guilherme - Universidade Federal do Tocantins

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

A281 Agroecologia [livro eletrônico] : diálogos sobre pesquisas, estudos e práticas estratégicas nas ciências agrárias: volume 1 / Organizadores Adilson Tadeu Basquerote Silva, Edilene Dias Santos, Roger Goulart Mello.– Rio de Janeiro, RJ: e-Publicar, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5364-085-6

1. Ciências agrárias – Pesquisa – Brasil. 2. Agroecologia.  
I. Silva, Adilson Tadeu Basquerote. II. Santos, Edilene Dias. III. Mello, Roger Goulart.

CDD 630

**Elaborado por Ana Carolina Silva de Souza Jorge – CRB6/2610**

**Editora e-Publicar**

Rio de Janeiro, Brasil

contato@editorapublicar.com.br

www.editorapublicar.com.br



2022



---

## Apresentação

É com grande satisfação que a Editora e-Publicar vem apresentar a obra intitulada "Agroeconomia: Diálogos sobre pesquisas, estudos e práticas estratégicas nas ciências agrárias, Volume 1". Neste livro engajados pesquisadores contribuíram com suas pesquisas. Esta obra é composta por capítulos que abordam múltiplos temas da área.

Desejamos a todos uma excelente leitura!

Editora e-Publicar

---

# Sumário

CAPÍTULO 1 .....	11
PLANTAS DE SALSA SUBMETIDAS A DOSES DE FÓSFORO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA.....	11
	Gildeon Santos Brito Girlene Santos de Souza Anacleto Ranulfo dos Santos
CAPÍTULO 2 .....	21
SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO NA CULTURA DA SOJA .....	21
	Jorge Wilson Cortez Diandra Pinto Della Flora Amanda de Oliveira Ribeiro Nilsa Maria Leon Lopez
CAPÍTULO 3 .....	29
SISTEMAS DE MANEJO DA PALHA EM PLANTIO DIRETO E SUBSOLAGEM, NA CULTURA DA SOJA .....	29
	Jorge Wilson Cortez Diandra Pinto Della Flora Amanda de Oliveira Ribeiro Nilsa Maria Leon Lopez
CAPÍTULO 4 .....	37
ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE APLICADO À VACAS LEITEIRAS NO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL .....	37
	Daiane de Oliveira Lamberty José Gabriel Vieira Neto
CAPÍTULO 5 .....	48
A ASSISTÊNCIA TÉCNICA E A EXTENSÃO RURAL/ATER: TRAJETÓRIA DE UMA POLÍTICA PÚBLICA .....	48
	Rodson Oldani Casanova Leonice Aparecida De Fátima Alves Pereira Mourad Clebes Iolanda Leodice Alves Nathalia Boeira Coghetto Nathalia Roberta Dias Dos Santos
CAPÍTULO 6 .....	59
EFEITOS DO SISTEMA AGROALIMENTAR GLOBAL NA SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL .....	59
	Maria Leticia Barbosa Xavier



<b>CAPÍTULO 7</b> .....	68
O “DESBARRANCADO” DA FAZENDA CURRALINHO EM ABADIÂNIA (GO): PROPOSTAS DE PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS E AÇÕES MITIGADORAS .....	68
	Amanda Caroliny de Lima Silva Vandervilson Alves Carneiro Simone Marques Faria Lopes André Luiz Ribas de Oliveira
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	91
ADUBAÇÃO ORGÂNICA E ACIDEZ DO SOLO: UMA REVISÃO DE LITERATURA...91	
<b>DOI 10.47402/ed.ep.c202217788856</b>	Aglair Cardoso Alves Ana Carolina Rabêlo Nonato Gisele Chagas Moreira Joice Andrade Bonfim Fábio Nascimento de Jesus Aline dos Anjos Souza Felizarda Viana Bebé Elton Silva Leite
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	101
DESENVOLVIMENTO RURAL: UMA ANÁLISE ECONÔMICA DO CRÉDITO RURAL, DESTINADO À AGRICULTURA FAMILIAR EM CAROLINA-MA. ....	101
<b>DOI 10.47402/ed.ep.c202217819856</b>	Angela Cristina dos Santos Carvalho Minervino Ana Beatriz Martins Soares Ronie Carlos Magalhães Chagas Leonardo Oliveira da Silva Coelho Cláudia Araújo Moreira Iberê Pereira Parente Luiz Aurélio Batista Neto
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	122
TILAPICULTURA BRASILEIRA, UMA BREVE REVISÃO .....	122
<b>DOI 10.47402/ed.ep.c2022177510856</b>	Rildo José Vasconcelos de Andrade Ângelo Raphael Alexandre da Silva Bruno Borba Santos Ferreira Costa Elizabeth Pereira dos Santos Rudã Fernandes Brandão Karoline Rachel Teodosio de Melo Alfredo Olivera Gálvez
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	131
CARACTERÍSTICAS E ATRIBUTOS DO SURURU COMERCIALIZADO NO BRASIL .....	131
<b>DOI 10.47402/ed.ep.c2022177611856</b>	Ângelo Raphael Alexandre da Silva Atílio Vinícius Alexandre da Silva Elizabeth Pereira dos Santos Filipe José da Silva Guilherme Melgaço Heluy July Emanuele da Silva Souza Karoline Rachel Teodosio de Melo Rudã Fernandes Brandão

<b>CAPÍTULO 12</b> .....	143
ÁCIDO JASMÔNICO COMO IMPULSIONADOR DE RESISTÊNCIA EM PLANTAS...	143
<b>DOI 10.47402/ed.ep.c2022177611856</b>	Carlos Augusto Cavalcante de Oliveira Renata Ferreira da Silva Vitor Resende do Nascimento Ana Ecídia de Araújo Brito Glauco André dos Santos Nogueira Joze Melisa Nunes de Freitas Cândido Ferreira de Oliveira Neto
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	157
ANÁLISE DO POTENCIAL DE RENDIMENTO E RENTABILIDADE DO TRIGO PARA A REGIÃO CENTRAL DO ESTADO DO PARANÁ – METANÁLISE.....	157
<b>DOI 10.47402/ed.ep.c2022176313856</b>	Elton Paulo Dobrovoliski Fernanda Camilo da Cruz Ricardo Cardoso Fialho
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	183
TRATAMENTO AERÓBIO E ANAERÓBIO DA BIOMASSA: DO DESPERDÍCIO À OBTENÇÃO DE MATÉRIAS-PRIMAS QUE RECICLAM NUTRIENTES E ENERGIA .....	183
<b>DOI 10.47402/ed.ep.c2022173414856</b>	Érika Flávia Machado Pinheiro Adriana Paulo de Sousa Oliveira Camila Ferreira Matos Sayonara Costa de Araújo Izabela Gouveia Nascimento David Villas Boas Campos
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	200
A UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS COMO TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL NA SORÇÃO DE METAIS PESADOS EM ÁGUAS RESIDUÁRIAS .....	200
<b>DOI 10.47402/ed.ep.c2022173515856</b>	Izabela Gouveia Nascimento Erica Souto Abreu Lima Érika Flávia Machado Pinheiro David Villas Boas Campos
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	217
SELÊNIO COMO MITIGADOR DE ESTRESSE EM PLANTAS .....	217
<b>DOI 10.47402/ed.ep.c2022164916856</b>	Luciana Fernandes Gonçalves Daniele Monteiro Ribeiro Jéssica Corrêa Albuquerque Medeiros Kamilla Melo de Jesus Glauco André dos Santos Nogueira Cândido Ferreira de Oliveira Neto



CAPÍTULO 17 ..... 232  
O BIOCHAR (BIOCARVÃO ATIVADO) NA AGRICULTURA E NO MEIO AMBIENTE  
..... 232

**DOI 10.47402/ed.ep.c2022169717856**

Tamirys Marcelina da Silva  
Simão Pedro Rodrigues Ramos  
Paulo Henrique Carvalho de Castro  
Candido Ferreira de Oliveira Neto  
Glauco André dos Santos Nogueira  
Vitor Resende do Nascimento  
Lina Bufalino





# CAPÍTULO 1

## PLANTAS DE SALSA SUBMETIDAS A DOSES DE FÓSFORO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

Gildeon Santos Brito  
Girlene Santos de Souza  
Anacleto Ranulfo dos Santos

### RESUMO

A salsa (*Petroselinum crispum*), também conhecida como salsinha, é uma excelente fonte de vitamina A, C, niacina, riboflavina, cálcio, ferro e fósforo, sendo considerada um alimento funcional que vem se destacando pelos benefícios à saúde humana. Esta espécie é caracterizada por ser uma hortaliça herbácea, atingindo até 40 cm de altura, é muito aromática, com sabor pungente e ao mesmo tempo refrescante, por este motivo, os benefícios da salsa estão mais além do que um simples condimento na culinária e na composição de outros produtos alimentícios. Os solos brasileiros são carentes em fósforo (P) decorrente do material de origem e da forte adsorção do mesmo com o solo, sendo que menos de 0,1% encontram-se disponíveis em solução. Este elemento é um nutriente essencial para as plantas e sua presença na solução do solo proporciona um adequado desenvolvimento e eleva a produção das hortaliças. Deste modo, objetivou-se avaliar o crescimento e rendimento de fitomassa da salsa submetida a doses de fósforo em solução nutritiva. As plantas foram submetidas a cinco doses crescentes de P e um tratamento controle: T1= 0; T2= 15,5; T3= 31; T4= 46,5; T5= 62 e T6= 93 mg L<sup>-1</sup>; utilizando como fonte o fosfato de potássio (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>). O estudo foi desenvolvido em casa de vegetação, seguindo o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, no qual foram transplantadas mudas padronizadas em relação a parte aérea e raiz para vasos plásticos com capacidade de 1,5 dm<sup>3</sup>, contendo uma mistura de areia lavada previamente peneirada + vermiculita na proporção 3:1. Aos 65 dias após o transplântio foram avaliados os seguintes parâmetros: comprimento da parte aérea, comprimento de raiz, massas da matéria fresca da parte aérea e raiz, volume de raiz, massas da matéria seca da parte aérea e raiz. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e regressão polinomial, por meio do programa estatístico computacional “R”. A omissão de P no vaso afetou negativamente todas as variáveis. A maioria das características mensuradas na cultura da salsa atingiram valores máximos com aplicações entre 15,5 e 62 mg. L<sup>-1</sup> de P, revelando que tanta a privação quanto o excesso são prejudiciais. É recomendável a utilização da dose 62 mg L<sup>-1</sup> de P, pois proporciona melhores incrementos para as variáveis de maior interesse comercial, como comprimento e massa fresca e seca da parte aérea.

**PALAVRAS-CHAVE:** nutriente, planta aromática, *Petroselinum crispum*.

### INTRODUÇÃO

A salsa (*Petroselinum crispum*), é uma espécie de ampla produção e comércio no Brasil devido ao seu alto consumo como condimento in natura ou seco (CARVALHO; KIST; POLL, 2013). É uma hortaliça folhosa de origem europeia e pertencente à família botânica das Apiaceae, na qual a maior parte das plantas que fazem parte deste grupo são consideradas

aromáticas, de acordo com Hoepers (2017). Por este motivo, dispõe de diversas propriedades medicinais e condimentares sendo de ampla utilização no mercado farmacêutico e também na culinária (CORRÊA FILHO et al., 2018).

Além destes aspectos, a salsa desempenha papéis socioeconômicos fundamentais. Apresenta em sua composição química as vitaminas A e C, niacina e riboflavina, vitaminas pertencentes ao complexo B, e minerais como cálcio, potássio, fósforo, enxofre, magnésio e ferro (FACTOR et al., 2008), enriquecendo na qualidade da alimentação humana e principalmente o sistema imunológico.

Estudos envolvendo a salsa são de extrema importância, uma vez que esta espécie dispõe de potenciais incríveis que já são conhecidos. Exemplificando, algumas espécies de plantas quando ingeridas são capazes de agir como adjuvantes no tratamento e prevenção de doenças, e entre elas está a salsa, que é um alimento funcional sendo destacada pelos benefícios à saúde humana (LORENZI & MATOS, 2002; CHAVES et al., 2008). Além disso, suas propriedades medicinais com ação anticoagulante, antiplaquetário, antidiabética, analgésica, antibacteriana, antioxidante, entre outras, levam ao seu uso na medicina alternativa como alimento funcional (CHAVES et al., 2008; FARZAEI et al., 2013; LEANDRO, 2015).

Portanto, vários são os fatores limitantes para o cultivo da salsa, dentre eles, a disponibilidade de nutrientes de forma balanceada. Os solos brasileiros, em sua grande maioria, são carentes em fósforo (P) decorrente do material de origem e da forte adsorção do mesmo com o solo, sendo que menos de 0,1% encontram-se disponíveis em solução (RAIJ, 1991; FARDEAU, 1996). Este elemento é um nutriente essencial para as plantas e sua presença na solução do solo proporciona um adequado desenvolvimento e eleva a produção das hortaliças.

O fósforo do solo é dividido em dois grandes grupos, fósforo inorgânico (Pi) e fósforo orgânico (Po), dependendo da natureza do composto a que está ligado. O grupo do Pi pode ser separado em duas partes, o fósforo dos minerais primários e o fósforo adsorvido (SANTOS et al., 2008). Já o fósforo orgânico é originário dos resíduos vegetais adicionados ao solo, do tecido microbiano e dos produtos de sua decomposição (MARTINAZZO et al., 2007).

O fósforo é essencial no metabolismo das plantas, e a sua baixa disponibilidade na fase inicial do ciclo vegetativo podem causar restrições ao seu desenvolvimento (SOUTO et al., 2009). Desta forma, fica evidente o quão limitante se tornar o cultivo de plantas na deficiência deste nutriente.

Deste modo, objetivou-se avaliar o crescimento e rendimento de fitomassa da salsa submetida a doses de fósforo em solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950) modificada.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido de agosto a outubro de 2021 em casa de vegetação pertencente ao Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), na cidade de Cruz das Almas, região situada no Recôncavo Sul da Bahia. Localizada a 200 m de altitude acima do nível do mar, latitude 12°40'0" S e longitude 39°06'0" W de Greenwich. De acordo com a classificação de Köppen, apresenta clima Aw a Am, tropical quente e úmido; com pluviosidade média anual de 1224 mm e maiores ocorrências de chuva no período abarcado entre os meses março e junho.

A produção das mudas ocorreu no local supracitado em bandejas plásticas de polietileno, pelo método de reprodução sexuada com a utilização de sementes. O substrato utilizado para a produção das mesmas foi a mistura de solo mais húmus de minhoca a fim de fornecer um aporte nutricional até que estivessem em condições de serem transplantadas, sendo dispostas cinco partes de solo para uma parte do húmus de minhoca (5:1) por um período de 30 dias de aclimação, até que obtivessem 2 folhas totalmente expandidas. Após este período, realizou-se a padronização das mudas em relação a raiz (4 cm) e parte aérea (8 cm), para posterior transplântio para vasos plásticos com capacidade de 1,5 dm<sup>3</sup>, contendo uma mistura de areia lavada e previamente peneirada mais vermiculita na proporção 3:1.

As unidades experimentais foram dispostas em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. As plantas foram submetidas a cinco doses crescentes de P e um tratamento controle: T1= 0; T2= 15,5; T3= 31; T4= 46,5; T5= 62 e T6= 93 mg L<sup>-1</sup> utilizando como fonte de P o fosfato de potássio (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>). Salienta-se que pH da solução foi ajustado para 5,6 empregando a solução de HCl 0,5 N ou NaOH 0,5 N quando houve necessidade de reduzi-lo ou elevá-lo, tendo em vista que constitui a faixa de pH ótimo para a maioria das culturas. Os tratamentos foram ajustados de acordo a solução padrão estabelecida por Hoagland e Arnon (1950), na qual durante seu ciclo cada planta recebe os macronutrientes na concentração em mg L<sup>-1</sup>: N = 210, K = 234, Ca=200, Mg = 48 e S = 64, sendo apenas o P testado em diferentes concentrações.

Aos 65 dias após o transplântio foram avaliados os seguintes parâmetros: altura da parte aérea (AL), comprimento de raiz (CR), massas da matéria fresca da parte aérea e raiz (MFPA, MFR), volume de raiz (VR), massas da matéria seca da parte aérea e raiz (MSPA, MSR).



A altura da parte aérea foi determinada com régua graduada em mm a partir do colo ao ápice da gema terminal; o comprimento de raiz, por sua vez, da base superior até a ponta da raiz principal; as massas da matéria seca da parte aérea e raiz, e massas da matéria fresca dos mesmos órgãos foram destinadas a secagem em estufa com ventilação forçada a  $65 \pm 2^\circ\text{C}$ , até peso constante, na qual, posteriormente utilizando-se uma balança analítica com precisão de  $10^{-4}$  foram determinadas as fitomassas. O volume de raiz foi realizado com o auxílio de uma proveta graduada, onde foi adicionado um volume de água conhecido, e a raiz emergida, o resultado foi obtido pela diferença entre o volume inicial e o volume após deslocamento da água.

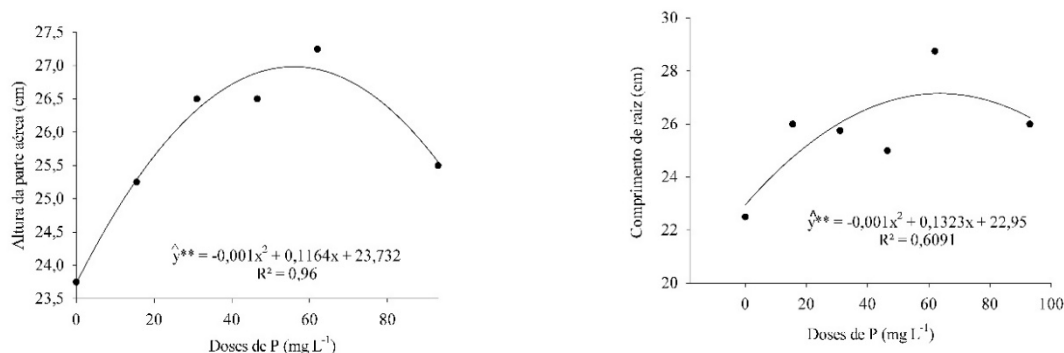
Os dados foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e regressão polinomial, por meio do programa estatístico computacional “R” (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As doses de fósforo testadas influenciaram as variáveis estudadas de forma positiva ou negativa, exceto para o volume de raiz, revelando o quão limitante este nutriente pode se tornar ao crescimento vegetal. Todavia, a maioria das características mensuradas na cultura da salsa atingiram valores máximos com aplicações de altas doses de fósforo, não consistindo, por sua vez, na dose máxima.

As plantas cultivadas com  $62 \text{ mg L}^{-1}$  de P por litro de solução aplicada, apresentaram melhores desempenhos para as variáveis altura da parte aérea e comprimento de raiz (Figura 1). O fósforo é um dos nutrientes minerais absorvidos na forma de íons inorgânicos, que é muito responsivo ao crescimento e desenvolvimento dos vegetais.

**Figura 1:** Altura da parte aérea e comprimento de raiz de plantas de salsa em função de doses de fósforo. Cruz das Almas, UFRB, 2021.



**Fonte:** Os autores, 2021.

De acordo com Taiz et al. (2017), este elemento é, frequentemente, o fator que restringe o crescimento de plantas, da mesma forma que afirmam que sintomas característicos da deficiência de fósforo incluem o crescimento atrofiado da planta inteira. Ainda se tratando da variável altura, constata-se que sob condições de deficiência do fósforo foram obtidas médias muito abaixo em comparação aos tratamentos com a presença do mesmo. Souza et al. (2012) defendem que o baixo crescimento das plantas deficientes em P está relacionado, provavelmente com o comprometimento na síntese de proteínas. Além disso, outro fator que possivelmente esteja associado a tal resultado é o comprimento das raízes, pois, assim como observado por Otani & Ae (1996) a interação fósforo e planta é fortemente correlacionada com o desempenho das raízes.

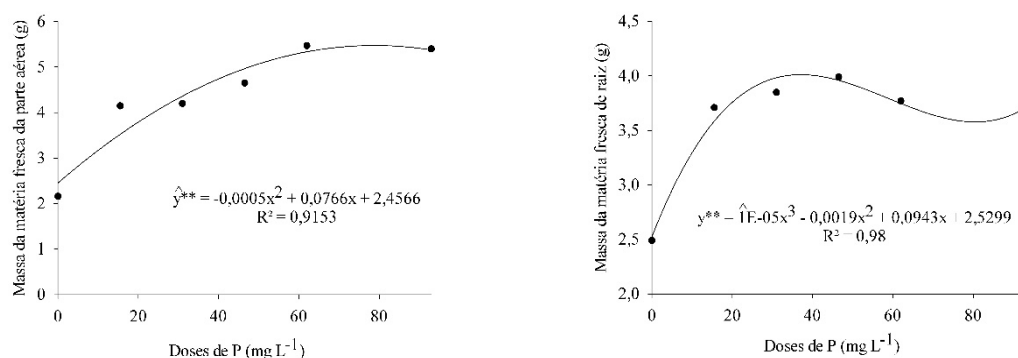
Em se tratando do comprimento radicular (Figura 1), observa-se tendências semelhantes à variável altura das plantas, na qual o melhor desempenho obtido foi com a dose 62 mg L<sup>-1</sup> de P, bem como a ausência do nutriente foi totalmente desfavorável. Dessa forma, o fósforo na planta estimula o crescimento das raízes, garantindo uma arrancada vigorosa (MALAVOLTA, 2006).

A importância deste elemento para o ciclo das plantas são inúmeras, sendo considerado, junto com o nitrogênio, o nutriente mineral mais limitante para a produção das culturas vegetais (TAIZ et al., 2017). Os autores salientam ainda que fósforo é um componente integral de compostos importantes nas células vegetais, principalmente os açúcares fosfato, intermediários da respiração e da fotossíntese, bem como os fosfolipídeos que compõem as membranas vegetais; sendo, desta forma, indispensável sua aplicação para as plantas para as plantas, uma vez que compromete seu metabolismo.

A massa da matéria fresca diz muito sobre a qualidade do cultivo da salsa, uma vez que constitui o incremento mais desejado do material vegetal a fim de comercialização. Observa-se o quão influenciada esta variável foi pelos tratamentos, onde elevadas doses promoveram resultados mais satisfatórios (Figura 2). A resposta encontrada está em consonância ao que é defendido por Taiz et al. (2017), ressaltando que o fósforo é um componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas (como ATP), no DNA e no RNA, e por isso desempenha funções tão essenciais, pois as plantas necessitam de muita energia para seu crescimento e desenvolvimento.

No que se refere a massa fresca radicular, não houve expressivas diferenças entre os tratamentos com a presença do nutriente (Figura 2). Nota-se uma maior produção de massa fresca com a dose 46,5 mg L<sup>-1</sup> de P, mesmo não diferindo das demais. Isso provavelmente esteja atrelado ao que é afirmado por Lopes (1989), o qual salienta que além de promover a formação e o crescimento prematuro de raízes, o fósforo melhora a eficiência no uso da água, onde podemos pontuar que a massa fresca inclui todo este teor de água referido. Portanto, são grandes as quantidades de fósforo a serem aplicadas, para manter uma disponibilidade do nutriente adequada às plantas cultivadas (SOUSA e LOBATO, 2004).

**Figura 2:** Massas da matéria fresca da parte aérea e raiz de plantas de salsa em função de doses de fósforo. Cruz das Almas, UFRB, 2021.

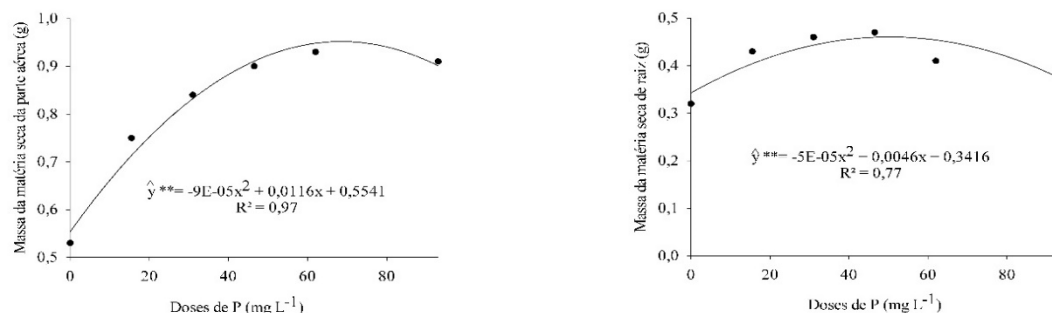


**Fonte:** Os autores, 2021.

A massa da matéria seca da parte aérea foi melhor incrementada com as doses elevadas de fósforo (Figura 3), seguindo mesma tendência que a massa fresca. Por ser um nutriente responsável principalmente pela atividade energética da planta, o mesmo promove aumento significativo na atividade metabólica, e assim, na produção de massa seca (SOUZA et al., 2012). Partindo deste pressuposto, o não suprimento do nutriente culminou em média consideravelmente inferior aos demais tratamentos, comprovando tal afirmativa.

Analisando a massa da matéria seca das raízes (Figura 3), é possível evidenciar que os tratamentos com a presença do fósforo pouco diferiram do tratamento com omissão de P, onde o máximo incremento ocorrido em comparação a dose 0 mg L<sup>-1</sup> de P foi de apenas 31,55% em relação a dose 46,5 mg L<sup>-1</sup> de P. Este resultado nos mostra que para esta variável, nestas condições de cultivo, os tratamentos não são tão influentes.

**Figura 3:** Massas da matéria seca da parte aérea e raiz de plantas de salsa em função de doses de fósforo. Cruz das Almas, UFRB, 2021.

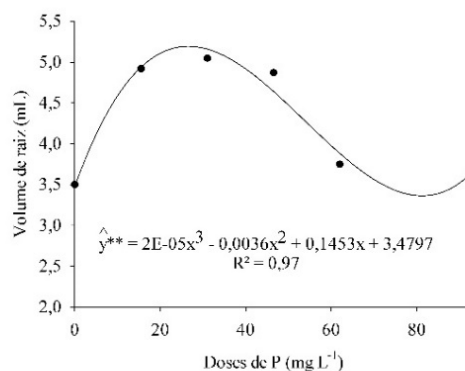


**Fonte:** os autores, 2021.

A absorção deste nutriente pelas plantas é relacionada à densidade radicular, na qual, de acordo com Grant et al. (2001), o aumento da área superficial da massa radicular aumenta a habilidade da planta em absorver o fósforo do solo, por isso é de extrema importância proporcionar condições favoráveis para tal.

Em se tratando do volume de raiz (Figura 4), as três primeiras doses do nutriente promoveram maior estímulo ao incremento para esta variável. Isto provavelmente tenha ocorrido devido ao nutriente estar sempre disponível na zona radicular, de maneira localizada, fato que estimula o desenvolvimento radicular, e, de acordo com Raij (1991) isto induz às culturas condições favoráveis de obterem os demais nutrientes.

**Figura 4:** Volume de raiz de plantas de salsa em função de doses de fósforo. Cruz das Almas, UFRB, 2021.



**Fonte:** Os autores, 2021.



As reservas mundialmente conhecidas de rochas de alta qualidade de fósforo será consumida nos próximos 80 anos (ISHERWOOD, 2000), por isso, é indispensável se conhecer as melhores formas de uso do mesmo, uma vez que, o melhor manejo de fertilizantes fosfatados em sistemas agrícolas pode racionalizar os sistemas produtivos, de forma a evitar o uso excessivo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tanto a privação quanto o excesso de fósforo são prejudiciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas de salsa.

A maioria das características mensuradas na cultura da salsa atingem valores máximos com aplicações entre 15,5 e 62 mg. L<sup>-1</sup> de P.

É recomendável a utilização da dose 62 mg L<sup>-1</sup> de P, pois proporciona melhores incrementos para as variáveis de maior interesse comercial, como comprimento e massa fresca e seca da parte aérea.

## REFERÊNCIAS

CARVALHO, C.; KIST, B.B.; POLL, H. Anuário Brasileiro de Hortaliças 20 13. Editora Gazeta Santa Cruz, 88p., 2013.

CHAVES, D. S. A.; COSTA, S.S.; ZINGALI, R.B.; ALMEIDA, A. P. Nutrição: A Salsa, de amplo uso na culinária, pode ajudar a prevenir doenças cardiovasculares. *Saúde no Tempero. Ciência hoje*. v.42, n. 249, p.68-69, 2008.

CORRÊA FILHO, L. C.; MARTINAZZO, A. P.; TEODORO, C. E. S.; ANDRADE, E. T. Post-harvest of parsley leaves (*Petroselinum crispum*): Mathematical modelling of drying and sorption processes. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 22, n. 2, p. 131-136, 2018.

FACTOR, T. L.; PURQUERIO, L. F. V.; LIMA JÚNIOR, S; ARAÚJO, J. A. C.; CURI, E. L.; TIVELLI, S. W. Produção de salsa em função do período de cobertura com Agrotêxtil. *Horticultura Brasileira*, v. 26, n.2, 2008.

FARDEAU, J.C. Dynamics of phosphate in soils: an isotopic outlook. *Fertility Research*, v.45, p.91-100, 1996.

FARZAEI, M.H.; ABBASABADI, Z.; ARDEKANI, M. R. S.; RAHIMI, R.; FARZAEI, F. Parsley: a review of ethnopharmacology, phytochemistry and biological activities. *Journal of traditional Chinese medicine*, v.33, n.6, p.815-826, 2013.

GRANT, C.A.; FLATEN, C. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agrônomicas**, Potafós, n. 95, 2001, 16p.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. The water-culture method for growing plants without soil. Berkeley: University of California, 1950. 32p.

HINSINGER, P. Biology availability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: A review. **Plant and Soil**, v.237, p.173-195, 2001.

HOEPERS, L. M. L. Crescimento de cultivares de salsa (*Petroselinum crispum*) em condições de sombreamento e a pleno sol. 2017. 50 f. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)** - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2017.

ISHERWOOD, K. F. Mineral fertilizer use and the environment. International Fertilizer Industry Association/United Nations Environment Programme: Paris. Fev. 2000.

LEANDRO, R. N. Valiação do potencial anti-inflamatório, antioxidante e antimicrobiano de extratos de segurelha, salsa e coentros. 2015. 65 f. **Tese (Doutorado)** - Curso de Tecnologia e Segurança Alimentar, Faculdade de Ciências e Tecnologia Nova de Lisboa, Lisboa, 2015.

LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1989. 177p.

LOPEZ-BUCIO, J.; HERNÁNDEZ-ABREU, E.; SÁNCHEZ-CALDERÓN, L.; NIETO-JACOBO, M. F.; SIMPSON, J.; HERRERA-ESTRELLA, L. Phosphate availability alters architecture and causes changes in hormone sensitivity in the Arabidopsis root system. *Plant Physiology*. v. 129, n. 1, p. 244-256, 2002.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas Medicinais no Brasil. Nativas e Exóticas**. 2. ed. Plantarum, 2002. 576p.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 631p.

MARTINAZZO, R.; SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J. Fósforo microbiano do solo sob sistema plantio direto afetado pela adição de fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.3, p.563- 568, 2007.

OTANI, T.; AE, N. Sensitivity of phosphorus uptake to changes in root length and soil volume. **Agronomy Journal**, v.88, n.3, p.371-375, 1996.

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: **Agronômica Ceres**, 1991. 343p.

R Development Core Team R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2019.

SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 576-586, 2008.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília: Embapa, 2004. 416p.

SOUTO, J. S.; OLIVEIRA, F. T.; GOMES, M. M. S.; NASCIMENTO, J. P.; SOUTO, P. C. Efeito da aplicação de fósforo no desenvolvimento de plantas de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L) Millsp). **Revista Verde**, v. 4, n. 1, p. 135-140, 2009.

SOUZA, G. S.; SILVA, J. S.; OLIVEIRA, U. C.; LIMA, J. C.; SANTOS, A. R. Rendimento de biomassa de plantas de erva-cidreira (*Melissa officinalis* L.) cultivada sob diferentes ambientes de luz e doses de fósforo. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 1516-1526, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

# CAPÍTULO 2

## SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO NA CULTURA DA SOJA<sup>1</sup>

Jorge Wilson Cortez  
Diandra Pinto Della Flora  
Amanda de Oliveira Ribeiro  
Nilsa Maria Leon Lopez

### RESUMO

O uso de sistemas de manejo do solo para preparo antes da semeadura é um processo de rotina em muitas regiões produtoras, mas muitas destas regiões começaram a adotar o sistema plantio direto, semeadura sem preparo do solo. Desse modo, objetivou-se avaliar os sistemas de preparo do solo no estabelecimento e desenvolvimento da cultura da soja. O trabalho foi instalado em área experimental no delineamento de blocos casualizados com seis tratamentos: sem preparo, aração+gradagem, gradagem, subsolagem, subsolagem +gradagem e subsolagem cruzada+gradagem com 4 repetições, totalizando 24 parcelas experimentais. Foram avaliados: estande de plantas, distribuição longitudinal, altura de plantas, vagens por planta, massa de mil grãos e a produtividade da soja. Os dados foram avaliados pelo teste de F e quando significativo, as médias foram submetidas ao Teste de Scott-Knott. Verificou-se que o estande de plantas e a distribuição longitudinal não apresentaram efeito significativo nos sistemas de manejo do solo. Para a variável altura de plantas, número de vagens por planta, massa de 1000 grãos e produtividade não foi observado efeito dos sistemas de preparo do solo. Portanto, os sistemas de preparo do solo não afetam a produtividade da soja como o estabelecimento da cultura (estande e distribuição longitudinal) e os componentes de produção (vagens por planta e massa de mil grãos).

**PALAVRAS-CHAVE:** subsolagem, preparo convencional, gradagem.

### INTRODUÇÃO

A cultura da Soja (*Glycine max* (L.) Merrill) se destaca no estado de Mato Grosso do Sul devido a sua extensa área de produção. A CONAB (CONAB, 2021a) informa que a safra 20/21 teve crescimento de 4,4% em relação à anterior, já a área semeada teve 4,3% de aumento representando total de 38,5 milhões de hectares.

A busca constante pela obtenção de maiores produtividades incentiva a agricultura a por novos métodos e técnicas para cultivo. Sendo de suma importância no que diz respeito à racionalização de insumos agrícolas que pode influenciar a produtividade final (VARELA e AZAMBUJA, 2016).

---

<sup>1</sup> Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa PIBIC do terceiro autor e a Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).



Dentre as técnicas de cultivo o uso de sistemas de preparo do solo antes da semeadura é uma realidade, como o preparo convencional, ou somente grade e ainda a possibilidade da subsolagem seguida de gradagem. No entanto, o uso rotineiro das operações de preparo do solo pode, apesar de facilitar a semeadura das culturas, acarretar em alterações nas propriedades físicas do solo, como a densidade, porosidade total e resistência à penetração o que pode resultar em menores produtividades das culturas (FREITAS et al., 2017).

Após as operações de manejo do solo ocorre a semeadura da cultura e tanto o preparo como a semeadura podem afetar o estande e a distribuição longitudinal de plantas, plântulas duplas e/ou falhas, que pode causar desenvolvimento de plantas maiores, menos ramificadas, menor produção individual, hastes com diâmetro reduzido e com maior facilidade de acamar. Assim, a desuniformidade na distribuição longitudinal pode provocar menor aproveitamento de recursos como, luz, água e nutrientes (JASPER et al., 2011).

A produtividade das culturas possui relação direta com a qualidade da semeadura. As semeadoras desempenham fundamental importância nos cultivos agrícolas, uma vez que operam em grandes áreas com a função de depositar adequadamente as sementes (DIAS et al., 2014). A variação de espaçamentos entre plantas interfere diretamente na produtividade, sendo assim, variações na regulagem da semeadora pode afetar a qualidade da dosagem das sementes, expressa na distribuição de espaçamentos normais, falhos e duplos (DIAS et al., 2009).

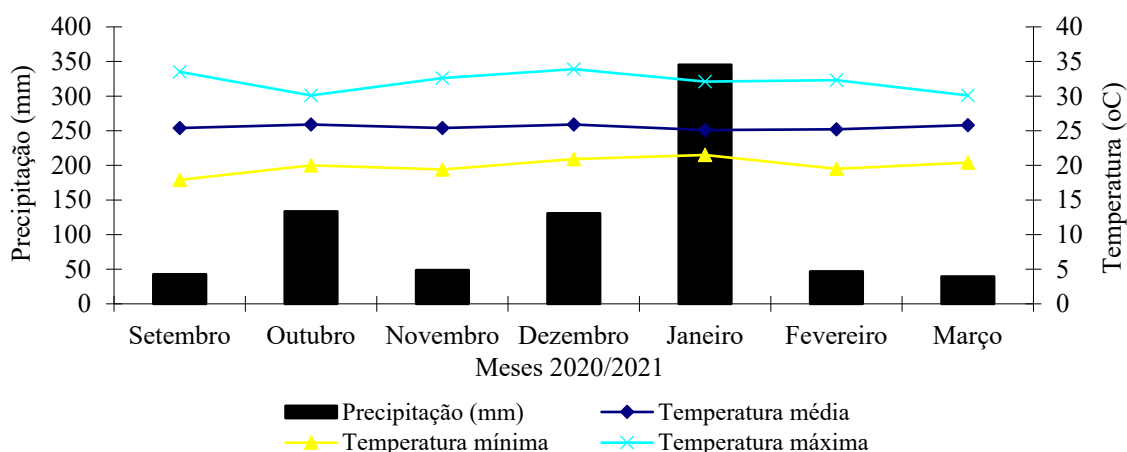
Desse modo, objetivou-se avaliar os sistemas de preparo do solo no estabelecimento e desenvolvimento da cultura da soja.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O trabalho foi conduzido durante a safra 2020/2021 na FAECA – Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD no município de Dourados, MS. O local situa-se em latitude de 22 ° 14' S, longitude de 54 ° 59' W e altitude de 434 m. O clima é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen. O solo da área é um Latossolo Vermelho Distroférrico de textura muito argilosa (SANTOS et al., 2018).

Durante a condução dos experimentos de outubro de 2020 a fevereiro de 2021 pode se observar os dados meteorológicos, na Figura 1, obtidos da estação experimental da Embrapa Agropecuária Oeste.

**Figura 1:** Dados meteorológicos mensais (precipitação pluviométrica e temperatura) nos anos de 2020/2021 obtido da estação meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste.



**Fonte:** Embrapa, 2022.

Na área experimental foi montado o delineamento em blocos ao acaso com 6 tratamentos e 4 repetições (4 blocos), totalizando 24 parcelas experimentais. Os sistemas de manejo do solo foram: sem preparo desde 2013, aração+gradagem, gradagem, subsolagem, subsolagem+gradagem, subsolagem cruzada+gradagem.

No preparo das parcelas dos sistemas de manejo do solo, dia 23/10/2020, utilizou-se (Figura 2): arado de duas aivecas recortadas com 0,40 m de profundidade; grade destorroadora-niveladora, tipo off-set, de arrasto, com 20 discos de 0,51 m de diâmetro (20”) em cada seção, sendo na seção dianteira discos recortados e lisos na traseira, na profundidade de 0,15 m; subsolador de cinco hastes, com ponteira estreita de 0,07 cm a 40 cm de profundidade com disco de corte e rolo destorroador. Para as operações de preparo utilizou-se de trator 4x2 TDA, com 67,71 kW (92 cv) de potência nominal no motor a uma rotação de 2400 rpm.

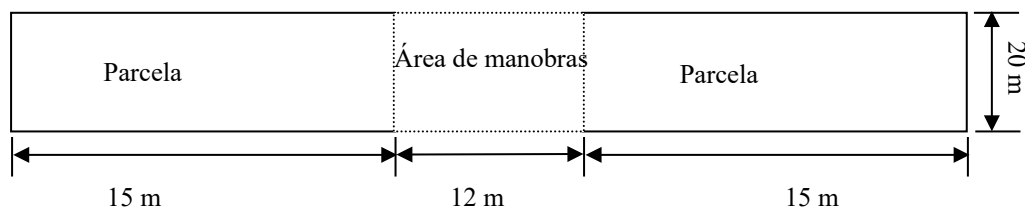
**Figura 2:** Equipamentos utilizados no preparo do solo: arado (a), grade (b) e subsolador (c).



**Fonte:** Autoria própria, 2022.

Cada parcela experimental (Figura 3) ocupou área de aproximadamente 20 x 15 m (300 m<sup>2</sup>). No sentido longitudinal entre as parcelas, foi reservado um espaço de 12 m, destinado à realização de manobras, tráfego de máquinas e estabilização dos conjuntos.

**Figura 3:** Esquema das parcelas experimentais.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Foi utilizado a cultura da soja, semeada em 06/11/2020, com a variedade M6410 IPRO com germinação de 80% e pureza de 99% com tratamento industrial. No momento da semeadura foi adicionado inoculante turfoso ( $125 \text{ g ha}^{-1}$ ) e grafite. Foi utilizado o conjunto trator-semeadora: trator 4x2 TDA com 89,79 kW (122 cv) de potência nominal no motor a uma rotação de 2200 rpm, e semeadora-adubadora mecânica com disco horizontal, espaçamento de 0,5 m entre fileiras, profundidade de semeadura de 5 cm, com regulagem para 14,9 sementes por metro e adubo N-P-K: 2-23-23 (5%Ca+2,3%S+0,03%B+0,05%Mn+0,1Zn) com dose de  $230 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Antes da semeadura a área experimental recebeu aplicação de herbicida para controle de plantas daninhas. As demais pulverizações para controle de doenças e pragas foram realizadas conforme recomendação agronômica.

Para a determinação do estande de plantas foi feito marcação de comprimento igual a dois metros sendo efetuada a contagem do número de plantas neste espaço em 21/11/2020. Como também, foi medido a distância entre plantas com uma trena para fazer os cálculos e a avaliação de distribuição longitudinal ou uniformidade de espaçamentos entre plântulas. Assim foi calculado a porcentagem de espaçamentos normais, falhos e duplos de acordo com as normas da ABNT (1984) e Kurachi et al. (1989), considerando-se porcentagens de espaçamentos: "duplos" (D):  $<0,5 \text{ vez o } X_{\text{ref.}}$ , normais" (A):  $0,5 < X_{\text{ref.}} < 1,5$ , e "falhos" (F):  $> 1,5 \text{ o } X_{\text{ref.}}$ . Levou em conta para definir os espaçamentos de referência ( $X_{\text{ref.}}$ ) a quantidade média de plantas por metro na área: sendo na área 10,0 plântulas por metro, tendo como  $X_{\text{ref.}}$  igual a 9,95 cm.

A altura de plantas foi avaliada pela medição direta em cinco (plantas) por parcela, sendo a medida do solo até o último trifólio.

O número de vagens por planta foi avaliado após a coleta das plantas à campo, quando em maturidade fisiológica, e a contagem foi realizada em cinco (plantas) por parcela.

A produtividade de grãos foi avaliada no dia 11/03/2021 sendo feita a coleta das plantas em duas fileiras por 4 m (4 m<sup>2</sup>), que foram trilhadas em máquina estacionária e suas massas aferidas em balança digital. Os valores de produtividade foram corrigidos para 13% de umidade (BRASIL, 2009).

Da massa de grãos trilhadas foi avaliado a massa de 1000 grãos. A massa de mil grãos foi determinada pela contagem de oito subamostras de 100 grãos por parcela. Posteriormente as amostras tiveram suas massas aferidas em balança de precisão e foi corrigido o teor de umidade para 13% (BRASIL, 2009).

Os dados foram submetidos a análise de variância e quando significativo para comparação de médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (BARBOSA e MALDONATO JUNIOR, 2015).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O estande médio de plantas de soja encontrado foi de 10,05 plantas por metro (Tabela 1) não se observando diferença entre os manejos do solo. Os valores obtidos de estande encontram-se abaixo da recomendação para semeadura de 12 a 15 sementes por metro (COPETTI, 2003). O estande de plantas ficou abaixo em relação a regulagem da semeadora-adubadora para deposição de 14,9 plantas por metro, pois ao considerar o poder de germinação de 80% e a pureza de 99%, dever-se-ia obter 11,80 sementes por metro. O que pode ser resultado da falha de enchimento do disco horizontal da ordem de 15%. Corroborado pelos dados da distribuição longitudinal, do espaçamento falho que foi de 22,06%. De maneira geral os sistemas de preparo do solo não afetam a distribuição longitudinal nos espaçamentos normal, falho e duplo.

O coeficiente de variação (CV) pode ser classificado como: < 10% é baixo, de 10 a 20% é médio, 20 a 30% é alto e acima de 30% muito alto (PIMENTEL-GOMES & GARCIA, 2002). O estande teve CV de 8,49% (Tabela 1), ou seja, < 10%, portanto, sendo considerado como baixo, e homogêneo. Para o CV da distribuição longitudinal (Tabela 1), normal, falho e duplo foram considerados como médio, alto e alto, respectivamente.

Segundo classificação proposta por Tourino e Klingensteiner (1983), é considerado como ótimo desempenho à semeadora que distribuir de 90 a 100% das sementes na faixa de espaçamentos aceitáveis, bom desempenho de 75 a 90%, regular de 50 a 75%, e insatisfatório abaixo de 50%. Nesse caso pode-se assumir que a semeadura teve o desempenho regular (61,06%). Mas, segundo Mialhe (1996), o mecanismo de distribuição mecânica deve apresentar



no mínimo 60% de distribuição normal. Nesse caso, a semeadora atendeu ao mínimo exigido para o mecanismo de distribuição horizontal.

**Tabela 1:** Síntese dos valores de análise de variância e do teste de médias para a variável estande de plantas e distribuição longitudinal.

Fator	Estande (planta m <sup>-1</sup> )	Normal (%)	Falho (%)	Duplo (%)
Manejo (M)				
PC	9,81	66,42	20,31	13,27
SM	10,44	62,48	19,69	17,83
GR	9,75	61,08	23,97	14,95
S+GR	10,06	58,12	23,06	18,82
S	10,38	32,07	20,34	17,59
SC+GR	9,88	56,19	24,98	18,83
Teste de F				
M	0,84 <sup>NS</sup>	0,70 <sup>NS</sup>	0,48 <sup>NS</sup>	0,83 <sup>NS</sup>
Média geral	10,05	61,06	22,06	16,88
Desvio padrão	0,64	8,59	6,45	4,99
Erro padrão médio	0,32	4,29	3,22	2,50
CV (%)	6,40	14,06	29,22	29,56

<sup>NS</sup>: não significativo (P>0,05); \*: significativo (P<0,05); \*\*: significativo (P<0,01); CV: coeficiente de variação. preparo convencional (PC); Sem mobilização (SM); grade (GR); subsolagem + grade (S+GR); subsolagem (S) e subsolagem cruzada + grade (SC+GR).

**Fonte:** Autoria própria, 2022.

Ao analisar os dados de altura de plantas, número de vagens por planta, massa de 1000 grãos e produtividade (Tabela 2) esses não sofreram efeito dos sistemas de manejo do solo no teste de F a 5 % de probabilidade. Para a altura de planta o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade demonstrou diferença nas médias para os sistemas de preparo do solo. Este fato pode acontecer por se tratar de testes diferentes. Assim, a altura de planta foi maior no preparo do solo convencional (arado e duas gradagens) e no preparo só com grade. Pode-se concluir desse fato que o uso da grade, fator comum entre os tratamentos, proporcionou condições no solo para maior crescimento das plantas.

Os valores de produtividade encontrados neste trabalho estão acima de 60 sacas por hectare, o que representa uma produtividade adequada, como também verificado por Teixeira et al. (2016) ao estudarem três sistemas de preparo do solo (convencional mínimo e plantio direto) não encontraram diferença para a produtividade da soja, e que os valores foram acima de 4131 kg ha<sup>-1</sup>. Segundo dados da CONAB (2021b) a produtividade média da soja foi de 3527 kg ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 2:** Síntese dos valores de análise de variância e do teste de médias para a variável altura de plantas, número de vagens por planta, massa de 1000 grãos e produtividade.

Fator	Altura (cm)	Vagens por planta	Massa de 1000 grãos (g)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
Manejo (M)				
PC	107,3 a	76,40	130,35	4740,89
SM	100,5 b	80,55	123,63	3990,46
GR	104,2 a	77,05	125,35	4152,79
S+GR	101,2 b	86,85	127,01	4570,56
S	99,4 b	79,80	123,64	4461,75
SC+GR	100,3 b	79,25	126,53	4487,61
Teste de F				
M	2,82 <sup>NS</sup>	0,52 <sup>NS</sup>	1,99 <sup>NS</sup>	0,81 <sup>NS</sup>
Média geral	102,2	79,98	126,09	4400,68
Desvio padrão	3,6	10,37	3,57	617,61
Erro padrão médio	1,8	5,19	1,79	308,81
CV (%)	3,49	12,97	2,83	14,03

<sup>NS</sup>: não significativo (P>0,05); \* : significativo (P<0,05); \*\* : significativo (P<0,01); CV: coeficiente de variação. preparo convencional (PC); Sem mobilização (SM); grade (GR); subsolagem + grade (S+GR); subsolagem (S) e subsolagem cruzada + grade (SC+GR).

**Fonte:** Autoria própria, 2022.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sistemas de manejo do solo não afetam a produtividade da soja como o estabelecimento da cultura (estande e distribuição longitudinal) e os componentes de produção (vagens por planta e massa de mil grãos).

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT (Rio de Janeiro, RJ). **Projeto de norma 04:015.06-004 - semeadoras de precisão: ensaio de laboratório - método de ensaio.** São Paulo, 1984. 26 p.

BARBOSA, J.C.; MALDONATO JUNIOR, W. **AgroEstat - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaio Agrônomicos.** Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2015. 396p.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. **Regras para análise de sementes.** Brasília: SNDA/DNDV CLAV, 2009, 395p.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos.** Brasília: Conab, 2021a. 98p. (Décimo segundo levantamento, setembro 2021)

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos.** Brasília: Conab, 2021b. 98p. (Décimo segundo levantamento, setembro. 2021).

COPETTI, E. **Plantadoras: Distribuição de sementes.** Cultivar Máquinas, n.18, p.14-17. 2003.

DIAS, V. O.; ALONCO, A.S.; BAUMHARDT, U.B.; BONOTTO, G.J. Distribuição de Sementes de Milho e Soja em Função da Velocidade e Densidade de Semeadura. **Revista Ciência Rural**, v.39, n.6, p. 1721-1728, 2009.

DIAS, V.O.; ALONÇO, A.S.; CARPES, D.P.; VEIT, A.A.; SOUZA, L.B. Velocidade periférica do disco em mecanismos dosadores de sementes de milho e soja. **Revista Ciência Rural**, v.44, n.11, p.1973-1979, 2014.

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Guia Clima**. Disponível em: <https://clima.cpao.embrapa.br/?lc=site/estatisticas/estatisticas> Acesso em: 06 de abril de 2022.

FREITAS L.; OLIVEIRA, I.A.; SILVA, L.S.; FRARE, J.C.V.; FILLA, V.A.; GOMES, R.P. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Unimar Ciências**, v.26, n.1, p.1-12, 2017.

JASPER, R.; JASPER, M.; ASSUMPÇÃO, P.S.M.; ROCIL, J.; GARCIA, L.C. Velocidade de semeadura da soja. **Revista Engenharia Agrícola**, v.31, n.1, p. 102- 110, 2011.

KURACHI, S. A. H.; COSTA, J.A.S.; BERNARDI, J.A.; COELHO, J.L.D.; SILVEIRA, G.M. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento e dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. **Bragantia**, v.48, n.2, p.249-262, 1989.

MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: Fealq, 1996. 722p.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: Fealq, 2002. 309p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018, 590p.

TEIXEIRA, R.B.; BORGES, M. C. R. Z.; ROQUE, C.G.; OLIVEIRA, M. P. Tillage systems and cover crops on soil physical properties after soybean cultivation. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.20, n.12, p.1057-1061, 2016.

TOURINO, M. C.; KLINGENSTEINER, P. Ensaio e avaliação de semeadoras-adubadoras In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 8., 1983, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: UFRRJ, 1983.v. 2. p. 103-116

VARELA, L.A; AZAMBUJA, L.F. **Variabilidade espacial e qualidade de semeadura do milho safrinha**. Monografia (Graduação) – Universidade Federal da Grande Dourados. Faculdade de Ciências Agrárias, 2016. 34f.

# CAPÍTULO 3

## SISTEMAS DE MANEJO DA PALHA EM PLANTIO DIRETO E SUBSOLAGEM, NA CULTURA DA SOJA<sup>2</sup>

Jorge Wilson Cortez  
Diandra Pinto Della Flora  
Amanda de Oliveira Ribeiro  
Nilsa Maria Leon Lopez

### RESUMO

O uso de sistemas de manejo da palha ocorre quando há restos de culturas anteriores para serem manejados ou grande oferta de palhada no solo que precisa ser manejado afim de não afetar a sementeira. A maior quantidade de palhada no solo normalmente está associada ao sistema plantio direto, em que se faz a sementeira sem revolvimento do solo. No entanto a falta de preparo do solo pode resultar na compactação, que pode ser removida com o uso de subsoladores. Desse modo, objetivou-se avaliar os sistemas de manejo da palhada em área de plantio direto e subsolada no estabelecimento e desenvolvimento da cultura da soja. O trabalho foi instalado em área experimental no delineamento de blocos casualizados no esquema de parcela subdividida com seis tratamentos de manejo de palha: triturador, rolo-faca, segadora, uma gradagem, duas gradagens e pulverização e com dois tratamentos na subparcela: plantio direto e subsolagem, com 4 repetições, totalizando 48 parcelas experimentais. Foram avaliados: estande de plantas, distribuição longitudinal, altura de plantas, vagens por planta, massa de mil grãos e a produtividade da soja. Os dados foram avaliados pelo teste de F e quando significativo, as médias foram submetidas ao Teste de Scott-Knott. Verificou-se para o estande de plantas média de 8,22 plântulas por metro abaixo do previsto, mas não foi influenciado pelos tratamentos, como a distribuição longitudinal de plantas. Ao analisar os dados de altura de plantas, número de vagens por planta, massa de 1000 grãos e produtividade esses não sofreram efeito dos sistemas de manejo da palha, nem do sistema plantio direto ou subsolagem no teste de F a 5 % de probabilidade. Portanto, os sistemas de manejo da palha associados a sistema plantio direto ou subsolagem não afetam o estabelecimento e desenvolvimento da cultura da soja.

**PALAVRAS-CHAVE:** rolo-faca, triturador de palhas, subsolador.

### INTRODUÇÃO

Os sistemas de manejo da palhada ou dos resíduos vegetais são utilizados para propiciar uma melhor condição de sementeira. Pois alguns restos culturais ou mesmo de culturas de cobertura dificultam o processo de abertura do sulco e deposição da semente no solo.

Outro fator que pode afetar a distribuição das sementes no solo é o sistema de preparo. Tem-se adotado o sistema de plantio direto em que a semente é depositada no solo sem nenhum

---

<sup>2</sup> Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa PIBIC do terceiro autor e a Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).



tipo de preparo. No entanto, com o tráfego de máquinas na área e o não revolvimento do solo, com o passar das safras ocorre o processo de compactação do solo. A camada compactada prejudica o crescimento e desenvolvimento das plantas, e a sua remoção pode ser feita com o uso de subsoladores.

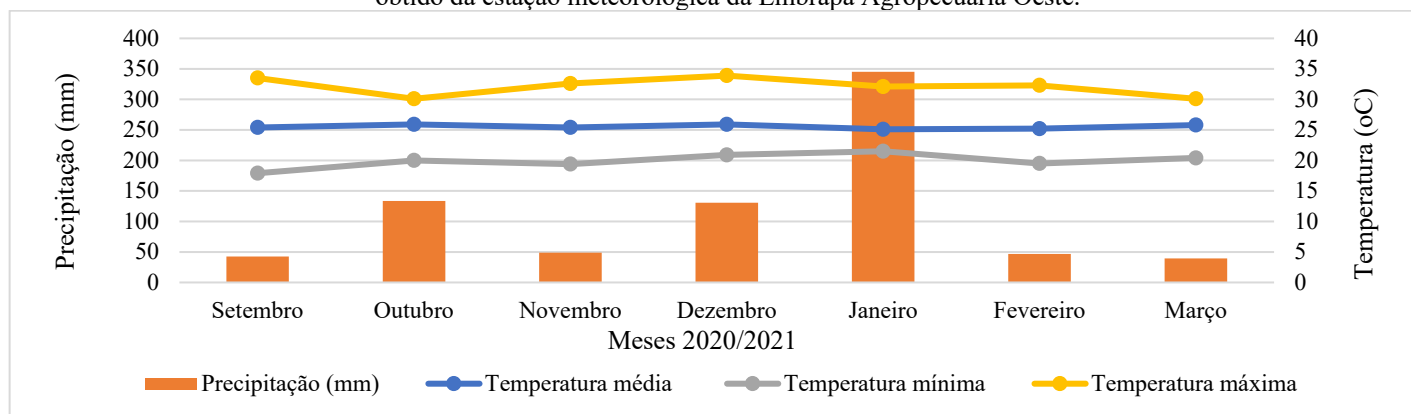
Assim sistemas de manejo da palhada como do solo são fatores que podem afetar o estabelecimento e desenvolvimento da cultura da soja. Cortez et al., (2019) verificaram que os sistemas de manejo da palhada (rolo-faca, triturador e roçadora) não afetaram o estande inicial e final, a massa de 1000 grãos e a produtividade da soja. E segundo os mesmos autores o estande de plantas não interfere na produtividade da cultura da soja, uma vez que a mesma pode compensar as falhas com emissão de novos ramos. Furlani et al., (2010) também verificara não haver efeito dos equipamentos (rolo-faca, triturador e roçadora) sobre o estande inicial e produtividade da cultura da soja. Como também Trogello et al. (2013) não verificaram entre os manejos de cobertura vegetal (dessecado, gradeado, roo-faca e triton) melhoria das condições de semeadura em alta deposição de palhada.

Desse modo, objetivou-se avaliar os sistemas de manejo da palhada em área de plantio direto e subsolada no estabelecimento e desenvolvimento da cultura da soja.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido durante a safra 2020/2021 na FAECA – Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD no município de Dourados, MS. O local situa-se em latitude de 22 ° 14' S, longitude de 54 ° 59' W e altitude de 434 m. O clima é do tipo CWa, segundo a classificação de Köppen. O solo da área é um Latossolo Vermelho Distroférico de textura muito argilosa (SANTOS et al., 2018). Durante a condução dos experimentos de outubro de 2020 a fevereiro de 2021 pode se observar os dados meteorológicos, na Figura 1, obtidos da estação experimental da Embrapa Agropecuária Oeste.

**Figura 4:** Dados meteorológicos mensais (precipitação pluviométrica e temperatura) nos anos de 2020/2021 obtido da estação meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste.

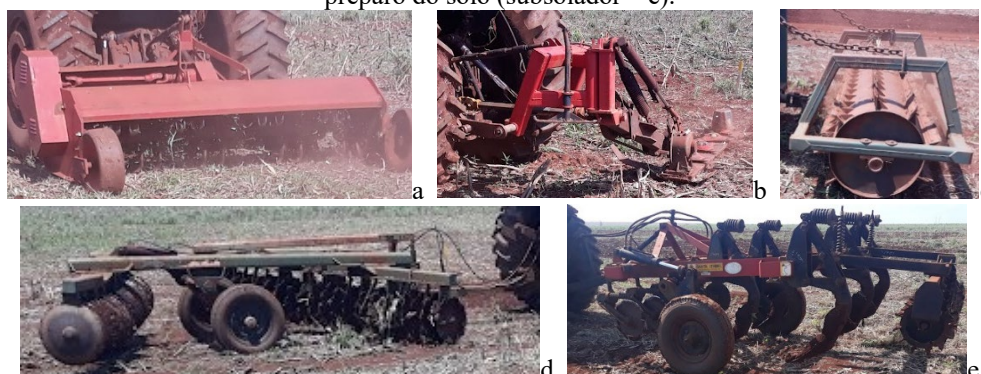


Fonte: Embrapa, 2022.

O experimento foi montado em blocos casualizados no esquema de parcela subdividida, sendo na parcela os manejos de palha (triturador, rolo-faca, segadora, uma gradagem, duas gradagens e pulverização) e na subparcela o manejo do solo (subsolagem e sistema plantio direto de aproximadamente 20 anos).

Para as operações de manejo da palhada, dia 28/10/2020, utilizou-se (Figura 2): o rolo-faca que possui lâminas de corte distribuídas ao longo de um cilindro e ângulo de incidência dimensionado para permitir o corte; triturador equipado com rotor de facas curvas de aço que trabalham em alta rotação; segadora dotada de barra de corte, com 4 rotores laminados; grade destorroadora-niveladora, tipo off-set, de arrasto, com 20 discos de 0,51 m de diâmetro (20") em cada seção, sendo na seção dianteira discos recortados e na traseira lisos, na profundidade de 0,15 m; manejo químico com pulverizador. Para a operação de subsolagem utilizou-se subsolador de cinco hastes, com ponteira estreita de 0,07 cm a 40 cm de profundidade (tratamentos com escarificação) com disco de corte e rolo destorroador. Para as operações de preparo utilizou-se de trator 4x2 TDA, com 67,71 kW (92 cv) de potência nominal no motor a uma rotação de 2400 rpm.

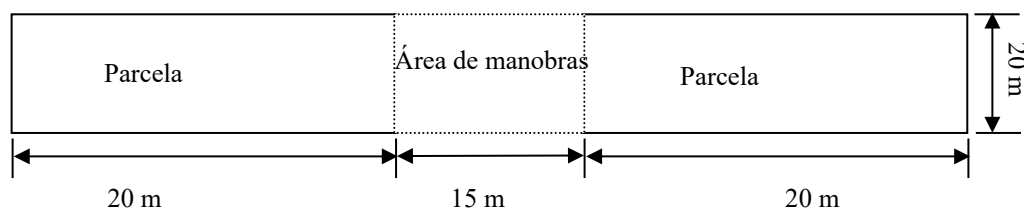
**Figura 5:** Equipamentos utilizados no manejo da palhada (triturador - a, segadora - b, rolo-faca - c, grade - d) e preparo do solo (subsolador - e).



Fonte: Autoria própria, 2022.

Cada parcela experimental (Figura 3) ocupou área de aproximadamente 20 x 20 m (400 m<sup>2</sup>). No sentido longitudinal entre as parcelas, foi reservado um espaço de 15 m, destinado à realização de manobras, tráfego de máquinas e estabilização dos conjuntos.

**Figura 6:** Esquema das parcelas experimentais.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Foi utilizado a cultura da soja, semeada em 06/11/2020, com a variedade M6410 IPRO com germinação de 80% e pureza de 99% com tratamento industrial. No momento da semeadura foi adicionado inoculante turfoso ( $125 \text{ g ha}^{-1}$ ) e grafite. Foi utilizado o conjunto trator-semeadora: trator 4x2 TDA com 89,79 kW (122 cv) de potência nominal no motor a uma rotação de 2200 rpm, e semeadora-adubadora mecânica com disco horizontal, espaçamento de 0,5 m entre fileiras, profundidade de semeadura de 3 cm, com regulagem para 14,9 sementes por metro e adubo N-P-K: 2-23-23 (5%Ca+2,3%S+0,03%B+0,05%Mn+0,1Zn) com dose de  $230 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Antes da semeadura a área experimental recebeu aplicação de herbicida para controle de plantas daninhas. As demais pulverizações para controle de doenças e pragas foram realizadas conforme recomendação agronômica.

Para a determinação do estande de plantas foi feito marcação de comprimento igual a dois metros sendo efetuada a contagem do número de plantas neste espaço em 21/11/2020. Como também, foi medido a distância entre plantas com uma trena para fazer os cálculos e a avaliação de distribuição longitudinal ou uniformidade de espaçamentos entre plântulas. Assim foi calculado a porcentagem de espaçamentos normais, falhos e duplos de acordo com as normas da ABNT (1984) e Kurachi et al. (1989), considerando-se porcentagens de espaçamentos: "duplos" (D):  $<0,5 \text{ vez o } X_{\text{ref.}}$ , normais" (A):  $0,5 < X_{\text{ref.}} < 1,5$ , e "falhos" (F):  $> 1,5 \text{ o } X_{\text{ref.}}$ . Levou em conta para definir os espaçamentos de referência ( $X_{\text{ref.}}$ ) a quantidade média de plantas por metro na área: sendo na área 8,22 plântulas por metro, tendo como  $X_{\text{ref.}}$  igual a 12,17 cm.

A altura de plantas foi avaliada pela medição direta em cinco (plantas) por parcela, sendo a medida do solo até o último trifólio.

O número de vagens por planta foi avaliado após a coleta das plantas à campo, quando em maturidade fisiológica, e a contagem foi realizada em cinco (plantas) por parcela.

A produtividade de grãos foi avaliada no dia 12/03/2021 sendo feita a coleta das plantas em duas fileiras por 4 m ( $4 \text{ m}^2$ ), que foram trilhadas em máquina estacionária e suas massas aferidas em balança digital. Os valores de produtividade foram corrigidos para 13% de umidade (BRASIL, 2009).

Da massa de grãos trilhadas foi avaliado a massa de 1000 grãos. A massa de mil grãos foi determinada pela contagem de oito subamostras de 100 grãos por parcela. Posteriormente



as amostras tiveram suas massas aferidas em balança de precisão e foi corrigido o teor de umidade para 13% (BRASIL, 2009).

Os dados foram submetidos a análise de variância e quando significativo para comparação de médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (BARBOSA e MALDONATO JUNIOR, 2015).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise dos sistemas de manejo de palha e preparo com subsolador e o plantio direto verificou-se para o estande de plantas, média de 8,22 plântulas por metro (Tabela 1) abaixo do previsto. Os valores obtidos de estande encontram-se abaixo da recomendação para semeadura de 12 a 15 sementes por metro (COPETTI, 2003).

**Tabela 1:** Síntese dos valores de análise de variância e do teste de médias para a variável estande de plantas e distribuição longitudinal.

Fator	Estande (planta m <sup>-1</sup> )	Normal (%)	Falho (%)	Duplo (%)
Manejo (M)				
RF	8,03	50,79	19,25	29,96
TR	7,87	51,92	19,93	28,15
SG	8,03	49,18	19,62	31,20
GR1	8,28	46,67	17,86	35,47
GR2	8,62	50,50	15,88	33,62
T	8,47	50,89	16,48	32,63
Preparo (P)				
PD	8,44	51,12	17,45	31,43
S	8,00	48,86	18,89	32,25
Teste de F				
M	1,27 <sup>NS</sup>	0,39 <sup>NS</sup>	0,94 <sup>NS</sup>	0,83 <sup>NS</sup>
P	2,58 <sup>NS</sup>	0,72 <sup>NS</sup>	0,59 <sup>NS</sup>	0,14 <sup>NS</sup>
M x P	1,87 <sup>NS</sup>	0,24 <sup>NS</sup>	1,08 <sup>NS</sup>	1,51 <sup>NS</sup>
Média geral	8,22	49,99	18,17	31,84
CV Parcela (%)	8,84	16,74	27,39	25,65
CV Subparcela (%)	11,47	18,47	35,92	23,57

<sup>NS</sup>: não significativo (P>0,05); \* : significativo (P<0,05); \*\* : significativo (P<0,01); CV: coeficiente de variação. Rolo faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma gradagem (GR1); Duas gradagens (GR2); Testemunha – herbicida (T); Plantio direto (PD); subsolagem (S)

**Fonte:** Autoria própria, 2022.

O estande de plantas (Tabela 1) ficou abaixo em relação a regulagem da semeadora-adubadora para deposição de 14,9 plantas por metro, pois ao considerar o poder de germinação de 80% e a pureza de 99%, dever-se-ia obter 11,80 sementes por metro. O que pode ser resultado da falha de enchimento do disco horizontal, como dá não emergência, uma vez que se verificou que o operador tinha regulado a profundidade de semeadura para 3 cm. De maneira geral, os sistemas de preparo do solo não afetam a distribuição longitudinal nos espaçamentos normal, falho e duplo.



O coeficiente de variação (CV) pode ser classificado como: < 10% é baixo, de 10 a 20% é médio, 20 a 30% é alto e acima de 30% muito alto (PIMENTEL-GOMES e GARCIA, 2002). No estande de plantas o CV teve diferença entre as parcelas e subparcelas, sendo baixo e médio, respectivamente (Tabela 3). Para o CV da distribuição longitudinal (Tabela 1), normal, falho e duplo foram considerados como médio, alto e alto, respectivamente, com exceção do espaçamento falho, na subparcela, que teve CV muito alto.

Segundo classificação proposta por Tourino e Klingensteiner (1983), é considerado como ótimo desempenho à semeadora que distribuir de 90 a 100% das sementes na faixa de espaçamentos aceitáveis, bom desempenho de 75 a 90%, regular de 50 a 75%, e insatisfatório abaixo de 50%. Nesse caso pode-se assumir que a semeadura teve o desempenho insatisfatório (49,99%). Segundo Mialhe (1996) o mecanismo de distribuição mecânica deve apresentar no mínimo 60% de distribuição normal. Nesse caso, a semeadora não atendeu ao mínimo exigido para o mecanismo de distribuição horizontal.

Ao analisar os dados de altura de plantas, número de vagens por planta, massa de 1000 grãos e produtividade (Tabela 2) esses não sofreram efeito dos sistemas de manejo da palha no teste de F a 5 % de probabilidade.

Os valores de produtividade encontrados neste trabalho estão acima de 60 sacas por hectare, o que representa uma produtividade adequada, como também verificado por Teixeira et al. (2016) não encontraram diferença para a produtividade da soja em sistemas de preparo do solo, e que os valores foram acima de 4131 kg ha<sup>-1</sup>. Segundo dados da CONAB (2021) a produtividade média da soja foi de 3527 kg ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 2:** Síntese dos valores de análise de variância e do teste de médias para a variável altura de plantas, número de vagens por planta, massa de 1000 grãos e produtividade.

Fator	Altura (cm)	Vagens por planta	Massa de 1000 grãos (g)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
<b>Manejo (M)</b>				
RF	105,2	76,80	129,64	4115,05
TR	106,8	80,43	131,91	4045,29
SG	102,4	87,70	127,33	4211,42
GR1	108,8	88,17	126,92	4187,37
GR2	110,2	76,93	130,88	4254,83
T	107,6	73,80	130,22	4383,45
<b>Preparo (P)</b>				
PD	106,74	80,34	128,98	4259,69
S	106,90	80,93	129,98	4139,44
<b>Teste de F</b>				
M	0,56 <sup>NS</sup>	1,41 <sup>NS</sup>	0,80 <sup>NS</sup>	0,28 <sup>NS</sup>
P	0,05 <sup>NS</sup>	0,02 <sup>NS</sup>	0,90 <sup>NS</sup>	2,88 <sup>NS</sup>
M x P	1,52 <sup>NS</sup>	0,82 <sup>NS</sup>	0,74 <sup>NS</sup>	1,93 <sup>NS</sup>

Média geral	106,8	80,64	129,48	4199,57
CV Parcela (%)	8,4	15,45	4,19	12,91
CV Subparcela (%)	3,2	16,6	2,44	5,06

<sup>NS</sup>: não significativo (P>0,05); \*: significativo (P<0,05); \*\*: significativo (P<0,01); CV: coeficiente de variação. Rolo faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma gradagem (GR1); Duas gradagens (GR2); Testemunha – herbicida (T); Plantio direto (PD); subsolagem (S)

Fonte: Autoria própria, 2022.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas de manejo da palhada com triturador, rolo-faca, segadora, uma gradagem, duas gradagens e pulverização juntamente com o manejo do solo com subsolagem e sistema plantio direto não afetam o estabelecimento inicial e o desenvolvimento da cultura da soja.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT (Rio de Janeiro, RJ). **Projeto de norma 04:015.06-004 - semeadoras de precisão: ensaio de laboratório - método de ensaio**. São Paulo, 1984. 26 p.

BARBOSA, J.C.; MALDONATO JUNIOR, W. **AgroEstat - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2015. 396p.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV CLAV, 2009, 395p.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Brasília: Conab, 2021. 98p. (Décimo segundo levantamento, setembro. 2021).

COPETTI, E. Plantadoras: Distribuição de sementes. **Cultivar Máquinas**, n.18, p.14-17. 2003.

CORTEZ, J.W.; FURLANI, C.E.A.; SILVA, R.P.; ARVOCERDE, S.N.S. Manejo da palhada e adubação na produção da soja e cobertura do solo. **Nativa**, v. 7, n. 5, p. 506-512, 2019.

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Guia Clima**. Disponível em: <https://clima.cpao.embrapa.br/?lc=site/estatisticas/estatisticas> Acesso em: 06 de abril de 2022.

FURLANI, C. E. A.; PAVAN JÚNIOR, A.; CORTEZ, J. W.; SILVA, R. P. da; GROTTA, D. C. C. Influência do manejo da cobertura vegetal e da velocidade de semeadura no estabelecimento da soja. **Revista Engenharia na Agricultura - REVENG**, v. 18, n. 3, p. 227–233, 2010.

KURACHI, S. A. H.; COSTA, J.A.S.; BERNARDI, J.A.; COELHO, J.L.D.; SILVEIRA, G.M. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento e dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. **Bragantia**, v.48, n.2, p.249-262, 1989.

MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: Fealq, 1996. 722p.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: Fealq, 2002. 309p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018, 590p.

TOURINO, M. C.; KLINGENSTEINER, P. Ensaio e avaliação de semeadoras-adubadoras In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 8., 1983, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: UFRRJ, 1983.v. 2. p. 103-116.

TROGELLO, E.; MODOLO, A.J.; SCARSI, M.; SILVA, C.L.; ADAMI, P.F.; DALLACORT, R. Manejos de cobertura vegetal e velocidades de operação em condições de semeadura e produtividade de milho. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.17, n.7, p.796–802, 2013.

# CAPÍTULO 4

## ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE APLICADO À VACAS LEITEIRAS NO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL

Daiane de Oliveira Lamberty  
José Gabriel Vieira Neto

### RESUMO

O presente trabalho tem como finalidade demonstrar o quanto as temperaturas, tanto altas como as baixas, têm influência na produção leiteira. O bovino de leite exposto aos raios solares durante o forte do verão, sofre com o estresse térmico fazendo com que sua alimentação e produção sejam afetadas negativamente. Os dados para análise foram coletados no verão e no inverno, na parte da manhã (6 horas) e da tarde (15 horas), durante 11 dias nos meses em que as estações estarão mais intensas. No inverno obteve-se o menor valor de ITU (37,1) e no verão o maior valor (92,34), mostrando-se a pior situação de conforto para as vacas, na qual a produtividade de leite foi de 36.428 litros no mês de julho e de 30.095 litros no mês de janeiro, uma redução de cerca de 18,4% em relação do inverno para o verão. Concluiu-se, portanto, que altos valores de ITU (acima de 75) proporcionaram condições de estresse e diminuição na produção do leite.

**PALAVRAS-CHAVE:** Conforto térmico, produção, ordenha.

### INTRODUÇÃO

Devido às altas temperaturas no verão e as baixas no inverno os produtores rurais que trabalham com bovinos de leite no Rio Grande do Sul devem se adequar às práticas de manejos das vacas, realizando modificações ambientais nas instalações zootécnicas, minimizando assim os efeitos do clima. Um dos principais fatores que comprometem a produção leiteira é o clima, pois interfere diretamente no conforto térmico e no desempenho e produtividade dos animais (OLIVEIRA et al., 2017).

Durante o verão, os animais que são tratados ao ar livre sofrem com a radiação solar direta durante o dia enquanto estão no pasto. Quando chegam à sala de ordenha, as quais muitas são desprovidas de ambiente térmico confortável para o animal e para os operadores, os animais chegam com um alto teor de estresse por conta da temperatura elevada tanto fora quanto dentro do local. Mesmo a sala de ordenha sendo fechada e os animais protegidos dos raios solares, a temperatura interna pode ser elevada, fazendo com que os animais demonstrem o quanto estão desconfortáveis através da redução na produção de leite.

No inverno os bovinos de leite ficam mais “confortáveis” em relação ao verão, principalmente as raças europeias, entretanto, na região noroeste do Estado do Rio Grande do



Sul, também pode ocorrer temperaturas negativas extremas, deixando assim o animal em condição de estresse térmico devido a necessidade do gasto metabólico termorregulador, e caso esteja desprovido de proteção ou com manejo inadequado, poderá ter até hipotermia (BAÊTA e SOUZA, 2010).

Desta forma, observa-se o quanto o local em que o animal se encontra tem enorme influência sobre a sua produtividade e seu comportamento, afirmando assim a necessidade de estudos sobre os tipos de construções onde o mesmo se encontra, pois tem impacto direto na produção leiteira.

Neste sentido, este estudo teve por objetivo avaliar as condições de conforto térmico de uma sala de ordenha numa propriedade localizada no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, município de Caibaté, através do índice de temperatura e umidade, comparando estes valores com as produções nas situações de inverno e verão.

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

### **Produção leiteira do rio grande do sul**

De acordo com EMATER/RS (2019), a produção de leite está presente em 494 municípios do RS, e que 94,5% da produção de leite é a base de pastagem. O sistema se caracteriza pelos animais ficarem livres durante o dia com acesso à pastagem e também recebendo alimentação após a ordenha (OLIVEIRA e KNIES, 2021). No Rio Grande do Sul é produzido anualmente a estimativa de 4,5 bilhões de litros de leite, ocupando a terceira posição entre os maiores produtores do país, aproximadamente 13% da produção total do Brasil. (EMATER/RS, 2019). A região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, ao lado do oeste catarinense e o sudoeste paranaense compõem uma grande bacia leiteira do Brasil.

### **Índices de conforto térmico de animais**

Os índices de conforto térmico foram desenvolvidos para expressarem numericamente as condições em que se encontra determinado ambiente, com confinamento de animais, advindo de uma análise de combinação de fatores, como estresse por calor e frio. Existem diversos índices de conforto térmico que visam englobar em apenas um parâmetro o efeito do conjunto dos elementos meteorológicos e do ambiente construído sobre o indivíduo analisado (LUTÉRCIA et al., 2006).

Numa produção intensiva de animais, pretende-se alcançar bons resultados de desempenho de conversão alimentar, crescimento e reprodução, e uma das formas de se

alcançar esse resultado é manejando o ambiente para se ter condições favoráveis aos animais, para que esses expressem seus melhores comportamentos e produza conforme sua genética (PERISSINOTTO e MOURA, 2007).

Alguns métodos numéricos de índices térmicos desenvolvidos para animais são: índice de temperatura e umidade - ITU (THOM, 1959) e índice de temperatura do globo negro e umidade - ITGU (BUFFINGTON et al., 1981), índice de desconforto térmico - IDT (YANAGI JÚNIOR et al., 2001), índice de temperatura, umidade e velocidade do ar - ITUV (TAO e XIN, 2003).

De acordo com Oliveira et al. (2017), o ITU é um dos índices mais utilizados para estimar o conforto em ambientes zootécnicos, pois envolve informações ambientais disponíveis em estações meteorológicas e em bancos de dados alcançados a partir de imagens de satélites, além de poderem ser extraídos de equipamentos simples, como termômetros ou termohigrômetros.

Para bovinos de leite, valores de ITU entre de 72 e 79 afetam negativamente o desempenho produtivo e reprodutivo. A zona de conforto térmico é aquela faixa de temperatura ambiente dentro da qual o animal homeotermo praticamente não emprega seu sistema termorregulador, sendo mínimo o gasto de energia para sustento, ocorrendo a maior eficácia produtiva (BAÊTA e SOUZA, 1997; SILVA, 2000).

Segundo Silva (2000), vacas leiteiras sob estresse térmico, apresentam o seu desempenho produtivo e reprodutivo diminuído como decorrência do acionamento dos mecanismos termorreguladores, e dependendo do nível e do período de magnitude do estresse, o desconforto térmico pode ser brando ( $ITU < 72$ ), mediano ( $ITU < 79$ ) ou rigoroso ( $ITU > 80$ ), necessitando apontar o prejuízo de produção devido ao desconforto térmico, da perda acarretada por baixo valor nutritivo das pastagens, parasitoses, mau manejo do rebanho, entre outros.

### **Ambiência animal e produção de leite**

Conforme Martello et al. (2004), os limites ideais de temperatura, para o período de lactação de vacas de leite estão em torno de 4 a 24°C enquanto as máximas críticas ficam entre 24 e 27°C, segundo Broucek et al. (2009). No momento em que a temperatura ultrapassa esse limite crítico, tanto o limite baixo de 2°C e o alto de 28°C, acontece uma redução gradual na eficiência dos procedimentos de perda de calor e o animal começa a ter estresse térmico, sendo o conjunto de forças externas que agem no animal homeotérmico, com a finalidade de mover a temperatura corporal do estado de repouso (HANSEN e ARECHIGA, 1999).

Em decorrência do estresse por calor, incide uma significativa redução na produção de leite e no consumo de alimentos, e então aumenta a temperatura corporal e a frequência respiratória dos bovinos de leite (WEST, 2002), e estes demonstram visivelmente o desconforto térmico.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local do estudo

O estudo foi desenvolvido numa propriedade rural no município de Caibaté, localizado na região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, com posição geográfica aproximada de 28°3' S e 54°51 O. O clima do local é classificado como subtropical úmido, conforme a classificação climática de Köppen.

Nos meses de julho e agosto (inverno de 2021), dezembro (2021) e janeiro (verão 2022), coletou-se os dados de temperatura e umidade durante onze dias nos mesmos horários: 6 horas da manhã no inverno e às 15 horas no verão.

Para comparativos entre informações do ambiente obtidas na sala de ordenha, obteve-se os dados climáticos da estação automática do INMET, no município de São Luiz Gonzaga, localizada a aproximadamente 45 km do município de Caibaté.

Na propriedade em estudo, as vacas são ordenhadas todos os dias duas vezes ao dia, sendo pela manhã às 6h30min no inverno e às 5h45min no verão; e pela tarde às 17h no inverno e no verão às 17h30min. São ordenhadas cerca de 56 vacas em cada ordenha. A propriedade possui um total de 63 vacas, considerando todo plantel. As vacas ficam inicialmente na sala de espera, a céu aberto, e posteriormente são encaminhadas a sala de ordenha (Figura 1).

**Figura 1:** Sala de ordenha no formato de espinha-de-peixe.



Fonte: Autoria própria, 2022.

## Determinação do índice de temperatura e umidade - ITU

Foi utilizado um termo-higrômetro, instalado na sala de ordenha, para as leituras de umidade relativa do ar e de temperatura de bulbo seco, por onze dias em cada período analisado.

Para o cálculo do ITU, foi utilizada a equação proposta por Buffington et al., (1981):

$$ITU = Tbs + 0,36 * Tpo + 41,5 \quad [\text{Eq. 1}]$$

Em que:

Tbs – é a temperatura de bulbo seco (°C);

Tpo – é a temperatura de ponto de orvalho (°C).

Para obtenção da Tpo, utilizou-se os dados obtidos pelo termo-higrômetro de temperatura e umidade, e com auxílio do software Psicro v1.4 da UFRRJ, que tem por base a teoria da psicrometria, para a altitude barométrica do município de Caibaté, que é de 286 m.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

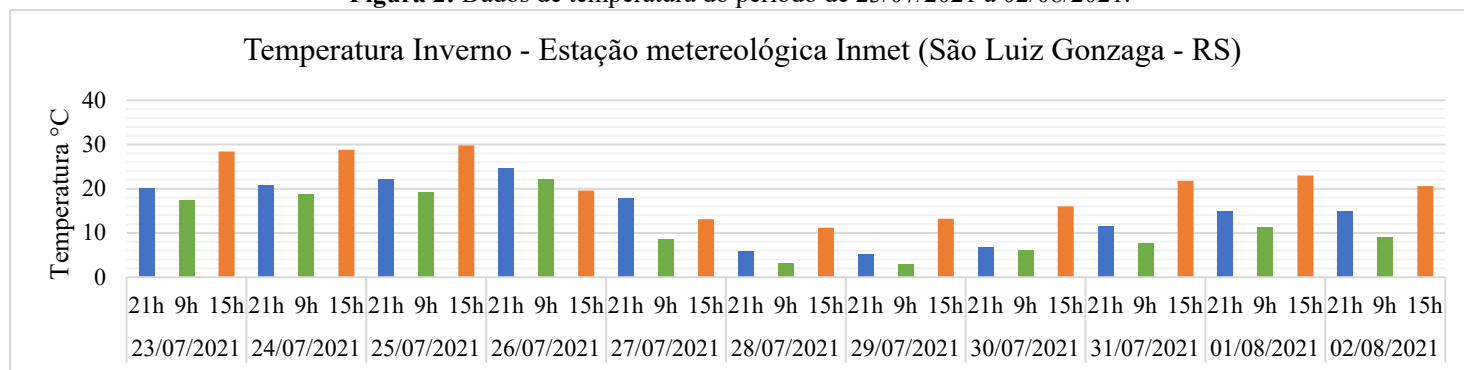
Elaborou-se dois gráficos com os dados registrados pela estação automática do INMET nos períodos de inverno e verão (Fig. 2 e 3), para fins de comparação com os valores obtidos no interior da sala de ordenha.

Observa-se que nos meses de julho e agosto a temperatura máxima registrada pelo INMET foi de 29,8°C e a mínima de 3°C (nos horários de leitura). No entanto, destaca-se que a temperatura mínima absoluta registrada no período foi de 0,9°C, no dia 29/07/21, em que se obteve na sala de ordenha o menor valor de ITU = 37,1.

Nos meses de verão, comparativamente aos dados climáticos do INMET, obteve-se o maior valor de ITU quando se teve a maior temperatura externa registrada na região. No dia 23/01/2022 a temperatura registrada às 15h foi de 41,6°C, no entanto, a temperatura máxima absoluta foi de 42,2°C. O valor de ITU obtido na sala de ordenha foi de 92,34, obtido a partir de uma temperatura interna de 45,8°.

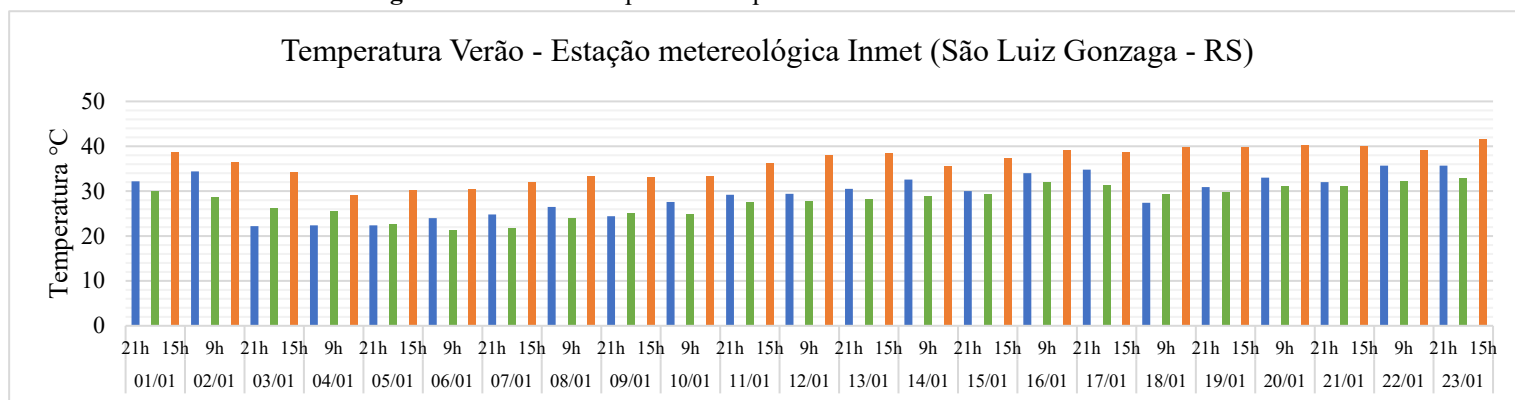


**Figura 2:** Dados de temperatura do período de 23/07/2021 a 02/08/2021.



Fonte: Inmet, 2022.

**Figura 3:** Dados de temperatura do período de 01/01/2022 a 23/01/2022.



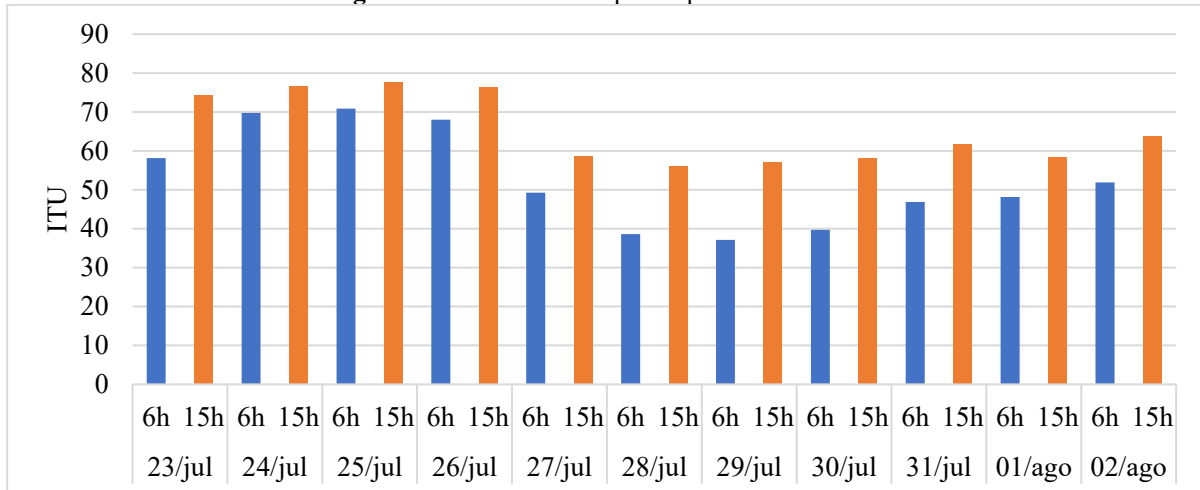
Fonte: Inmet, 2022.

### **Análise do itu no inverno**

Para os meses de inverno, elaborou-se um gráfico que ilustra os valores de ITU para o período analisado (Figura 4). A produção leiteira foi de 36.428 litros no mês de julho – valor superior ao obtido no verão.

Broucek et al. (1991) descrevem em seu estudo que em casos extremos, onde as vacas estão submetidas a baixas temperaturas por longos períodos, é provável que a produtividade seja reduzida igualmente em virtude do desvio de energia de funções produtivas para manutenção da temperatura corpórea. E assim sendo, o declínio na produção pode ser resultado do efeito térmico que ocorre diretamente sobre o tecido mamário, apresentando redução do fluxo sanguíneo para o úbere.

**Figura 4:** Valores de ITU para o período de inverno.



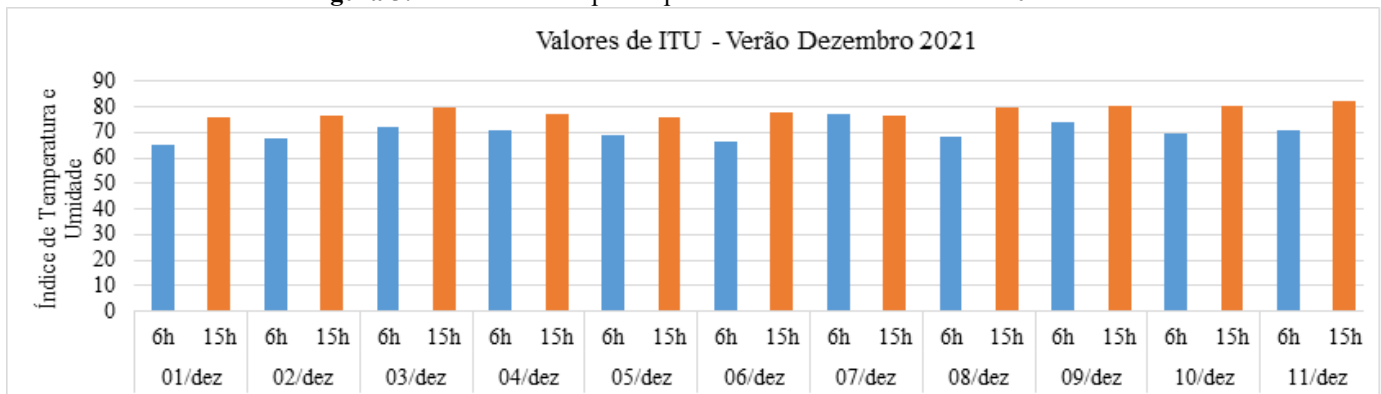
Fonte: Autoria própria, 2022.

Os valores de ITU no inverno apresentaram cerca de 27,3% dos valores acima de 70, mas nunca superados o valor de 78, sendo considerado uma faixa de conforto regular, conforme Silva (2000).

### Análise do itu no verão

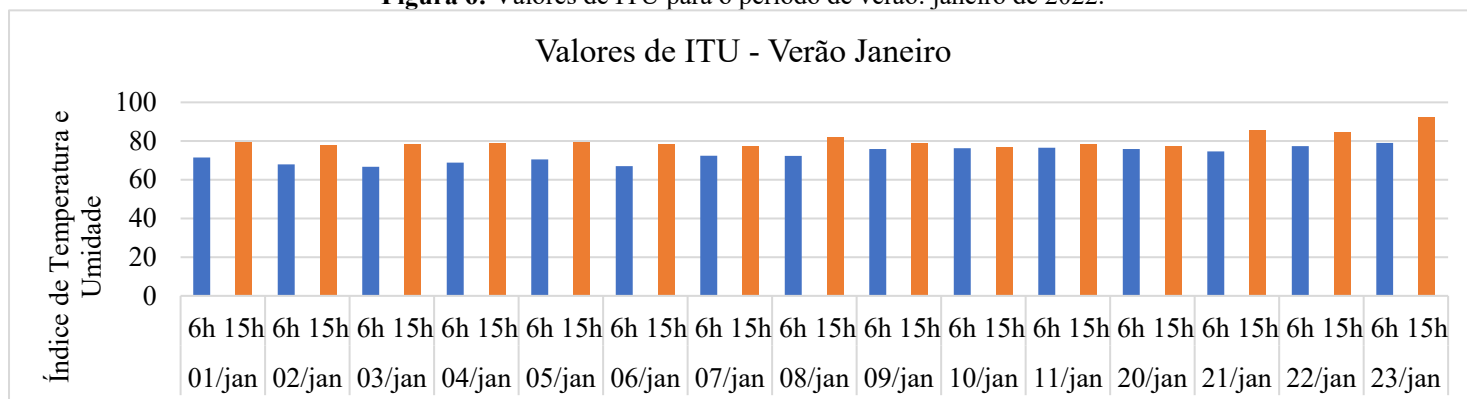
Para os meses de verão, elaborou-se dois gráficos que ilustram os valores de ITU para o período analisado, de dezembro de 2021 (Figura 5) e de janeiro de 2022 (Figura 6). A produção leiteira foi de 35.504 litros em dezembro de 2021 e de 30.095 litros em janeiro de 2022.

**Figura 5:** Valores de ITU para o período de verão: dezembro de 2021.



Fonte: Autoria própria, 2022.

**Figura 6:** Valores de ITU para o período de verão: janeiro de 2022.

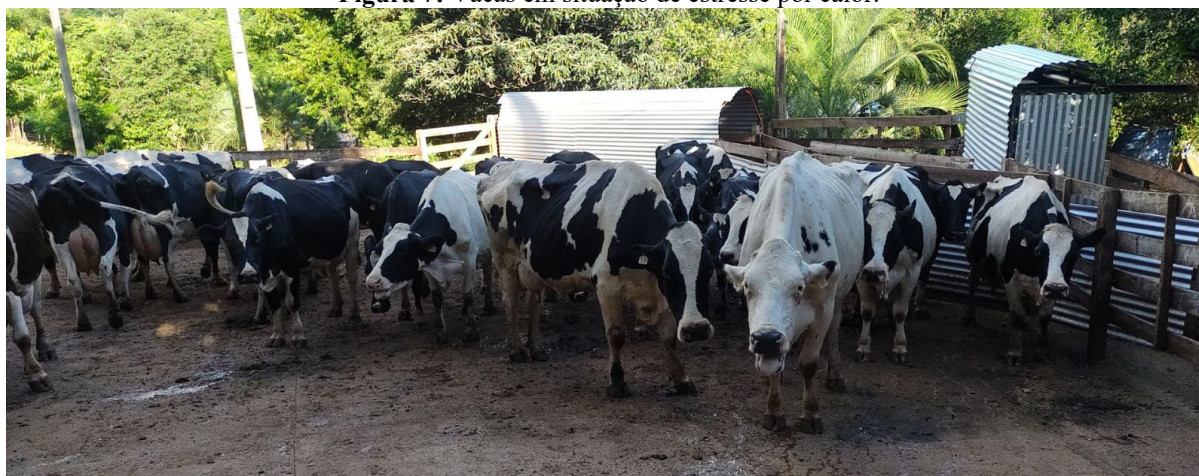


**Fonte:** Autoria própria, 2022.

Durante os meses analisados, foi observado que os animais ficaram em condições de estresse com as mudanças climáticas, mas durante o verão o estresse ficou mais evidente, através de comportamentos corporais, como a língua para fora, frequência respiratória e a procura por sombra (Figura 7).

Além de ser perceptível o desconforto do animal no verão, a produção de leite teve uma queda significativa em relação aos meses de inverno, assim como relatado por Borges et al. (2021) e Damasceno et al. (1998), na qual relataram que no verão a produtividade teve uma queda significativa, a partir de valores de ITU superiores a 75 e à 72, respectivamente.

**Figura 7:** Vacas em situação de estresse por calor.



**Fonte:** Autoria própria, 2022.

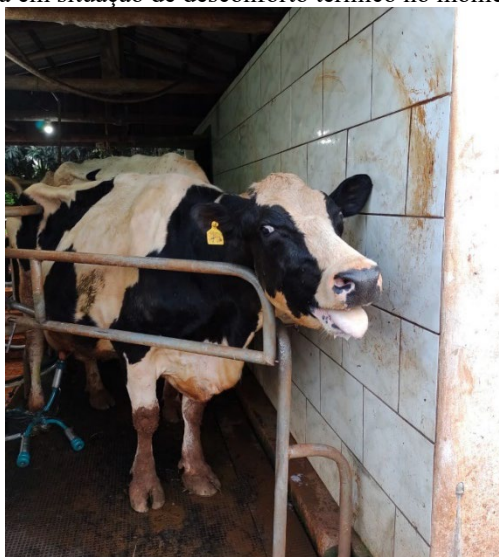
Azevedo et al. (2005) relataram valores críticos de ITU para vacas leiteiras em lactação a partir de 75 para algumas raças mestiças Holandês-Zebu. Esse valor de ITU foi superado em 63,4% das datas coletadas, mostrando-se situação de alerta para o produtor rural, na qual, indica-se que sejam feitas modificações ambientais.

No interior da sala de ordenha, local de instalação do termo-higrômetro, observou-se uma temperatura média de todo período de coleta no verão de 33,4°C. No entanto, a temperatura



máxima registrada às 15 h foi de 45,8°C, no dia 23/01/2022, mostrando-se como um valor extremamente alto, principalmente para vacas de raças europeias, como é o caso das Holandesas. Nestas condições, as vacas se mostraram estressadas e em estado de desconforto, até mesmo na hora da ordenha, conforme ilustra a Figura 8.

**Figura 8:** Vaca em situação de desconforto térmico no momento da ordenha.



**Fonte:** Autoria própria, 2022.

Foi observado altos valores de ITU nos meses de dezembro de 2021 e janeiro de 2022 (acima de 77). Nesses índices, segundo Oliveira et al.(2019) praticamente todo território do Rio Grande do Sul está sob desconforto térmico por calor no período de verão ( $ITU > 74$ ) e que até 27% do território está sob condições ambientais muito quentes ( $ITU > 79$ ) no mês de janeiro. A região de Caibaté se encontra na faixa de predominância de altas temperaturas e consequentemente possui valores de ITU na faixa de desconforto térmico.

Em relação a melhorias das condições de conforto térmico das instalações do estudo, para o verão foi sugerido aos produtores rurais a instalação de ventiladores com aspersão de água na sala de ordenha, além da instalação de telas de sombreamento na sala de espera. Para o inverno, indicou-se que a sala de ordenha seja fechada nas duas extremidades, por lonas ou outra forma, para diminuir a incidência de vento e concentrar o calor emitido pelos animais no interior da sala de ordenha.

## CONCLUSÕES

Diante do estudo realizado, ficou perceptível o quanto os animais são sensíveis e como eles são afetados pela mudança de temperatura, principalmente no verão com valores altos, por serem raças europeias. Destaca-se que o período de verão entre os anos de 2021 e 2022 foi



atípico no Rio Grande do Sul, ocasionando perdas de lavouras e pastagens devido a estiagem prolongada.

Concluiu-se que altos valores de ITU (acima de 75) proporcionaram condições de estresse e diminuição na produção do leite.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M.; PIRES, M. F. A.; SATURNINO, H. S.; LANA, A. M. Q.; SAMPAIO, I. B. M.; MONTEIRO, J. B. N.; MORATO, L. E. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 holandês-zebu em lactação. **R. Bras. Zootec.**, v.34, n.6, p.2000-2008, 2005.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais - conforto animal**. Viçosa: Editora UFV, 1997.

BORGES, P. H. M.; CAVALCANTE, C. E.; MORAIS, P. H. M.; MENDOZA, Z. M. S. H. Monitoramento do ambiente térmico em salas de ordenha. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v.4, n.2, p.2796-2808, 2021.

BROUCEK, J.; KISAC, P.; UHRINCAT, M. Effect of hot temperatures on the hematological parameters, health and performance of calves. **International Journal of Biometeorology**, v.15, p.201- 208, 2009.

BROUCEK, J.; LETKOVICOVFI, M.; KOVALCUJ, K. Estimation of cold stress effect on dairy cows. **International Journal of Biometeorol**, V. 35, p. 29–32, 1991.

BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D.; THATCHER, W.W.; COLLIER, R.J. **Black-Globe-Humidity Index (BGHI)** as comfort equations for dairy cows. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.24, n.3, p.711-14, 1981.

DAMASCENO, J. C.; BACCARI JÚNIOR, F.; TARGA, L. A.; Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas com acesso à sombra constante ou limitada. **R. Bras. Zootec.**, v.27, n.3, p.595-602, 1998.

EMATER/RS. **Bovinocultura de Leite** (2019). Referência de Qualidade em Extensão Rural Disponível em: <<http://www.emater.tche.br/site/area-tecnica/sistema-de-producao-animal/bovinos-de-leite.php#.YUTgn-5v8zQ>>. Acesso em 09 de set 2021.

HANSEN, P.J.; ARECHIGA, C.F. Strategies for managing reproduction in the heat-stressed dairy cow. **Journal of Animal Science**, v.77, suppl. 2, p.36-50, 1999.

LUTÉRCIA M. F. O.; YANAGI JUNIOR, T.; FERREIRA, E.; CARVALHO, L. G.; SILVA, M. P. Zoneamento bioclimático da região sudeste do Brasil para o conforto térmico animal e humano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.3, p. 823-831, dez 2006.

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

OLIVEIRA, Z. B.; BOTTEGA, E. L.; OLIVEIRA, M. B.; SILVA, C. M.; LINK, T. T. Análise do conforto térmico no estado do Rio Grande Do Sul utilizando técnicas geoestatísticas e dados das normais climatológicas. **Engenharia na Agricultura**, v.27, n.3, p. 195-203, 2019.

OLIVEIRA, Z.B.; BOTTEGA, E. L.; SILVA, C. M.; RODRIGUES, L. R.; KNIES, A. E. Zoneamento bioclimático do estado do Rio Grande do Sul para o conforto térmico de animais e do trabalhador rural. **Ambiência**. v.13 n.2, p. 423-438, 2017.

OLIVEIRA, Z.B.; KNIES, A. E. Conforto térmico em protótipos de bezerreiros na região Central do RS. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.1, p. 8748-8759, 2021.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados, **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 1, n. 2, p. 117-126, 2007.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Editora Nobel, 2000. 286 p.

TAO, X.; XIN, H. Acute synergistic effects of air temperature, humidity, and velocity on homeostasis of market-size broilers. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.46, n.2, p.491-7, 2003.

THOM, E.C. **The discomfort index**. Weatherwise, Boston, v.12, n.1, 1959.

WEST, J.W. Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.21-35, supplement 2, 2002.

YANAGI JÚNIOR, T.; XIN, H.; GATES, R. ASAE - **Thermal discomfort index for laying hens** St. Joseph: ASAE, 2001.

# CAPÍTULO 5

## A ASSISTÊNCIA TÉCNICA E A EXTENSÃO RURAL/ATER: TRAJETÓRIA DE UMA POLÍTICA PÚBLICA

**Rodson Oldani Casanova**  
**Leonice Aparecida De Fátima Alves Pereira Mourad**  
**Clebes Iolanda Leodice Alves**  
**Nathalia Boeira Coghetto**  
**Nathalia Roberta Dias Dos Santos**

### RESUMO

O presente artigo de revisão objetiva apresentar ao leitor um panorama geral acerca da política de assistência técnica e a extensão rural, também denominada de ATER, instrumento indispensável para o efetivo desenvolvimento rural. O artigo sinaliza a tradição de extensão e assistência técnica numa perspectiva difusionista associada à denominada modernização conservadora cuja principal manifestação foi a Revolução Verde. Aponta também a reorientação desse paradigma em razão da incorporação da temática da sustentabilidade e do reconhecimento dos saberes de todos os sujeitos envolvidos neste processo, apontando ainda a contribuição das proposições de Paulo Freire nesse sentido. Por fim o artigo apresenta os desafios e impasses da Política Pública de assistência técnica e a extensão rural – ATER.

**PALAVRAS CHAVE:** ATER; Assistência técnica; Extensão Rural; Desenvolvimento do campo.

### INTRODUÇÃO

A assistência técnica e a extensão rural – ATER têm grande importância na difusão do conhecimento construído pelas pesquisas voltadas ao desenvolvimento rural, bem como sua aplicabilidade através de processos comunicativos sobre novas tecnologias, que são determinantes para um desenvolvimento rural viável socialmente e ambientalmente responsável.

Institucionalizadas no Brasil há mais de 60 anos, as políticas, planos e sistemas de extensão rural estão sempre sendo debatidos e analisados, tanto quanto seu percurso histórico, quanto às novas formulações e aplicações, estas com efervescência na última década, dada a multiplicidade de propostas e métodos que surgiram a partir dos novos atores que entraram em cena como protagonistas do debate extensionista.

Tal efervescência se deu pela reconceitualização das práticas extensionistas, que durante os anos de 1970 e 1980, as ATERs tiveram grande influência na difusão de ideias e métodos de extensão no campo, contudo, se dava por um viés desenvolvimentista conservador,

privilegiando as unidades produtivas com potencial de capitalização e excluindo atores que viviam o campo não só como meio de produção, mas como modo de vida.

Com o fim do período ditatorial, abriu-se novos canais de diálogos e proposições feitas por segmentos da sociedade que estavam silenciados, como movimentos sociais, organizações comunitárias e os próprios trabalhadores da extensão que buscavam uma outra forma de intervir no mundo rural, trazendo novas abordagens e perspectivas que dialogassem com as reais necessidades dos sujeitos do campo, das florestas e das águas.

Esse é caminho que procuraremos percorrer neste trabalho, descrevendo o desenvolvimento histórico da extensão e assistência técnica rural, bem como as determinações conjunturais que propiciaram a construção de novos paradigmas para ATER, considerando os avanços e descontinuidades que a correlação de forças na construção e aplicação das políticas públicas acarretam. Portanto, a ATER está localizada em uma arena de tensões frente aos interesses do mercado e dos agentes capitalistas, e por outro lado, dos atores e sujeitos que procuram no mundo rural um modo de vida com prosperidade sustentável.

## **DEFINIÇÃO DE ATER**

A conceituação da ATER passa pelas dinâmicas e metamorfoses de ordem social, política e econômica que países centrais do capitalismo enfrentavam, como a necessidade de planificação econômica para sair de crises, a corrida para abastecer cidades em períodos de guerras e, com a consolidação do capitalismo monopolista, a assistência técnica principalmente ocupava um papel importante no processo de difusão e aceleração na criação de commodities, expandindo para países do terceiro mundo os pacotes do complexo agroindustrial financeiro, onde o acompanhamento se dava desde a preparação da terra, a partir de insumos reguladores do solo, passando pelo plantio com sementes certificadas, a aplicação de defensivos químicos para o controle de parasitas e o processo de secagem para a colheita, onde o produto já teria o destino final garantido por essa teia produtiva, onde o proprietário da terra tornava-se cada vez mais dependente de tais processos.

Portanto, a partir de tais características que se metamorfoseavam com as mudanças nas relações de produção, o sentido principal de ATER tinha uma mesma base: a difusão de técnicas formuladas e implantadas a partir de órgãos estatais ou privados para fins de espraiamento das lógicas mercadológicas que o Estado necessitava, a partir dos interesses do mercado e com um objetivo central: a uniformização dos processos produtivos a fim de homogeneizar as relações capitalistas no campo.



Tal lógica carregava um forte sentido ideológico, e a centralidade das demandas do Estado também se transferia no processo de assistência técnica, onde os técnicos iam às lavouras apenas para fins de manutenção produtiva e repasses de tarefas ao produtor, processos esses que eram desprovidos de diálogo para fins emancipatórios dos sujeitos responsáveis pela unidade de produção.

O caráter antidialógico do extensionismo difusionista que ganhou força com a consolidação do regime ditatorial no Brasil a partir da segunda metade dos anos de 1960 e com aprofundamento a partir dos anos de 1970 com Delfim Neto no Ministério da Fazenda e posteriormente na Agricultura já suscitava críticas de intelectuais que propunham uma forma diferente de abordar e operar a extensão, e que lançaria as bases para a construção de novos paradigmas no Brasil. Um deles é Paulo Freire (1983) que criticava o método unidirecional e impositivo no fluxo de informações entre extensionistas de campo e os receptores, e passou a propor um processo de extensão efetivamente comunicativo, dialógico, de troca de saberes, a ser estabelecido entre o técnico e o produtor rural.

É importante demarcar que a extensão rural que vamos abordar não é estritamente relacionada à assistência técnica tradicional como mero processo técnico, e sim como política pública, advindo daí a designação “ATER” (Assistência Técnica e Extensão Rural). Segundo Peixoto:

Os termos “assistência técnica” e “extensão rural” diferem-se pelo fato de que, enquanto esse se trata de um processo comunicativo de educação de conhecimentos de diversas naturezas, aquele que não possui, necessariamente um caráter educativo, visto que seu intuito seria o de resolver problemas específicos, pontuais, sem nenhum tipo de capacitação (PEIXOTO, 2008, p. 7).

Desta forma, podemos considerar a ATER como um processo educativo de comunicação entre agentes extensionistas e seu público receptor, os sujeitos que vivem e produzem no meio rural, bem como povos da floresta e pescadores. Esse processo pode se dar por diferentes métodos e não se restringe ao processo da técnica produtiva, pois se estende às outras dimensões do mundo rural que atravessam e conformam a sociabilidade de quem vive e se reproduz a partir da interação com o meio produtivo, estendendo o mero sentido da técnica instrumental na unidade produtiva e fundamentando práticas que visam a emancipação dos sujeitos atendidos, respeitando e considerando seus saberes, suas vivências e suas práticas adquiridas pela socialização de gerações, confluindo para o saber científico acrescentar na dinâmica produtiva e familiar, e não para substituí-la de forma arbitrária.

Portanto, como veremos no decorrer do artigo, a ATER propõe processos participativos para o desenvolvimento rural, ancorados em conceitos e práticas nobres, como agroecologia, equidade social, educação popular, questão de gênero e desenvolvimento sustentável, consolidando uma proposta contra hegemônica calcada em bases teóricas e resultados práticos consistentes.

## **HISTÓRIA DA ATER**

A história da ATER pode ser entendida como um processo intermitente, que inicialmente foi forjada para condicionar os modelos produtivos e suas ideologias a partir das demandas dos Estados do capitalismo central, ao mesmo tempo que também era condicionada pela dinâmica na correlação de forças entre os blocos político e econômicos, onde modelos tradicionais passaram a ser confrontados por modelos com caráter progressista, até avançar para modelos de rupturas epistemológicas no trato com o mundo rural, não enxergando apenas como um meio de produção, mas considerando todas suas dimensões e o respeito pela sociabilidade construída pelas famílias do campo, onde compartilham dinâmicas que diferem do mundo urbano.

Na história moderna, as ações extensionistas tiveram origem na extensão praticada pelos institutos universitários ingleses no fim do século XIX, e posteriormente, já no início do século XX, se institucionalizou nos Estados Unidos da América – EUA, o sistema cooperativo de extensão e assistência técnica. Esse foi o primeiro exemplo institucional de ATER, que influenciou modelos posteriores a serem implantados em países parceiros dos EUA no pós Segunda Guerra Mundial, impulsionado pelo contexto da Guerra Fria que exigia dos países parceiros (ou dependentes) contrapartidas nos intercâmbios produtivos.

Um dos países que fecharam acordo na aliança do Ocidente foi o Brasil, que nada mais fez do que dar continuidade a acordos anteriores, porém potencializados com a modernização desenvolvimentista de Juscelino Kubitschek até o estreitamento de fato com a Aliança para o Progresso nos anos de 1960 com o governo de John Kennedy. Tais acordos continham em seu pacote uma forte carga ideológica, pois os ideólogos da Guerra Fria temiam a proximidade dos países do chamado Terceiro Mundo com as ideias e políticas da União Soviética, principalmente pelo forte caráter subdesenvolvimentista desses países, e o desgarrar das amarras estadunidenses configuraria uma forte perda geopolítica com seus aliados dependentes de tais políticas.

Ao ser implementada no Brasil na segunda metade do século XX, as ações extensionistas se davam pela via do crédito rural. De acordo com Elma Dias Ruas (2006), em 1952 a prioridade da extensão era o crédito financeiro, seguido do processo educativo. Portanto, a prioridade era a difusão técnica e a devolução de resultados. Esse modelo era incompatível com as características do campo brasileiro, onde naquele período 70% da população brasileira vivia no campo, e sua sociabilidade e modo de vida se diferenciava muito das *farms* norte-americanas, se tornando de difícil implementação qualquer tentativa de transplantar modelos construídos para uma realidade específica desconsiderando as dimensões particulares do campo no Brasil.

Tal insucesso acarretou na exclusão das unidades familiares de pequeno porte e a extensão passou a ser orientada para fins exclusivamente mercadológicos, buscando atender às demandas dos países centrais do capitalismo mundial, que faziam tais investimentos e buscavam resultados estritamente funcionais, como a implementação dos pacotes agrícolas direcionados à unidades produtivas com maior capacidade de capitalização.

Milhares de famílias sofreram com esse processo, que causou o agravamento da pobreza no campo e movimentos de migração, culminando no grande êxodo rural que ganhou força com a consolidação da Revolução Verde, que era o projeto que buscava diversificar a produção e homogeneizar os métodos em larga escala a partir dos pacotes agrícolas criados pelas grandes empresas do complexo agroindustrial, que através da criação em 1974 da Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMBRATER), passou a serem subsidiadas oficialmente pelo Poder Executivo através da vinculação com o Ministério da Agricultura, e desta forma, integrava-se à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

Deste modo, o campo em suas relações de produção se tornava cada vez mais técnico, racional e globalizado, como destaca Santos:

Com a globalização, a especialização agrícola baseada na ciência e na técnica inclui o campo modernizado em uma lógica competitiva que acelera a entrada da racionalidade em todos os aspectos da atividade produtiva, desde a reorganização do território aos modelos de intercâmbio e invade até mesmo as relações interpessoais (SANTOS, 2008. p.304).

Nesse contexto, a extensão era levada de forma antidialógica e autoritária, visto que o modo de aplicação se dava pela “indução” no modo de organizar a produção, privilegiando o desenvolvimento das relações capitalistas de produção e trabalho no campo (CAPORAL, 1992).

Além do ônus social causado pelo privilégio ao modelo voltado ao mercado de exportações, aprofundando a questão agrária nos interiores do território brasileiro, a modernização conservadora trouxe à tona problemas no âmbito socioambiental. De acordo com Gonçalves Neto (1997), o pacote tecnológico da Revolução Verde provocou a contaminação de recursos hídricos, solos, ar, do força de trabalho e dos alimentos gerados pelo uso constante e à revelia de agrotóxicos e fertilizantes sintetizados nos laboratórios das grandes indústrias, reduzindo a biodiversidade dos ecossistemas e das culturas agrícolas através da monocultura cultivada com organismos geneticamente modificados.

A partir do lento processo de abertura política nos anos 1980, o modelo hegemônico conservador de extensão passou a ser amplamente criticado pela sociedade civil e pelos próprio servidores dos órgãos extensionistas, pois era cada vez mais óbvio o caráter destrutivo ambiental e socialmente, às custas da manutenção das relações de produção capitalistas no campo.

Esse contexto levou à criação no ano de 1986 da Federação das Associações e Sindicatos dos Trabalhadores de Assistência Técnica e Extensão Rural e Serviço Público do Brasil (FASER), pois havia um grande descompasso entre o modelo e a finalidade do extensionismo praticado, e a complexa e desigual realidade agrária brasileira, com suas características e nuances próprias, com saberes acumulados por gerações de famílias rurais, porém negados e excluídos pelos agentes modernizantes, que atuavam de forma vertical na difusão do conhecimento, ou como criticava Paulo Freire (1983), a educação bancária que predominava nas ações de extensão.

Segundo Peixoto (2008), é diante desse cenário de incipientes mudanças que a Embrater optou por apoiar um modelo de desenvolvimento rural ecologicamente correto, economicamente viável e socialmente justo, além de estimular ações direcionadas aos pequenos agricultores e assentados rurais do 1º Programa Nacional de Reforma Agrária (PNERA), criado em 1985.

Foi através de acúmulos gerados por debates e reflexões das categorias envolvidas que foi formada novas sínteses teóricas e metodológicas pra a extensão rural, a reboque de outras categorias profissionais que no mesmo período reorganizavam suas bases a partir de conselhos e conferências que envolvia amplos setores da sociedade civil, com movimentos sociais e sindicatos surgindo para dar coesão à todas as demandas desses setores.



Para Sachs (2008), o desenvolvimento só é possível se for guiado pelo duplo imperativo ético da solidariedade sincrônica com a geração presente e solidariedade diacrônica com as gerações futuras, conformando crescimento econômico com redução das desigualdades sociais e melhora do meio ambiente.

Desta forma, foi gestada novas formas de pensar o desenvolvimento, através de um viés humanizado com a inclusão e participação dos sujeitos atendidos, aliando o saber científico com o saber popular através da educação como meio importante para o desenvolvimento, pois possibilita processos orgânicos no âmbito da cultura, da conscientização, do entendimento dos direitos humanos, da autonomia, da autoconfiança e da autoestima (SACHS, 2008).

Um dos métodos participativos adotados e compartilhados nas ações extensionistas foi a pedagogia da alternância, que segundo Godinho:

Alternância significa o processo de ensino-aprendizagem que acontece em espaços e territórios diferenciados e alternados. O primeiro é o espaço familiar e a comunidade de origem (realidade); em segundo, a escola onde o educando/a partilha os diversos saberes que possui com os outros atores/as e reflete-se sobre eles em bases científicas (reflexão); e, por fim, retorna-se a família e a comunidade a fim de continuar a práxis (prática + teoria) seja na comunidade, na propriedade (atividades de técnicas agrícolas) ou na inserção em determinados movimentos sociais. (GODINHO, 2008, p. 120)

Transcorrida a década de 1980 e 1990, com avanços e retrocessos no debate sobre extensão e modelos de desenvolvimento, foi construído um acúmulo teórico e organizativo que propiciou as bases para a construção dos debates futuros que seriam sintetizados na Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural – PNATER, criada em 2004. A implementação dessa política tinha como objetivo transformar radicalmente a extensão, buscando promover o desenvolvimento rural sustentável no Brasil, tendo como público dirigido os atores sociais excluídos durante o processo de modernização conservadora do decorrer do século XX, que são os quilombolas, agricultores familiares, indígenas, ribeirinhos e assentados.

## **A ATUAL POLÍTICA DE ATER**

É nesse cenário que no ano de 2004 foi instituída como política de Estado a PNATER, elaborada a partir de amplos processos de participação democrática, debates e consultas aos atores partícipes do cenário extensionista, como secretarias ministeriais, movimentos sociais e sindicatos, bem como as empresas de assistência técnica e extensão rural, possibilitando um salto qualitativo na construção de novas bases e diretrizes para a construção de um extensionismo que busque a sustentabilidade ambiental e lance as bases para a autonomia dos sujeitos do campo que ficaram na marginalidade dos processos anteriores. A política construída

lançou as bases para a elaboração do Programa Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural (PRONATER), cuja primeira versão foi publicada em 1º de Março de 2005.

Um dos marcos da construção dessa política pública foi o multcentrismo dos atores que viabilizaram a PNATER, pois o protagonismo das linhas a serem debatidas e formuladas partiram da sociedade civil e movimentos sociais, que historicamente eram excluídos do debate extensionista, como ONGs, associações, cooperativas etc. Portanto, buscou romper com a outra perspectiva que é predominante na formulação de políticas públicas, que é a abordagem estadocêntrica, onde a articulação entre Estado e sociedade civil não acontece (SECCHI, 2010).

Foi no ano de 2010 que o Brasil passou a ter a primeira Lei de Ater, a qual institui a Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural para a Agricultura Familiar e Reforma Agrária – PNATER e o Programa Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural na Agricultura Familiar e na Reforma Agrária – PRONATER (BRASIL, 2010a).

A lei, em seu art. 3º, estabelece os princípios que nortearão a PNATER:

Art. 3º São princípios da PNATER:

- I - desenvolvimento rural sustentável, compatível com a utilização adequada dos recursos naturais e com a preservação do meio ambiente;
- II - gratuidade, qualidade e acessibilidade aos serviços de assistência técnica e extensão rural;
- III - adoção de metodologia participativa, com enfoque multidisciplinar, interdisciplinar e intercultural, buscando a construção da cidadania e a democratização da gestão da política pública;
- IV - adoção dos princípios da agricultura de base ecológica como enfoque preferencial para o desenvolvimento de sistemas de produção sustentáveis;
- V - equidade nas relações de gênero, geração, raça e etnia; e
- VI - contribuição para a segurança e soberania alimentar e nutricional. (BRASIL, 2010a).

Quanto aos objetivos da PNATER, a Lei 12.118/10, em seu art. 4º, estabelece:

Art. 4º São objetivos da PNATER:

- I - promover o desenvolvimento rural sustentável;
- II - apoiar iniciativas econômicas que promovam as potencialidades e vocações regionais e locais;
- III - aumentar a produção, a qualidade e a produtividade das atividades e serviços agropecuários e não agropecuários, inclusive agroextrativistas, florestais e artesanais;
- IV - promover a melhoria da qualidade de vida de seus beneficiários;
- V - assessorar as diversas fases das atividades econômicas, a gestão de negócios, sua organização, a produção, inserção no mercado e abastecimento, observando as peculiaridades das diferentes cadeias produtivas;
- VI - desenvolver ações voltadas ao uso, manejo, proteção, conservação e recuperação dos recursos naturais, dos agroecossistemas e da biodiversidade;
- VII - construir sistemas de produção sustentáveis a partir do conhecimento científico, empírico e tradicional;
- VIII - aumentar a renda do público beneficiário e agregar valor à sua produção;
- IX - apoiar o associativismo e o cooperativismo, bem como a formação de agentes de assistência técnica e extensão rural;

- X - promover o desenvolvimento e a apropriação de inovações tecnológicas e organizativas adequadas ao público beneficiário e a integração deste ao mercado produtivo nacional;
- XI - promover a integração da ATER com a pesquisa, aproximando a produção agrícola e o meio rural do conhecimento científico; e
- XII - contribuir para a expansão do aprendizado e da qualificação profissional e diversificada, apropriada e contextualizada à realidade do meio rural brasileiro. (BRASIL, 2010a).

De acordo com Caporal (2011), houveram retrocessos em comparação à política formulada em 2003, onde a construção se deu de forma mais ampla e participativa, enquanto a Lei de 2010 enfatizou pontos referentes ao tecnicismo e à burocracia, inclusive eliminando a Agroecologia do texto original, configurando falta de legitimidade sociopolítica. O amplo debate das categorias e organizações que marcaram o início dos anos 2000 e a consolidação da PNATER em 2003 não aconteceu novamente, e o Ministério do Desenvolvimento Agrário tomou a frente na formulação da Lei.

Tais discontinuidades podem estar relacionadas aos limites temporais e prazos, mas também por pressão das corporações econômicas que mantêm uma forte bancada legislativa para operar seus interesses no jogo político. Isso reafirma a forte tensão na disputa do direcionamento das políticas públicas, que são encaminhadas de acordo com a pressão política, social e econômica das partes interessadas na arena onde se expressam os interesses de classe.

## **DESAFIOS DA ATER**

Por mais bem planejada e formulada seja uma política pública, ela só se realiza de fato quando o extensionista, munido das competências técnico-operativas, adentra no campo e possibilita a troca de saberes com o sujeito a ser visitado em sua unidade produtiva, através dos métodos dialógicos comunicacionais, e tendo o imperativo ético como norteador do fazer profissional, considerando todas as dimensões que envolvem a nobre política de Ater e os atores atendidos. Contudo, somente o voluntarismo profissional também não basta quando a realidade conjuntural não fornece mais as bases objetivas para a implementação do que está na Lei, a depender dos direcionamentos que cada governante dá às áreas que necessitam da presença do Estado através de tais políticas.

Isso porque estamos assistindo ao desmonte das políticas de assistência técnica e social, principalmente no estrangulamento de recursos e no fechamento de secretarias e ministérios que seriam os responsáveis por dirigir a implementação das políticas públicas. Além disso, a desigualdade estrutural dos Estados brasileiros, responsáveis pelas Empresas de extensão (EMATER), dão um caráter descompassado à universalização da assistência técnica e social, mesmo considerando as particularidades de cada região.

Diante disso, há um mosaico de demandas e possibilidades a serem alcançadas e implementadas, tanto no âmbito produtivo, quanto na questão dos atores atendentes e atendidos, bem como na permanente atualização e defesa pela perspectiva crítica e contra hegemônica que orientam as bases teóricas e filosóficas na construção das propostas de ATER, como foram feitas no processo que culminou com a PNATER em 2003.

Portanto, o fomento às cooperativas e associações de produtores familiares é de extrema importância e necessidade, com subsídios creditícios e segurança jurídica na contratação de políticas de aquisição de alimentos. Necessita-se também que os agentes de extensão estejam sempre atualizados e a par das bases propostas e exigidas pela PNATER, afim de não haver descensos e incongruências entre as bases metodológicas e o exercício profissional.

Além disso, a necessidade de não perder o horizonte buscado desde a política de 2003, pautando modelos sustentáveis e de gestão democrática, como o fortalecimento da Agroecologia e do modo de produção familiar que não agrida a natureza e que gere riqueza e emancipação para todos.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

No decorrer deste trabalho vimos que a extensão rural contribuiu para a consolidação das bases desenvolvimentistas no campo brasileiro, orientando-se pela ‘modernização conservadora’ através dos pacotes iniciados pela Revolução Verde implementados na segunda metade do século XX.

Os efeitos danosos para a biodiversidade e para os sujeitos sociais que se reproduzem a partir do campo fizeram emergir uma crise no paradigma desenvolvimentista, que tinha uma agenda excludente e impopular. A partir disso, a prática extensionista experimentou uma reconfiguração de seus paradigmas, construindo e experimentando novas bases teóricas, filosóficas e metodológicas, em um movimento conjunto com a sociedade civil, que busca novas orientações de práticas e ações que dialoguem com ideias de manejo e desenvolvimento sustentável na transição do século, primando ainda pela articulação entre diferentes tipos de saberes em uma perspectiva de trabalho sistêmico e horizontal.

## **REFERÊNCIAS**

BRASIL. Lei nº 12.188, de 11 de janeiro de 2010. **Institui a política nacional de assistência técnica e extensão rural para a agricultura familiar e reforma agrária - PNATER e o programa nacional de assistência técnica e extensão rural na agricultura familiar e na**



**reforma agrária - PRONATER**, altera a Lei no 8.666, de 21 de junho de 1993, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 11 jan. 2010a. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112188.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112188.htm). Acesso em 14 Fev 2022.

CAPORAL, F. R. **A extensão rural e os limites à prática dos extensionistas do serviço público**. 1991. 134 f. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) –Programa de Pós-Graduação em Extensão Rural, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, 1991.

\_\_\_\_\_. **Lei de ATER: exclusão da Agroecologia e outras armadilhas**. 2011. Disponível em [http://www.emater.tche.br/site/arquivos\\_pdf/teses/R-Agroec12-11\\_05\\_Opiniao-Lei\\_ATER.pdf](http://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/teses/R-Agroec12-11_05_Opiniao-Lei_ATER.pdf). Acesso em 12 Fev 2022.

FREIRE, P. **Extensão ou Comunicação**. Rio de Janeiro: Ed. Paz e Terra, 1983.

GODINHO, E. M. S. O. PEDAGOGIA DA ALTERNÂNCIA DOI: 10.5216/teri.v3i2.2980. **Revista Terceiro Incluído**, Goiânia, v. 3, n. 2, p. 118–124, 2013. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/teri/article/view/29802>. Acesso em 20 Fev 2022.

GONÇALVES NETO, W. **Estado e agricultura no Brasil: política agrícola e modernização econômica brasileira-1960-1980**. São Paulo: HUCITEC, 1997.

PEIXOTO, M. **Extensão Rural no Brasil**. uma abordagem histórica da legislação. 2008. Disponível em: [http://www.senado.gov.br/conleg/textos\\_discussão.htm](http://www.senado.gov.br/conleg/textos_discussão.htm). Acesso em 31 Jan 2022.

RUAS, E. D. **Metodologia participativa de extensão rural para o desenvolvimento sustentável – MEXPAR**. Belo Horizonte, Março, 2006.

SACHS, I. **Desenvolvimento: includente, sustentável, sustentado**. Rio de Janeiro: Ed. Garamond, 2008.

SECCHI, L. **Políticas públicas: conceitos, esquemas de análise, casos práticos**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

# CAPÍTULO 6

## EFEITOS DO SISTEMA AGROALIMENTAR GLOBAL NA SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL

Maria Leticia Barbosa Xavier

### RESUMO

O Sistema Agroalimentar Mundial hegemônico, baseado no capitalismo financeiro e nas grandes corporações multinacionais promovem a insegurança alimentar e nutricional no mundo. O atual modelo de desenvolvimento agrário e agrícola da produção de alimentos contribui para o aumento da fome e da obesidade que não são problemas opostos, mas sim duas faces da mesma moeda, a insegurança alimentar. O sistema agroalimentar global impede o acesso aos alimentos em quantidade, qualidade e regularidades adequadas para a alimentação humana saudável promotora de saúde. Desta forma, cabe aos Estados agir para limitar o modelo de agricultura centrado em monoculturas cultivadas com uso excessivo de agrotóxicos e dependência dos pacotes tecnológicos de sementes e fertilizantes, fiscalizar a atuação de grandes corporações internacionais, impedir a compra de terras agricultáveis pelas corporações, regular a volatilidade do preço dos alimentos, desincentivar o excessivo consumo de alimentos industrializados e ultraprocessados, ao mesmo tempo em que oferece incentivos à agricultura ecológica, local, orgânica que protege a sociobiodiversidade, incentiva a economia local, a geração de empregos e garante a alimentação e o desenvolvimento saudável da população.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistemas Agroalimentares; Segurança Alimentar e Nutricional; Fome.

### INTRODUÇÃO

O sistema agroalimentar, em sua configuração atual, baseado na hegemonia das grandes corporações promove a insegurança alimentar e nutricional no mundo. O comércio internacional é capitaneado por grandes corporações que visam acumulação de capital e cujas decisões causam impactos de nível mundial. A atuação dos Estados frente a este sistema agroalimentar corporativo mundial, embora possa ser relevante no nível local, não tem sido capaz de alterar a complexidade das relações em torno da alimentação no mundo, contribuindo assim para agravar ainda mais as condições alimentares dos mais pobres.

Nos negócios agroalimentares mundiais há forte desregulação conduzida pelo poder das grandes corporações que dominam as cadeias de suprimentos, disseminam hábitos de consumo e práticas produtivas em âmbito global com a conivência de organização multilaterais mundiais. A integração entre o mercado financeiro e o mercado agrícola está no cerne deste cenário pouco regulado, uma vez que o primeiro influencia a intensa variação de preços nos mercados agrícolas, transformando os alimentos em ativos financeiros seguindo a lógica especulativa da

acumulação de capital. De tal modo, no mercado dos alimentos a “*competitividade se tornou uma palavra de ordem, e instabilidade uma inevitável consequência*” (PAULA, 2017, p.172).

Diante dessa dinâmica, interpretada sob a noção de regime alimentar neoliberal ou corporativo, expostos por Friedmann (2009) e McMichael (2016) amparado na hegemonia das grandes corporações, a exploração das vantagens competitivas locais se torna uma máxima na atuação das empresas, simultânea ao agravamento da dependência externa para o suprimento de alimentos básicos, fomentando hábitos alimentares locais distantes de suas tradições e suas simbologias. Hábitos alimentares incluindo maior consumo de proteína animal, de grãos exóticos, assim como de alimentos processados e ultraprocessados enfraquecem as estruturas produtivas locais e intensificam a dependência dos países mais pobres dos excedentes produzidos por países centrais, fragilizando a segurança ou a soberania alimentar nacional dos países dependentes de importação. Consequentemente, os países periféricos se abstêm da regulação dos mercados em favor das grandes corporações e dos países mais ricos e com isso tornam as populações nacionais mais vulneráveis e expostas às crises mundiais de abastecimento (PAULA, 2017).

## **PANORAMA DA INSEGURANÇA ALIMENTAR MUNDIAL**

O relatório “Desafios Globais Para o Direito Humano à Alimentação, a Soberania, a Segurança Alimentar e Nutricional e os Papéis do Brasil”, elaborado pelo CONSEA (Conselho Nacional de Segurança Alimentar) em 2012, aponta desafios surgidos com a crise alimentar ocorrida em 2007, no contexto do regime alimentar neoliberal, no qual os alimentos têm sido transformados em mercadoria e *commodities* negociáveis em mercados futuros de bolsas de valores. O relatório destaca a expansão das monoculturas e dos latifúndios, os quais utilizam insumos como pesticidas, agrotóxicos, fertilizantes, sementes geneticamente modificadas em larga escala, além de adotarem tecnologias geradas a partir de patentes controladas por um pequeno número de corporações transnacionais sediadas em países centrais da Europa e Estados Unidos. Segundo esse documento, o cenário de dependência das tecnologias agrícolas fará com que as crises de carência de alimentos sejam cada vez mais recorrentes e avassaladoras, especialmente nos países periféricos, como é o caso do Brasil.

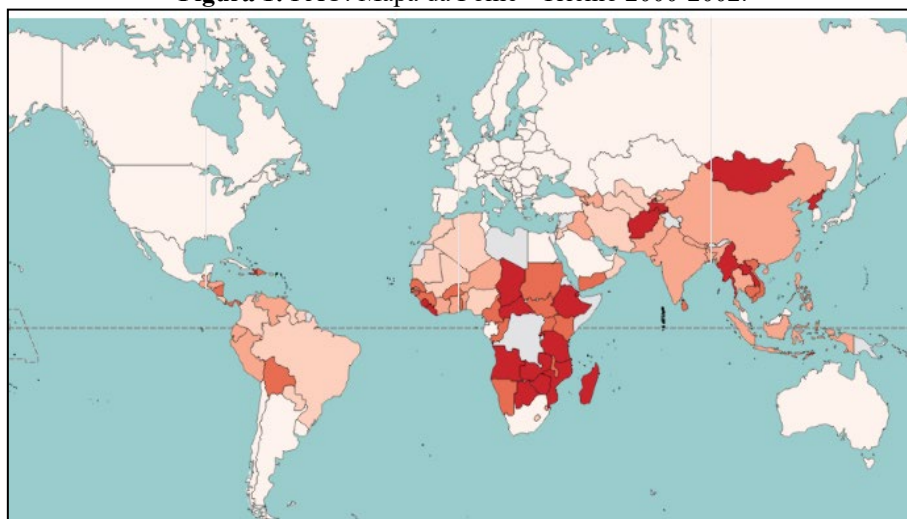
A fome é uma das manifestações do estado de insegurança alimentar das pessoas, e sem dúvidas, a face mais conhecida do problema. Diariamente, milhares de pessoas sucumbem frente à carência de alimentos em quantidade, regularidade e qualidade necessárias para suas atividades cotidianas (MALUF, 2009). No ano 2000 aproximadamente 900 milhões de pessoas

estavam subalimentadas no mundo, reduzindo para 777 milhões em 2015, o melhor resultado desde que foram iniciadas as medições sobre a fome no mundo. Contudo em 2016, essa tendência inverteu-se voltando a 815 milhões de pessoas subalimentadas, ou seja, em estado de insegurança alimentar e nutricional. As alterações no cenário mundial que contribuíram para piora nas condições de alimentação e nutrição são atribuídas especialmente às decisões políticas estatais, mas também aos conflitos armados e eventos climáticos em diferentes regiões do mundo (FAO *et. al.*, 2017).

Os índices de desnutrição infantil são também alarmantes, uma em cada doze crianças menores de cinco anos são afetados pela desnutrição aguda, chegando a 52 milhões de crianças que definham diariamente, incapazes de desenvolver atividades cotidianas simples em virtude da fome e da desnutrição. Além disso, 155 milhões de crianças estavam, em 2016, em estado de desnutrição crônica, o qual compromete o desenvolvimento físico e cognitivo, assim como seu futuro desempenho escolar, produtividade no trabalho, além do aumento no risco de infecções severas, capazes de levar ao óbito precoce (FAO *et. al.*, 2017). Os índices de desnutrição infantil é um importante termômetro do quadro da fome, uma vez que quando uma criança chega nesta situação, os adultos de sua família já estão em estado de insegurança há mais tempo, conforme se observa pela Escala Brasileira de Insegurança Alimentar (EBIA).

Segundo consta do “Mapa da fome no mundo”, relatório anual elaborado pela FAO, entre 2002 e 2013 o Brasil havia reduzido em 82% o número de pessoas famintas e desnutridas em seu território. Assim, em 2014, pela primeira na sua história o percentual da população brasileira desnutrida era inferior a 5%, sendo que até 1999 a taxa de desnutrição chegava a 15% no Brasil (FAO, 2017). Como pode ser observado nas figuras abaixo:

**Figura 1:** FAO: Mapa da Fome - Triênio 2000-2002.

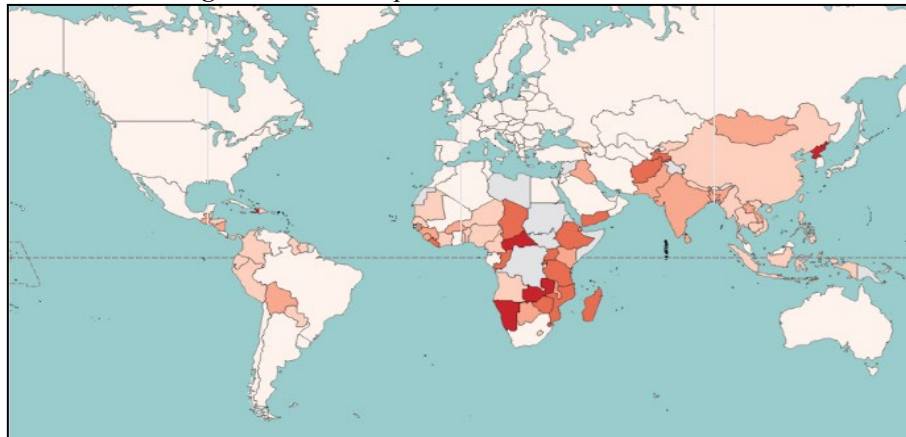






Fonte: FAO, 2017.

Figura 2: FAO: Mapa da Fome - Triênio 2014-2016.



Fonte: FAO, 2017.

## DISCUSSÃO

Menezes (2017) afirma, contudo que os avanços obtidos no Brasil até 2014 estavam ameaçados e indicavam retrocessos em função especialmente do enfraquecimento de políticas públicas. O pesquisador cita as limitações e os recorrentes cortes de investimentos nas políticas públicas sociais, como grandes influenciadores do aumento da extrema pobreza e por conseguinte da fome e desnutrição no país. É importante considerar, todavia, que o elevado número de pessoas que sofrem com a carência de alimentos no mundo pode estar subdimensionado, uma vez que os registros médicos de fome e desnutrição como doença ou como causas de enfermidades são quase inexistentes.

A avaliação de Castro (1984), feita na década de 1930, já denunciava a gravidade do problema da fome no Brasil desde o início do Século XX, existindo subnotificações de sua incidência, cujas evidências eram insuficientes para embasar políticas públicas ou decisões governamentais de enfrentamento do problema, sugerindo assim um silêncio premeditado dos cientistas e governos sobre o tema da insegurança alimentar e nutricional.

Os flagelos sociais associados à fome e escassez de alimentos estiveram presentes ao longo de toda a história mundial, conforme argumentam Paula (2017) e Castro (1984). Todavia,

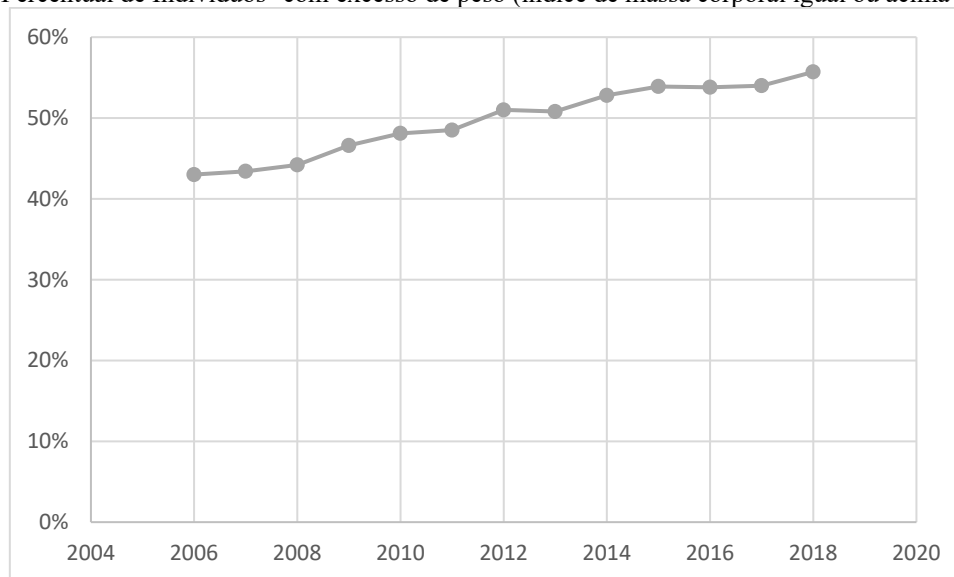
Paula (2017) ressalta que as crises humanitárias, com escassez de alimentos vividas na Irlanda em 1845, na China, em 1950, na Etiópia em 1980 e na Coreia em 1990 resultavam de causas naturais, tais como as frustrações de safra, infestações das lavouras ou por questões políticas resultando em conflitos armados e decisões governamentais equivocadas, mas essas circunstâncias restritas a países e sociedades específicas, ganharam dimensões mundiais a partir dos anos 2000.

A alimentação foi um problema inicialmente marcado pela escassez de alimentos, incapacidade de produção, e pela fome constante, porém hoje tem outros contornos, como acesso a alimentos de qualidade nutritiva, que resultam não apenas em fome e desnutrição, mas também em obesidade e a dificuldade de aquisição de alimentos saudáveis e adequados às dietas locais (McMICHAEL, 2016).

Os dados constantes no relatório *Global Burden of Disease 2016* (“Peso Global das Doenças”) explicitam a relação entre a alimentação e as doenças. A insegurança alimentar mundial pode ser observada no número de mortes relacionadas à fome, subnutrição e obesidade, as quais diminuíram significativamente, de 3,4 milhões, em 1990, para 1,4 milhão em 2010. Contudo, a insegurança alimentar ainda está diretamente relacionada com 4 entre as 10 doenças que mais matam no mundo, como as cardiopatias, acidentes vasculares, diabetes e diarreia, segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) de 2017. As dietas pobres em frutas, verduras e fibras tem grande impacto nestes resultados.

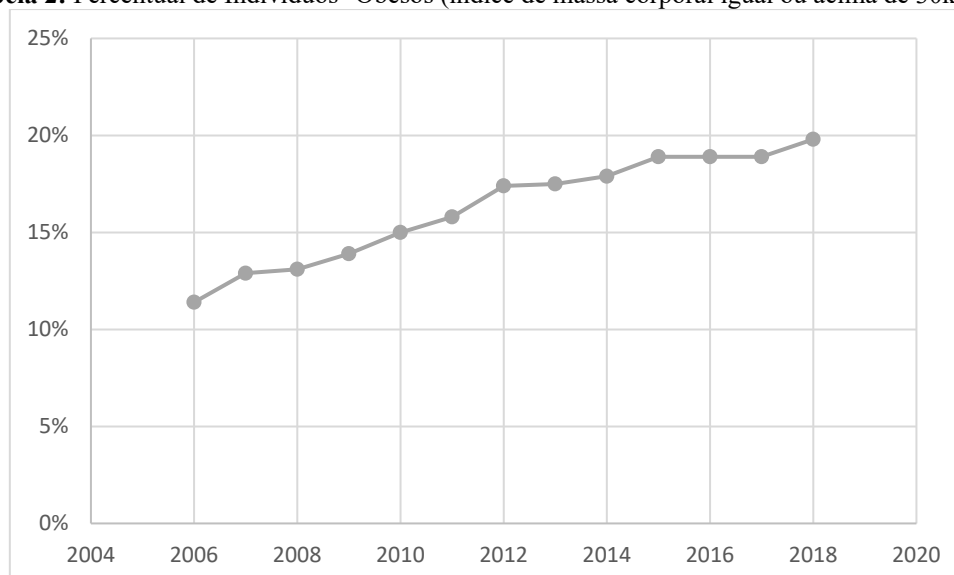
No Brasil a tendência é semelhante ao resto do mundo. A obesidade aumentou 60% entre os anos de 2006 e 2016, e que mais da metade da população está acima de seu peso ideal, segundo dados do Ministério da Saúde, através da Pesquisa de Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico (Vigitel), realizada em todas as capitais brasileiras anualmente entre 2006 e 2018. O crescimento das taxas de obesidade aumenta a prevalência de doenças como diabetes e hipertensão, que embora não transmissíveis, podem ser fatais. A incidência de diabetes em 2006 atingia 5,5% da população em 2006, aumentando para 8,9% em 2016, enquanto o número de hipertensos passou de 22,5% para 25,7% no mesmo período. A pesquisa também revela mudança nos hábitos alimentares da população, como o consumo de feijão que diminuiu 67,5%, em 2012, para 61,3%, em 2016. Em relação às frutas e hortaliças, constatou-se que apenas um entre três adultos as consome em pelo menos cinco dias da semana (VIGITEL, 2016).

**Tabela 1:** Percentual de Indivíduos<sup>3</sup> com excesso de peso (índice de massa corporal igual ou acima de 25kg/m<sup>2</sup>).



**Fonte:** VIGITEL (2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018)  
Elaboração da autora, 2020.

**Tabela 2:** Percentual de Indivíduos<sup>4</sup> Obesos (índice de massa corporal igual ou acima de 30kg/m<sup>2</sup>).



**Fonte:** VIGITEL (2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018)  
Elaboração da autora, 2020.

Os índices crescentes de obesidade revelam uma face diferente do problema da alimentação, e uma das manifestações de insegurança alimentar, associada à fome e desnutrição, temas relevantes na atualidade, que reforçam a importância da comida em si e da alimentação como fatores de interesse social, porém ainda carentes de políticas públicas para seu enfrentamento. Nesse sentido, os problemas em torno da alimentação são refletidos

<sup>3</sup> Indivíduos considerando o conjunto da população adulta das capitais dos estados brasileiros e Distrito Federal.

<sup>4</sup> Indivíduos considerando o conjunto da população adulta das capitais dos estados brasileiros e Distrito Federal.

cotidianamente na pobreza, sendo, portanto, a carência de recursos fator determinante de situações de insegurança alimentar no mundo, sejam elas de fome ou obesidade, ambas podendo culminar em situações de desnutrição.

A desnutrição emerge de um processo social discrepante em relação à acumulação de capital, onde pobreza e riqueza convivem lado a lado evidenciando a exclusão e a negligência em relação aos direitos humanos, especialmente no que tange o acesso aos meios essenciais para a sobrevivência, tal qual a alimentação segura, saudável e adequada (PAULA, 2017). Desta maneira, as crises que levam à insegurança alimentar e nutricional em suas diferentes manifestações, devem ser vistas não mais como eventos naturais, corrigíveis através de ajudas humanitárias pontuais, mas devem ser analisadas criticamente como eventos políticos e passíveis de prevenção, principalmente, por meio de políticas públicas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se, portanto que até a década de 1970 as crises alimentares estiveram associadas às fragilidades de sociedades específicas ou regiões geográficas. Contudo, a partir de então as crises alimentares teriam deixado seu caráter de manifestações esporádicas e passaram “*a ter um caráter sistêmico decorrente da dimensão global dos mercados e do fortalecimento dos negócios em torno da alimentação*” (Paula, 2017, p.149). Portanto, a insegurança alimentar seja ela manifestada pela fome, desnutrição ou obesidade se tornou um fenômeno intrínseco ao sistema alimentar, como tal agravando-se caso a ordem econômica mundial estruturada segundo princípios neoliberais não seja revista.

O CONSEA corrobora essa avaliação e destaca que as crises alimentares são fatos político, históricos e cíclicos, causado de tempos em virtude do modelo de livre mercado, como uma receita de liberalização dos países mais fortes para os mais fracos, salientando ainda as práticas protecionistas dos países centrais; concentração da posse de terras, com a repressão aos movimentos sociais que possuam bandeiras de reforma agrária; e a propagação do cultivo de alimentos para utilização em agrobiocombustíveis. Além disso, o sistema agroalimentar está concentrado na estrutura de mercado entre grandes empresas multinacionais varejistas de alimentos se tornou um grave obstáculo para a promoção da SAN, indicando a necessidade instâncias regulatórias pelos governos nacionais. Como contraponto hegemônico de liberalização dos mercados de alimentos no contexto do regime alimentar neoliberal, coloca-se em pauta a necessidade do fortalecimento da agricultura familiar e camponesa e dos circuitos curtos de comercialização, revitalizando os mercados locais, que se enfraquecem num ambiente



em que prevalece o livre mercado, mas que podem salvaguardar estratégias de segurança e soberania alimentar em países como o Brasil, práticas negligenciadas pelos últimos governos brasileiros.

Nessa perspectiva, investimento em políticas públicas que fomentem formas alternativas de produção de alimentos se torna imprescindível, assim como políticas de distribuição de terra e limitação do acesso a terras agricultáveis por corporações internacionais. Ademais, pontua-se a necessidade de preservação da sociobiodiversidade, dos recursos naturais e especialmente da água potável. Para isso, é preciso reorientar as negociações comerciais multilaterais de forma a garantir os meios para promoção de Segurança Alimentar e Nutricional, além de pleitear mais espaços e voz ativa em organismos transnacionais, como na Organização das Nações Unidas (ONU) e na Organização Mundial do Comércio (OMC).

Assim, a fim de conter os desdobramentos prejudiciais do atual regime alimentar mundial no sistema alimentar brasileiro é preciso limitar o modelo de agricultura de grande escala e centrado em monoculturas cultivadas com uso excessivo de agrotóxicos e dependência dos pacotes tecnológicos de sementes, a atuação de grandes corporações internacionais, a volatilidade do preço dos alimentos, a partir da lógica financeira, e o excessivo consumo de alimentos industrializados. Essa estrutura, tanto em nível mundial quanto de Brasil, formada a partir da consolidação do capitalismo financeiro neoliberal, não tem sido capaz de garantir alimentação regular e adequada às populações. Isso não impede, todavia, que o sistema agroalimentar mundial propague uma narrativa de garantia de alimentação segura e nutritiva de maneira ampla e irrestrita às pessoas através do mercado, mesmo que, na realidade, acabe aprofundando as desigualdades e o estado de insegurança alimentar e nutricional mundial, seja por meio da fome ainda presente ou da obesidade crescente.

## REFERÊNCIAS

CASTRO, Josué. **Geografia da Fome: o dilema brasileiro: pão ou aço**; 10 ed. Rio de Janeiro: Editora A, 1984

CONSEA – **A Segurança Alimentar e Nutricional e o Direito Humano à Alimentação Adequada no Brasil**: indicadores e monitoramento da constituição de 1988 aos dias atuais, 2010.

FAO. **Mapa da Fome**. Disponível em: [fao.org/hunger](http://fao.org/hunger). Acesso em 19 de setembro de 2017.

FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF. 2017. **El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2017: fomentando la resiliencia en aras de la paz y la seguridad alimentaria.** Roma: FAO, 2017

FAO. **El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2012: el crecimiento económico es necesario, pero no es suficiente para acelerar la reducción del hambre e malnutrición.** Roma: FAO, 2012. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i3027s/i3027s00.htm>. Acesso em: 25 de março de 2020

FRIEDMANN, Harriet; MCMICHAEL, Philip. **Agriculture and the state system: The rise and decline of national agricultures, 1870 to the present.** Sociologia Ruralis, Vol. XXIX-2, 1989; BURCH, David & LAWRENCE, Geoffrey. **Towards a third food regime: behind the transformation.** Agricultural Human Values, nº 26, pg. 267 – 279, 2009.

MALUF, Renato. **Segurança Alimentar e Nutricional.** 2ed. Petrópolis: Vozes, 2009

MCMICHAEL, Philip. **Regimes Alimentares e Questões Agrárias.** São Paulo; Porto Alegre: Editora UNESP; Editora da UFRGS, 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Obesidade cresce 60% em dez anos no Brasil.** Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/saude/2017/04/obesidade-cresce-60-em-dez-anos-no-brasil>. Acesso em 22 de janeiro de 2018.

MENEZES, Francisco. **Como o Brasil do mapa da fome e por que pode voltar.** Entrevista concedida ao jornal Nexo. Disponível em: <https://www.nexojournal.com.br/expresso/2017/07/23/Como-o-Brasil-saiu-do-Mapa-da-Fome.-E-por-que-ele-pode-voltar>. Acesso em 07 de janeiro de 2018.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Las 10 principales causas de defunción: Nota descriptiva de actualización de enero de 2017.** Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/es/>. Acesso em 12 de julho de 2017.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Global Burden of Disease.** Disponível em: [http://www.who.int/topics/global\\_burden\\_of\\_disease/es/](http://www.who.int/topics/global_burden_of_disease/es/). Acesso em 17 de novembro de 2017.

PAULA, Nilson. **Evolução do Sistema Agroalimentar Mundial: contradições e desafios.** Curitiba: CRV, 2017

VIGITEL. **Vigitel Brasil 2016.** Disponível em: <http://portal.arquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/02/vigitel-brasil-2016.pdf>. Acesso em 20 de agosto de 2019

# CAPÍTULO 7

## O “DESBARRANCADO” DA FAZENDA CURRALINHO EM ABADIÂNIA (GO): PROPOSTAS DE PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS E AÇÕES MITIGADORAS

Amanda Caroliny de Lima Silva  
Vandervilson Alves Carneiro  
Simone Marques Faria Lopes  
André Luiz Ribas de Oliveira

### RESUMO

O Estado de Goiás apresenta uma alta incidência de “desbarrancados” (voçorocas) tanto na zona rural como no ambiente urbano, que estão causando não apenas impactos ambientais como socioeconômicos. Diante disso, objetivou-se identificar o padrão morfológico conforme o estudo de Ireland *et al.* (1939) e discutir as estratégias e técnicas conservacionistas mais adequadas para o combate do “desbarrancado” na Fazenda Curralinho em Abadiânia (GO). Como metodologia utilizou-se literatura específica sobre erosões lineares e práticas conservacionistas, coleta de informes no *site* da Prefeitura Municipal Abadiânia (GO), trabalhos de campo *in loco* em 2017 nos períodos de seca e de chuva, registros fotográficos, manuseio e notificações nas imagens do Google Earth de 2017, apontamentos em caderneta e análise dos dados coletados para a produção textual. Conclui-se que as intervenções antrópicas acarretam alterações de destaque na paisagem rural de Abadiânia (GO) e que estas medidas de recuperação em áreas degradadas, como por exemplo, as áreas com voçorocas devem ser constituídas de práticas vegetativas e mecânicas de baixo custo. É aconselhável adotar medidas de estabilidade da erosão, além de estabelecer uma mudança de paradigma, com um enfoque em atividades agropecuárias sustentáveis.

**PALAVRAS-CHAVE:** Erosão rural; Técnicas conservacionistas; Cerrado.

### INTRODUÇÃO

A partir da década de 1970 houve intenso processo de ocupação do Cerrado brasileiro pela agricultura, gerando impactos ambientais, como erosão dos solos (ANDRADE *et al.*, 2002). Essa preocupação com as expansões da agropecuária, da mineração, das indústrias e das cidades em áreas de Cerrado fundamentou a presente pesquisa no sentido da necessidade de se deter o avanço das erosões neste bioma.

Na literatura há várias definições e abordagens sobre as erosões tanto no meio urbano como no rural (AB’SÁBER, 1968; BERTONI; LOMBARDI NETO, 1993; LAL, 1994; SOMEKH, 2018). Neste trabalho, a pesquisa volta-se ao ambiente rural, onde está inserida a Fazenda Curralinho (Abadiânia / GO) que é bordejada pela Rodovia BR-060.

Entende-se que a erosão consiste no processo de desprendimento e transporte das partículas do solo, constituindo-se na principal causa da degradação dos solos em domínio rural. Existem duas formas de erosão: a erosão de cunho geológico, a qual é oriunda de fenômenos naturais, atuando como agente benéfico para a formação do próprio solo; e a erosão acelerada, a qual é provocada pelo homem, devido à destruição do equilíbrio de suas condições naturais (AB'SÁBER, 1968; BERTONI; LOMBARDI NETO, 1993; LAL, 1994; SOMEKH, 2018).

Dentre as formas de erosão hídrica, pode-se diferenciá-las em linear e laminar. Salomão (1999) diz que a erosão linear ou em sulcos é provocada pela concentração das linhas de fluxo das águas de escoamento superficial, resultando em incisões na superfície do terreno que podem evoluir para a formação de ravinas e voçorocas. Os estudos de Almeida Filho *et al.* (2015, p. 1-2) afirmam que:

Os processos erosivos lineares resultam da ruptura do equilíbrio ambiental, quando ocorre uma transformação significativa da paisagem, iniciada com a retirada da cobertura vegetal para ceder lugar a outras formas de uso do solo. Esses processos se manifestam na forma de sulcos, ravinas e voçorocas.

Segundo Drugowich (2014, p. 15),

A erosão deve ser enfrentada de forma global e integrada, com o conseqüente aumento da produção, produtividade e da renda do produtor. Isto explica o porquê de algumas práticas isoladas, especialmente o terraceamento, deixarem a desejar no que concerne ao combate à erosão. As medidas e ações deverão ser aplicadas de forma a evitar o desgaste e empobrecimento do solo nas suas diversas fases e formas, por intermédio do uso de práticas que aumentem a infiltração da água no seu perfil, que intensifiquem a cobertura vegetal, seja ela viva ou morta, e que reduzam o escoamento superficial. Dessa forma, além de controlar a erosão, obter-se-á um aumento da quantidade e a melhoria da qualidade das águas, além da preservação da vida silvestre (fauna e flora), por proporcionar uma redução acentuada dos níveis de erosão hídrica, conduzindo a uma reversão do processo de degradação do meio ambiente.

Bertoni e Lombardi Neto (1993), Drugowich (2014), Pes e Giacomini (2017) arrazoam que ao se controlar a erosão, obtém-se um aumento da quantidade e a melhoria da qualidade das águas, além da preservação da biodiversidade, por proporcionar uma redução acentuada dos níveis de erosão hídrica, conduzindo a uma reversão do processo de degradação do meio ambiente.

Essas estratégias são possíveis de serem aplicadas, considerando-se três princípios fundamentais (DRUGOWICH, 2014, p. 15):



- a) aumento da cobertura vegetal, visando reduzir a desagregação do solo, pela redução da energia de impacto das gotas de chuva na superfície;
- b) melhoria da infiltração da água no perfil do solo, objetivando a diminuição do deflúvio superficial, aumentando a capacidade de armazenamento, proporcionando um aumento na produtividade vegetal e redução dos riscos durante veranicos;
- c) controle do escoamento superficial, proporcionando a redução do desgaste do solo pelo processo erosivo, com consequente redução da poluição dos mananciais por sedimentos ou insumos agrícolas e regularização do regime hídrico da bacia hidrográfica. (DRUGOWICH, 2014, p. 15)

Em vista do que foi exposto, o objetivo principal deste estudo foi identificar o padrão morfológico e discutir as estratégias e técnicas conservacionistas mais adequadas para o combate do “desbarrancado<sup>5</sup>” na Fazenda Curralinho em Abadiânia (GO).

## **ABADIÂNIA (GO): CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA E PERCURSO METODOLÓGICO**

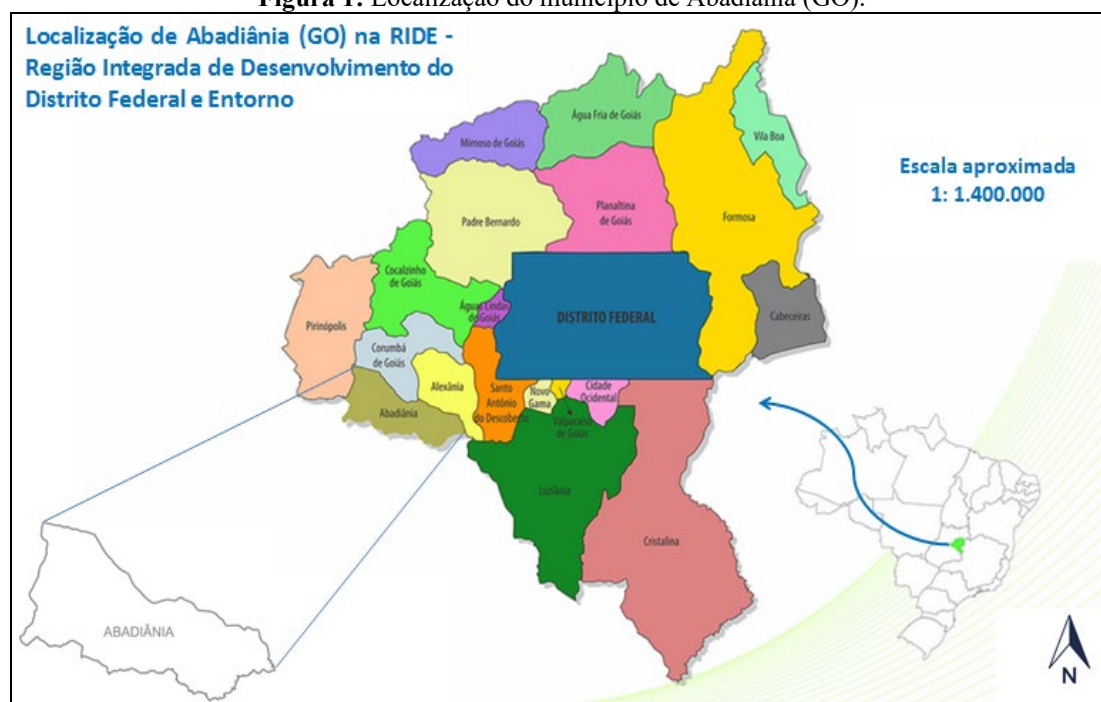
O município de Abadiânia (GO) é componente da RIDE (Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno) e encontra-se situado entre as seguintes coordenadas geográficas: latitude: 16° 11'39” sul, longitude: 48° 42'0” oeste (ABADIÂNIA, 2017), conforme a figura 1.

Abadiânia (GO) se estende por 1.045,1 km<sup>2</sup>, com uma população de 15.757 habitantes, segundo dados do ano de 2017, sua densidade demográfica é de 15,08 habitantes por quilômetro quadrado no território do município (IBGE, 2017; ABADIÂNIA, 2017). Faz limites geográficos com os municípios goianos de Alexânia, Silvânia, Gameleira de Goiás, Anápolis, Pirenópolis e Corumbá de Goiás. Seus mananciais pertencem à bacia hidrográfica do Rio Paraná, onde se destacam os rios Corumbá e das Antas e os ribeirões Piancó e Capivari, o Córrego Caruru e alguns outros córregos que drenam o território municipal (IBGE, 2017; ABADIÂNIA, 2017).

---

<sup>5</sup> Terminologia goiana para tratar das voçorocas (CASSETI, 1987; 1988).

**Figura 1:** Localização do município de Abadiânia (GO).



Organização: Amanda Carolyn de Lima Silva, 2017.

O clima é o tropical úmido (tipo AW) com duas estações bem definidas: uma seca, que corresponde ao outono e ao inverno, indo de maio a setembro; e, outra, com chuvas, correspondendo ao período de primavera e verão (INMET, 2017; KOPPEN; GEIGER, 1928) e com a média pluviométrica regional de 1.446 mm (BARBOSA; ASSUNÇÃO, 2012; INMET, 2017). O Cerrado é a vegetação predominante, além da presença de matas ciliares que acompanham os seus mananciais. Os solos são: o latossolo vermelho-amarelo distrófico e o podzólico vermelho-amarelo álico. A geomorfologia corresponde ao Planalto Central Goiano com a sua subunidade geomorfológica Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba. A unidade geológica é representada pelo Complexo Goiano (granitos e gnaisses), ao qual está relacionada à unidade litológica do Grupo Araxá com afloramentos de micaxistos e quartzitos (NASCIMENTO, 1992).

O estudo de caso contou com o apoio de dados geográficos disponibilizados no *site* da Prefeitura Municipal Abadiânia (GO), de literatura específica sobre erosões e de estudos diversos do supramencionado município e de coleta de materiais cartográficos.

As erosões de Abadiânia (GO) sempre foram alvo de trabalhos de campo no contexto de formação do autor, o que facilitou a escolha da erosão da Fazenda Curralinho nas proximidades da rodovia BR-060 (figura 2).

**Figura 2:** Visão da erosão (tipo voçoroca) em Abadiânia / GO.



**Fonte:** Google Earth (2017) com informes inseridos pelos trabalhos de campo (2017).

De posse dos materiais em questão, ocorreu o desenvolvimento do estudo com as seguintes etapas: 1) localização da erosão na Fazenda Curralinho com o auxílio de imagens do Google Earth de 2017; 2) trabalhos de campo, registro fotográfico e apontamentos em caderneta sobre a erosão durante os períodos de estiagem e de chuva em 2017. As atividades foram executadas da cabeceira ao talude erosivo, percorrendo-se os trechos superior, intermediário e inferior da erosão; 3) classificação morfológica da erosão conforme o estudo de Ireland *et al.* (1939) e proposição de práticas conservacionistas mais adequadas para a contenção erosiva e 4) em gabinete, o trabalho de cartografia da área, além de análise dos dados coletados e produção do texto final.

As medidas geométricas / morfométricas (coordenadas geográficas, altitude, profundidade, largura, comprimento, perímetro, área e desnível) do “desbarrancado” foram realizadas com o apoio de trena de 100 metros, de medidor de inclinação de bolso (Digimess), dos recursos do Google Earth Pro e de GPS - sistema de posicionamento via satélite (Garmin) para estimar a dimensão e o grau de evolução da erosão e propor medidas recuperativas.

## **O “DESBARRANCADO” DA FAZENDA CURRALINHO (ABADIÂNIA - GO): FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA, RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os solos do Cerrado, tidos no passado como inférteis e improdutivos, passaram a ser atrativos com a mecanização da agricultura, com a irrigação artificial e a utilização de corretivos químicos, conforme reportado por Calil (2003).

Lima e Guerra (2019, p. 403) asseveram que:

A expansão da fronteira agrícola nos países emergentes têm se dado com grandes investimentos de capitais, explorando e devastando biomas inteiros. Este é o caso do Cerrado brasileiro, que tem sido amplamente invadido pela lavoura da soja, [da cana e por projetos de mineração,] desrespeitando-se as características desse bioma, não se dando a devida importância à sua preservação.



“A erosão do solo representa um dos aspectos mais importantes da degradação ambiental rural, comum a várias regiões do país, como consequência da longa pressão antrópica sobre os recursos naturais” (SUDO; GODOY; FREIRE, 1991, p. 1).

Neste prumo, infere-se que “a classificação das voçorocas merece destaque neste contexto, pois é um artifício metodológico que as apresenta agrupadas segundo a área de ocorrência geográfica, sendo abordadas, assim, como voçorocas rurais e urbanas” (CARNEIRO; PAULO; MELO, 2014, p. 180). É explicado por Lafayette *et al.* (2011) que as ravinas resultam do aumento das dimensões do raio hidráulico e do perímetro molhado dos sulcos de erosão pela ação contínua de transporte de sedimentos. E se o processo causador da ravina for contínuo e provocar um aprofundamento do solo, pode chegar ao estágio de uma voçoroca.

Rubira *et al.* (2016, p. 173) argumenta que:

O processo erosivo possui diversos condicionantes que o deflagram, como clima, a topografia, os tipos de solo, a cobertura vegetal e as atividades antrópicas. Estes fatores tornam a erosão um sistema complexo e que dependendo do seu grau de evolução pode ser de difícil entendimento.

Os mesmos autores alicerçam que:

Vários fatores contribuem para o desenvolvimento das feições erosivas, dentre eles podemos citar as trilhas de gado, as estradas vicinais, a concentração de águas pluviais e os locais submetidos ao manejo agrícola impróprio devido à remoção de cobertura vegetal, principalmente em áreas de fundos de vale (RUBIRA *et al.*, 2016, p. 173).

Vieira (2008) destaca que, com relação à classificação das voçorocas, os critérios mais utilizados na literatura específica, são: a dimensão e formato da seção transversal do canal formado, área de abrangência, a forma e a localização (rural ou urbana). As formas de voçorocas são derivadas das variações entre relevo, solos e geologia.

São considerados por Bahia *et al.* (1992), Borges *et al.* (2017) e Santos, Carneiro e Pedrosa (2019) que a formação de voçoroca se deve à passagem de água em um mesmo sulco repetidamente, por um longo período de episódios pluviosos, o qual vai sendo ampliado pelo deslocamento de solo até dar origem a uma grande cavidade, em extensão e profundidade.

O fato da escolha da Fazenda Curralinho para tal estudo fortalece cada vez mais essa decisão, pois, a erosão se enquadra no âmbito:

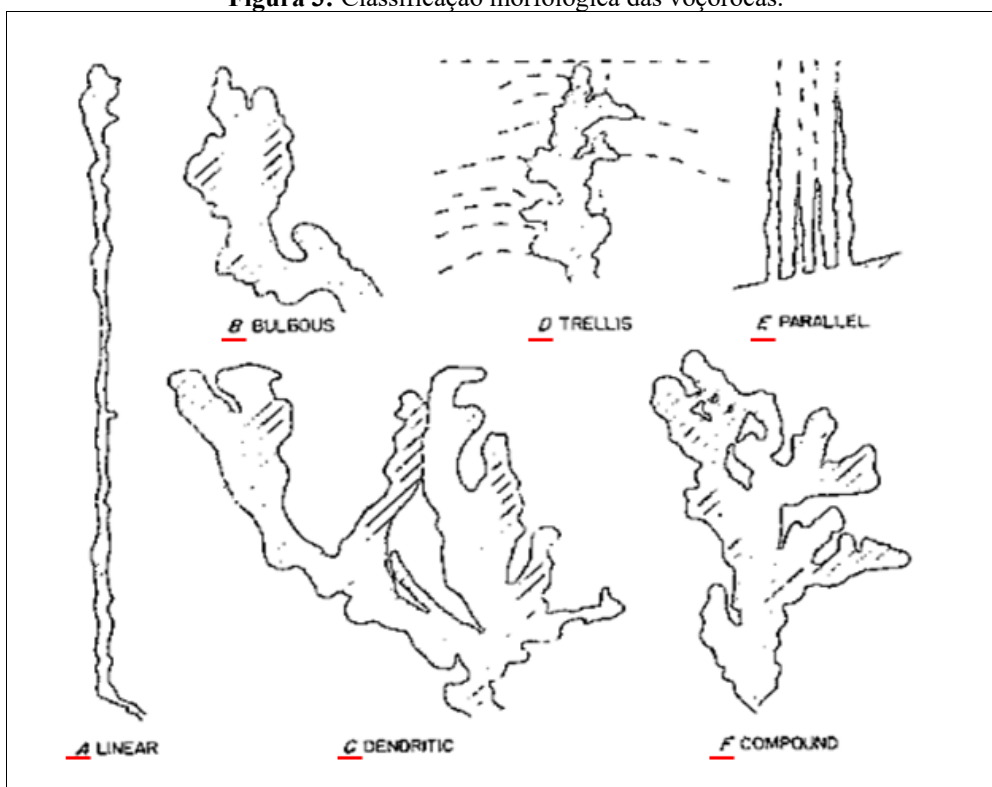


Das voçorocas rurais [que] se desenvolvem nas pastagens e culturas de má cobertura, sujeitas a manejo inadequado e, segundo se acredita, na maior parte das vezes, são produtos do ravinamento iniciado ao longo de valas de demarcação, trilhas [de gado,] linhas de plantio [, revolvimento de solo por maquinário ou exploração de cascalheira<sup>6</sup>]. O fenômeno se manifesta quando uma ravina intercepta o lençol freático, e se transforma em uma voçoroca típica, com a evolução de sua seção em V para a seção em U (IWASA; PRANDINI, 1980, p. 8).

As formas das voçorocas são variadas e dependem de fatores naturais (geologia, relevo, solo, clima) e/ou do antropismo. Na classificação de Ireland *et al.* (1939), pode-se agrupar as voçorocas em 6 tipos morfológicos: a) linear; b) bulbiforme; c) dendrítica; d) em treliça; e) paralela; e f) composta (figura 3).

Revelou-se que a pluviosidade (intensidade, duração e frequência) (figura 4) é o fator climático de maior importância no desenvolvimento dos processos erosivos, de acordo com os pesquisadores Ireland *et al.* (1939), Rubira *et al.* (2016), Bahia *et al.* (1992), Borges *et al.* (2017) e Santos, Carneiro e Pedrosa (2019).

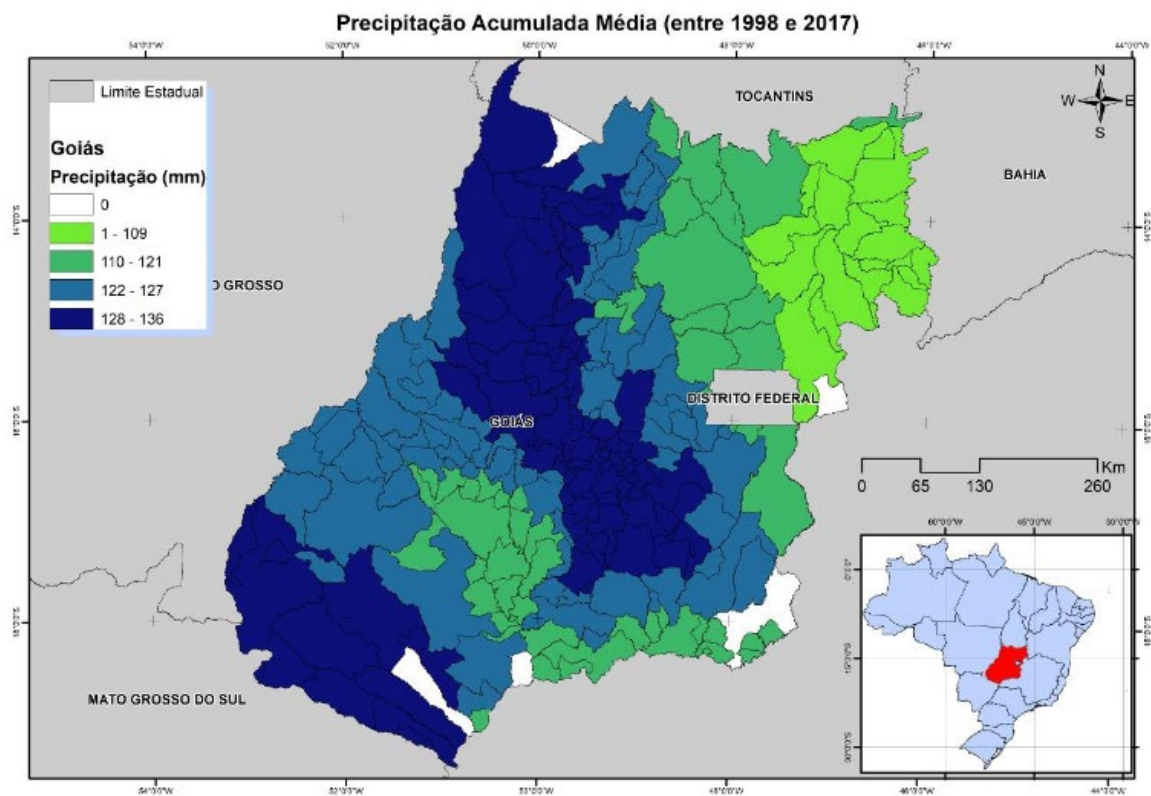
**Figura 3:** Classificação morfológica das voçorocas.



Fonte: Ireland *et al.* (1939, p. 43).

<sup>6</sup> As cascalheiras são áreas que apresentam materiais de origem rochosa que tamanhos variados e que são utilizados para fins de pavimentação.

**Figura 4:** Mapa de precipitações médias anuais dos municípios goianos (1998 - 2017).



**Fonte:** Dantas e Lima (2018).

Dantas e Lima (2018) abordam que ao combinar os fatores climáticos (pluviosidade, figura 4) e pedológicos com usos sem planejamento prévio para produção agropecuária, os problemas de erosão e assoreamento agravam-se muito no território goiano. Quando se verifica também a falta de práticas conservacionistas de grande parte dos produtores rurais e a intensiva retirada de vegetação nativa, evidencia-se que metodologias de monitoramento precisam ser desenvolvidas para evitar piores impactos socioambientais.

Segundo Pereira *et al.* (2014) e Tavares *et al.* (2008), um dos problemas ambientais mais sérios observados e sentidos em muitos municípios é causado pela erosão conhecida como voçoroca. O termo voçoroca provém do tupi-guarani e significa “terra rasgada” que se constitui em vales de erosão, onde a remoção do solo é tão rápida que não permite o desenvolvimento da vegetação (FAO, 1965; CASSETI, 1987; 1988). Considerando os vários tipos de erosão, as voçorocas são o nível mais avançado destes processos erosivos, possuindo um devastador impacto visual na paisagem. Cabe ressaltar que no Estado de Goiás, as pessoas da área rural denominam as voçorocas como “desbarrancados” (CASSETI, 1987; 1988).

As voçorocas quando não controladas ou estabilizadas, causam inúmeros problemas no campo: reduzem a área de plantio, ocasionam perda de solos férteis, aumentam os custos operacionais da lavoura, causam assoreamento de rios e reservatórios de água, comprometem

a navegabilidade, prejudicam o abastecimento de água para as cidades, os projetos de irrigação e a geração de energia elétrica, conforme reportado por Pereira *et al.* (2014). O controle desses fenômenos é uma prática que, normalmente, demanda tempo, trabalho e capital, sendo economicamente onerosa (TAVARES *et al.*, 2008; PEREIRA *et al.*, 2014).

Com relação às práticas de controle de voçorocamentos, os pesquisadores Andrade, Portocarrero e Capeche (2005, p. 2) afirmam que:

O controle dos voçorocamentos consiste em realizar a sua estabilização ou evitar que cresça, tanto em largura como em profundidade. A primeira medida a ser adotada é o desvio do fluxo de água que está ocasionando a voçoroca, para impossibilitar o seu aumento. Se essa providência não for realizável, deverão ser adotados processos que controlam a velocidade e o volume da água que escorre sobre a garganta. Há situações em que é possível a construção de um terraço tipo murundu - canal com um camalhão ou dique bem alto. A finalidade desse terraço é desviar a água que escorre da área superior à parte inicial da voçoroca e é chamado terraço de dispersão.

As visitas *in loco*, a imagem do Google Earth de 2017 e a classificação morfológica das voçorocas de acordo com os critérios propostos por Ireland *et al.* (1939) remeteu-se a identificação da erosão como do tipo voçoroca dendrítica (letra C, figura 3) na Fazenda Curralinho em Abadiânia (GO) (figura 5).

**Figura 5:** Identificação morfológica da Voçoroca da Fazenda Curralinho (Abadiânia / GO).



**Fonte:** Google, 2017. Colaboração: Vinicius Vieira Lopes Meirelles Borges, 2017.

Na figura 6, notam-se alguns elementos na área de estudo que contribuíram para o “desbarrancado”, ou seja, o plantio de eucaliptos encontra-se em área de topo (vertente superior), sem curva de nível, o que acarreta em escoamento superficial em direção do



fenômeno erosivo. Na área de eucaliptos notam-se trechos com sinais de processos erosivos laminares e no trecho do aceiro é visível a formação de linhas erosivas iniciais.

**Figura 6:** Visão do cenário paisagístico adjacente à voçoroca da Fazenda Curralinho.



**Fonte:** Google Earth (2017) com informes inseridos pelos trabalhos de campo (2017).

Salgado e Magalhães Júnior (2006, p. 48) alinhavam que:

Entre as atividades potencialmente degradadoras dos recursos hídricos está a silvicultura de eucalipto. O Brasil é um dos países com maiores extensões de eucalipto plantado. O eucalipto possui a peculiaridade de provocar calorosos debates e discussões a respeito de seus impactos sobre a biodiversidade e a disponibilidade hídrica (consumo de água durante o processo de crescimento). Porém, os questionamentos sobre os seus impactos na qualidade das águas são menos freqüentes, e suas relações com taxas de erosão acelerada, subestimadas.

Os pesquisadores também abordam que:

A quase ausência de focos de erosão em sulcos na área [de eucaliptos] confirma o fato de a turbidez das águas resultar de erosão laminar acelerada, cuja ocorrência difusa e, muitas vezes, pouco visível não deixa de ser potencialmente grave em termos de perdas de solo, desequilíbrio da dinâmica hidrológica e assoreamento de canais fluviais (SALGADO; MAGALHÃES JÚNIOR, 2006, p. 54).

Outro detalhe na figura 6 é a própria estrada ativa da propriedade que corta uma parte da vertente superior, que está abaixo dos eucaliptos e acima da erosão, que apresenta linhas erosivas que sulcam o seu trajeto desde a entrada junto à Rodovia BR-060 até a sede da referida fazenda. Cabe destacar que a estrada ativa não apresenta nenhuma barreira para disciplinar o escoamento superficial. A erosão é um fenômeno geológico natural que ocorre nas camadas mais superficiais da Terra, mas que pode ser acelerada pelo homem principalmente, quando a utiliza de forma inadequada (PITTELKOW, 2013), como o caso das estradas ativa e desativada da fazenda. Estas estradas geralmente são revestidas por solo local, e por vezes com mistura de



material granular, decorrente das práticas de manutenção. É ressaltado ainda que as condições físicas em que se encontram as estradas de terra dependem de inúmeros fatores específicos a cada município (clima, solo, topografia) e da ação antrópica exercida nela (tráfego, forma e frequência da manutenção). Esses fatores seriam os condicionantes para o surgimento ou não de problemas ambientais - como processos erosivos - que possam vir a ser responsáveis pela interrupção de determinadas vias (NUNES, 2003; PITTELKOW, 2013).

A questão principal do desenvolvimento de processos erosivos em estradas de terra deve-se ao fato de a maioria desse tipo de acesso ser construído sem projeto de engenharia, na maioria das vezes atendendo de forma precária as necessidades do local. Também é normal o surgimento de estradas, a partir de caminhos (trilhas de acesso), que são melhorados e redimensionados para atender demandas locais, conforme mencionado por Maciel Filho e Nummer (2011).

Na figura 6 destaca-se a presença de uma antiga cascalheira na vertente superior, junto da cabeceira do “desbarrancado”, onde foram verificados vestígios de contenções em forma de pequenas cavas e cordões de tapiocangas<sup>7</sup>, com o intuito de reter e quebrar a energia cinética do escoamento superficial. As contenções citadas na antiga cascalheira não foram adequadas para o combate da erosão linear.

A questão da cascalheira na área do “desbarrancado” encontra arrimo nos estudos de Silva (2010, p. 62), pois, é enfatizado que:

O voçorocamento [...] devido sua exploração no passado como “cascalheira”, [desencadearam] [...] fatores de natureza antrópica e pedológica. Isto, por que as atividades minerais para extração de areia, cascalho, argila, saibro e solo, salvo raras exceções, estão entre as responsáveis pela degradação ambiental, haja vista, locais usados como fonte de solo para obras de engenharia e abandonados após uso, resultarem na maioria das vezes em áreas degradadas.

Em Silva e Souza (2009, p. 63), “os fatores que colaboram para a erosão, no caso [da cascalheira] [...], é a inclinação do terreno, [...], a presença de lixo em alguns pontos, o desmatamento e as escavações realizadas [durante o desenvolvimento da atividade e o seu abandono] [...]”.

Essas atividades [junto às cascalheiras] provocam impactos ao ambiente, pois, riachos foram aterrados pela passagem da máquina, destroem a vegetação local, deixam lixo e quando a atividade é encerrada não há uma recuperação do meio físico. Além disso, os grãos são desagregados facilitando o [surgimento do] processo de erosão (SILVA; SOUZA, p. 63/64).

---

<sup>7</sup> São concreções que recebem o nome de pedregulhos lateríticos, as chamadas lateritas (cangas e/ou tapiocangas), cuja importância técnica é cada vez maior para a construção de bases rodoviárias (VARGAS, 1978).

A figura 6 também chama a atenção para a base (vertente inferior) do “desbarrancado” onde há uma estrada desativada que vem sendo erodida e os sedimentos são arrastados por ação pluvial até o canal fluvial. Em princípio, a referida estrada foi construída com uma pequena elevação para funcionar como barreira, mas a sua conservação deixou a desejar, sendo carcomido o que acarretou em assoreamento do canal fluvial em domínio de mata ciliar.

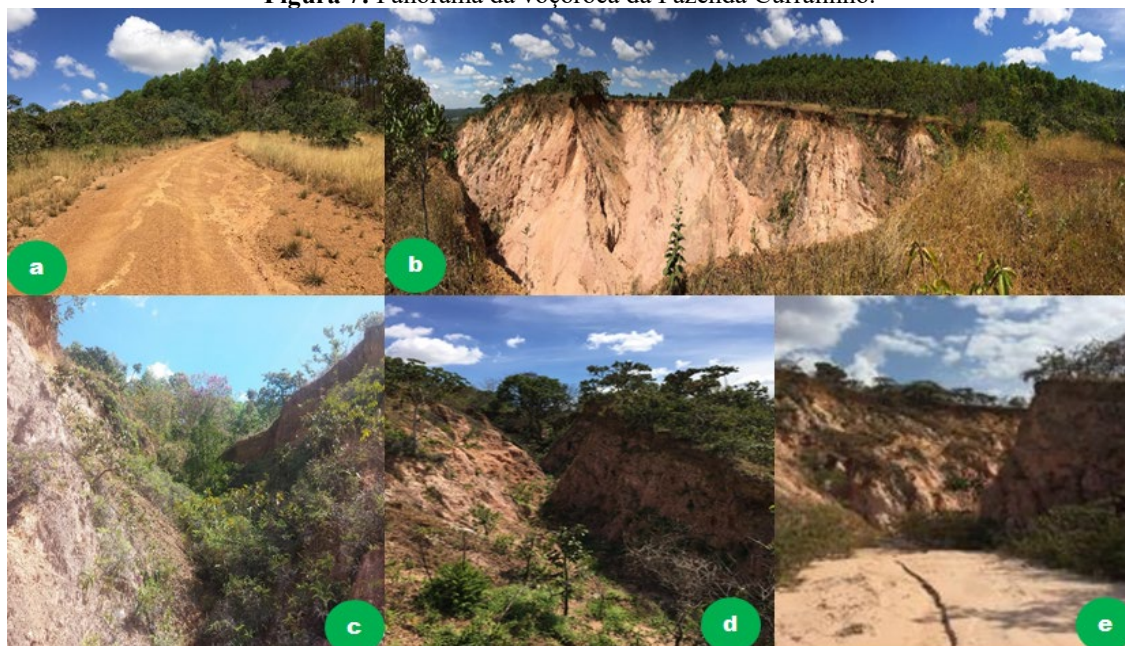
No percurso a pé da cabeceira até o talude erosivo do “desbarrancado”, em trabalhos de campo realizados *in loco*, em 2017, registraram os seguintes dados (quadro 1, figura 7):

**Quadro 1:** Dados da voçoroca da Fazenda Curralinho em 2017.

Coordenadas geográficas	16°11'27”S e 48°40'05”W
Altitude	1.019 m
Profundidade média aproximada	20 m
Largura média aproximada	15 m
Comprimento aproximado	260 m
Perímetro aproximado	739 m
Área aproximada	3.198 m <sup>2</sup>
Desnível topográfico <i>in loco</i> (cabeceira - jusante)	19 m

**Fonte:** Trabalhos de campo, 2017.

**Figura 7:** Panorama da voçoroca da Fazenda Curralinho.



(a) estrada de acesso à cabeceira da voçoroca com plantio de eucaliptos, (b) vista da cabeceira da voçoroca com o plantio de eucaliptos, (c) ramificação da área superior da voçoroca, (d) ramificação da área intermediária da voçoroca, (e) área inferior da voçoroca com acúmulo de sedimentos.

**Fonte:** Trabalhos de campo, 2017.

Como visto até aqui (figura 7),

A formação de voçorocas está relacionada principalmente com a evolução do processo erosivo em locais que apresentam suscetibilidade a esses fenômenos, e apresenta uma forte relação com o uso do solo. Nos locais em que o processo de voçorocamento já se encontra iniciado, o que resta é tentar contê-lo da maneira mais eficiente e econômica possível, evitando assim, estragos ainda maiores (MACHADO; RESENDE; CAMPELLO, 2006, p. 11).

Com base nos trabalhos de campo realizados em 2017 e também em “garimpo” de literatura específica, infere-se que as práticas conservacionistas podem ser divididas em: vegetativas, edáficas e mecânicas para o combate do “desbarrancado” na Fazenda Curralinho (Abadiânia - GO) (figura 7, quadro 2).

**Quadro 2:** Métodos de manejo e conservação de solos degradados.

<b>Práticas Vegetativas</b>	São aquelas que utilizam a vegetação para defender o solo contra a erosão.	Florestamento e reflorestamento; Plantas de cobertura; Cobertura morta; Rotação de culturas; Formação e manejo de pastagem; Cultura em faixa; Faixa de bordadura; Quebra vento e bosque sombreador; Cordão vegetativo permanente; Manejo do mato e alternância de capinas.
<b>Práticas Edáficas</b>	São aquelas que, além de controlar a erosão, mantêm ou melhoram a fertilidade do solo.	Cultivo de acordo com a capacidade de uso da terra; Controle do fogo; Adubação: verde, química, orgânica; Calagem.
<b>Práticas Mecânicas</b>	São aquelas que têm o objetivo de diminuir a velocidade da enxurrada e facilitar a infiltração da água no solo.	Preparo do solo e plantio em nível; Distribuição adequada dos caminhos; Sulcos e camalhões em pastagens; Enleiramento em contorno; Terraceamento; Subsolagem; Irrigação e drenagem.

**Fonte:** Procuradoria Geral de Justiça do Estado de Minas Gerais (2010); Araujo, Marrocos e Serôdio (2020).  
**Organização:** Vandervilson Alves Carneiro (2020).

As práticas conservacionistas de combate às voçorocas não são uma tarefa fácil, mas:

É possível estancar a evolução de voçorocas, reduzir a perda de solo e melhorar a paisagem, de forma eficiente e a custos relativamente baixos, fazendo uso somente de mão de obra familiar e materiais alternativos [(barreiras com sacarias de rochas, solos e sedimentos, cordões rochosos, paliçadas com troncos e galharias e outros)] com poucos insumos externos à propriedade rural (MACHADO; RESENDE; CAMPELLO, 2006, p. 11).

Algumas medidas mitigadoras devem ser executadas de imediato no “desbarrancado”, como o isolamento da área erodida por meio de cercas com arames velhos, troncos e galharias (figura 8 A), o disciplinamento do escoamento superficial junto à cabeceira com barricada rochosa composta por tapiocangas da cascalheira desativada (figura 8 B) e a construção de aceiros (figura 8 C) para o combate de queimadas e proteção da rebrota natural e do incremento de plantio de espécies nativas do Cerrado junto à erosão e no entorno.



Cabe dizer que a barricada rochosa com tapiocangas quebrará a energia cinética da água pluvial, permitindo a sua infiltração e o excesso será destinado às barraginhas em série (figura 9 A) que estarão nas laterais do “desbarrancado” para *dessedentação de animais, aguar mudas de plantas nativas e em sua orla úmida implantar uma agricultura de subsistência (pequenas hortas e pomares) e canteiros de plantas medicinais (figura 9 B).*

**Figura 8:** Exemplos de medidas iniciais de combate ao processo erosivo.



(A) Cerca; (B) barricada rochosa; (C) aceiro.

**Fonte:** (A) [http://www.imagensdobrasil.art.br/produtos/3019/3/13/Cerca\\_de\\_Madeira#.Xwm3hRJv\\_IU](http://www.imagensdobrasil.art.br/produtos/3019/3/13/Cerca_de_Madeira#.Xwm3hRJv_IU) (2019); (B) <https://nacoesunidas.org/recuperacao-de-areas-degradadas-em-sergipe-ajuda-no-combate-a-desertificacao/> (2019); (C) <https://naturatins.to.gov.br/noticia/2019/5/14/naturatins-realiza-treinamento-de-brigadistas-no-jalapao/> (2019).

**Figura 9:** As barraginhas em série (A) e o plantio de subsistência (B) em seu entorno úmido.



**Fonte:** (A) Barros e Ribeiro, 2009; (B) Jornal Estado de Minas, 2019.



Barros e Ribeiro (2009, p. 11) asseguram que as barraginhas consistem:

Em dotar [as voçorocas antigas e ativas,] áreas de pastagens, as lavouras e as beiras de estradas [rurais], onde ocorram enxurradas, de vários miniaçudes distribuídos na [Fazenda Curralinho], de modo que cada um retenha a água da enxurrada, evitando novas erosões [...] [o assoreamento do canal fluvial] e amenizando as enchentes.

Chaves *et al.* (2012, p. 7) arrazoam que “a falta de planejamento no uso e ocupação das terras no meio rural tem acarretado graves prejuízos devido à intensificação dos processos erosivos” e isto foi visto em 2017 na Fazenda Curralinho, onde localiza-se o “desbarrancado”.

A ocupação de áreas de grande vulnerabilidade ambiental, como margens de rios e outras áreas de preservação permanente, assim como a locação imprópria das estradas, em sua maioria sem dispositivos de drenagem, e também a adoção de práticas [agropecuárias] inadequadas, têm sido indicadas como os principais agentes da degradação no meio rural (CHAVES *et al.*, 2012, p. 7).

Para o estudo de caso em questão, dentro das voçorocas e/ou das áreas desmoronadas tornam-se necessárias as construções de paliçadas com madeiras velhas de galpões desativados, cercas em ruínas, currais abandonados e bambus nativos, além de tocos, troncos e galharias de supressão vegetal que se encontram enleirados na propriedade rural que cumprem muito bem a função de reter os sedimentos e a velocidade de escoamento pluvial. Cabe também dizer que as sobras oriundas da cultura de eucaliptos que está presente na referida propriedade rural podem ser utilizadas nas paliçadas (figuras 10 A/B).

**Figura 10:** Exemplos de medidas de combate na área interna de voçorocas.



(A) contenção mista com paliçada de madeira e barreira com sacos de rochas, terra e/ou sedimentos; (B) contenção simples de paliçada feita com bambu e/ou troncos e galhos velhos; (C) contenção simples com barricada rochosa.

**Fonte:** (A) Nardin *et al.*, 2010; (B) Globo Rural, 2016; (C) Teocaltiche, 2019.

Com relação às paliçadas (figuras 10 A/B), Verdum, Vieira e Caneppele (2016, p. 31) afirmam que:

[...] são alguns dos meios mais utilizados contra os efeitos da erosão hídrica de fluxo concentrado. Estas barreiras impedem o aprofundamento de sulcos, estabilizam o perfil longitudinal do solo e, simultaneamente, contribuem para a retenção de sedimentos, iniciando o processo de deposição do solo, preenchimento da feição erosiva e gradativa colonização vegetal do setor em tratamento.

Galvão, Carneiro e Oliveira (2018), Capeche *et al.* (2008) e Machado (2007) asseveram que tanto as paliçadas como as barricadas rochosas de tapiocangas (figuras 10 C; 11 A) e barreiras de sacarias com terra, sedimentos e pedregulhos (figura 11 B) são utilizadas como mecanismo de controle de voçorocas e são medidas consideradas de grande valia, já que nem sempre as práticas edáficas e vegetativas são suficientes para o combate erosivo, sobretudo em áreas onde a pluviosidade ocorre com grande intensidade.

Cabe ressaltar que a cascalheira desativada presente na vertente superior, ou seja, na cabeceira da voçoroca, será a fonte fornecedora para a construção tanto da barricada rochosa de tapiocangas como para o enchimento das sacarias com o mesmo material litológico. As barricadas rochosas e as sacarias com pedregulhos funcionarão como arrimo de contenção tanto do escoamento superficial como dos sedimentos no “desbarrancado” da Fazenda Curralinho.

**Figura 11:** Exemplos de combate às voçorocas com barricada rochosa (A) e sacarias com pedregulhos (B).



Fonte: (A) Gambozino, 2010; (B) DER-SP, 2017.

Os trabalhos de campo na área interna do “desbarrancado” destacaram a presença de espécies vegetais ruderais que podem ser mantidas *in loco* e nas áreas de deposição de sedimentos e trechos desmoronados, principalmente, onde as barreiras físicas (paliçadas, sacarias e barricada de rochas) deverão ser implementadas, realizar o plantio de espécies de árvores de rápido crescimento doadas pelo viveiro municipal e/ou associação de produtores rurais, ambos de Abadiânia (GO).



Para a questão, as espécies de árvores de rápido crescimento (aroeira pimenteira, paineira rosa, dedaleiro, farinha seca, açoita cavalo, embira, angico branco, embaúbas, faveira e etc) “são aquelas que possuem uma adaptação mais espontânea em diversos tipos de solo e clima, fazendo com que se desenvolvam em um ritmo mais acelerado. Estas são as preferidas e comumente usadas para recuperação de áreas degradadas”, como exemplo zonas com voçorocamentos (INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS, 2020, não paginado<sup>8</sup>).

Dessa forma, entende-se que esse plantio consorciado, ou seja, as espécies vegetais ruderais já presentes na área e o plantio de árvores nativas e frutíferas de crescimento rápido vão estabelecer benefícios ecológicos. Então, esses benefícios instalados *in situ*, servirão para atrair animais dispersores de sementes (aves, roedores, morcegos e outros) que trazem sementes de outras espécies, enriquecendo a biodiversidade e contribuindo para o processo de sucessão ecológica (TAVARES *et al.*, 2008, p. 110).

Destaca-se também que em virtude do “desbarrancado” ser de grande porte e exigir cifras dispendiosas com serviços de engenharia, não é recomendável o seu tamponamento, pois, as medidas iniciais e posteriores para a estabilização da referida erosão são suficientes para a transformação da área afetada em abrigo natural da fauna e proporcionar uma serrapilheira no solo (TAVARES *et al.*, 2008, p. 116).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

É notório que intervenções nos ambientes naturais através da ação antrópica acarretam alterações nas características originais dos mesmos, podendo comprometer a capacidade do uso do solo da área. Sendo assim, é de grande importância a realização de medidas de recuperação em áreas degradadas, como por exemplo, as áreas com ravinamento e voçorocamento.

As práticas de controle do processo erosivo em estudo são baseadas em propostas e técnicas que são adequadas para a recuperação de áreas com presença de voçorocas. São constituídas de práticas vegetativas e mecânicas que possuem um baixo custo.

Apesar da voçoroca em estudo possuir um elevado grau quanto à degradação morfológica, física e química do seu solo, a qual foi causada pela exploração de cascalheira, abertura de vias de acesso à propriedade rural e cultivo de eucaliptos na área durante anos, é possível que a mesma consiga ser reincorporada a um sistema de preservação. Isso pode ser realizado com a adoção de recuperação, manejo e conservação do solo e da água.

---

<sup>8</sup> Não paginado: capturado em site da internet.

Entretanto, é mais aconselhável adotar medidas que previnam a formação de voçorocas do que buscar formas para contê-las, pois a eliminação de uma voçoroca é praticamente inviável, restando apenas soluções para que ela se torne estável, acarretando uma menor intensidade do problema. A prevenção diminui os danos ambientais, sociais e os custos, pois haverá uma grande economia na compra de nutrientes sintéticos que serão utilizados no solo, sendo que o solo fértil é perdido no processo, é arrastado para o fundo do vale e acarreta em assoreamento de canais fluviais e nascentes.

Por fim, diante desse contexto, surge a necessidade de uma mudança de paradigma, com um enfoque sistêmico em atividades agropecuárias sustentáveis, que dê alicerce e esteio para o desenvolvimento rural sustentável. Daí surge o prisma agroecológico, fruto do elo entre conhecimentos tradicionais e a ciência praticada nas universidades.

## REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. As boçorocas de Franca. **Revista da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Franca**, Franca, v. 1, n. 2, p. 5-27, 1968.

ABADIÂNIA. **Prefeitura municipal de Abadiânia, 2017**. Disponível em: <<http://www.abadiania.go.gov.br/pagina/159-localizacao-do-municipio>>. Acesso em: 16 abr. 2017.

ALMEIDA FILHO, G. S.; COSTA, S. B.; HELLMEISTER JÚNIOR, Z.; GOMES, C. L. R.; FROTA, A. S. Processos erosivos lineares no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXXV, Natal, 2015. *Anais...* Natal: CBCS, 2015, 4 p.

ANDRADE, A. G.; PORTOCARRERO, H.; CAPECHE, C. L. **Práticas mecânicas e vegetativas para controle de voçorocas**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solo, 2005.

ANDRADE, A. C.; LEAL, L. R.; GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; MARTINS, E. S.; REATTO, A. **Estudo dos processos erosivos na Bacia do Rio Grande (BA) como subsídio ao planejamento agroecológico**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002.

ARAÚJO, Q. R.; MARROCOS, P. C. L.; SERÔDIO, M. H. C. F. **Conservação do solo e da água**. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/conservacaosolo.htm>>. Acesso em: 04 jul. 2020.

BAHIA, V. G., CURI, N., CARMO, D. N.; MARQUES, J. J. G. S. M. Fundamentos de erosão do solo: tipos, formas, mecanismos, fatores determinantes e controle. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n. 16, p. 25-31, 1992.

BARBOSA, G. R., ASSUNÇÃO, W. L. Caracterização da dinâmica da microrregião do Entorno do Distrito Federal - Goiás, Brasil. In: Encontro de Geógrafos da América Latina, 12, 2012, Montevideu. *Anais...* Montevideu: EGAL, 2012. 15 p.



BARROS, L. C.; RIBEIRO, P. E. A. **Barraginhas: água de chuva para todos**. Brasília: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2009.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1993.

BORGES, V. V. L. M.; OLIVEIRA, A. L. R.; CARNEIRO, V. A.; BATA, E. J. Processos erosivos lineares (voçorocas nas margens da rodovia BR-060 (km 56/57 em Abadiânia - GO: apontamentos e trabalho de campo. **Revista Territorial**, Cidade de Goiás, v. 6, n. 2, p. 16-26, 2017.

CALIL, P. M. (Coord.. **Levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos, avaliação da aptidão agrícola e uso atual das terras da bacia de drenagem do Córrego das Pedras e do Ribeirão Jurubatuba no Estado de Goiás**. Goiânia: Agência Rural, 2003.

CAPECHE, C. L.; MACEDO, J. R.; PRADO, R. B.; PIMENTA, T. S.; MELO, A. S. Erosão e estratégias de controle. In: TAVARES, S. R. L.; MELO, A. S.; ANDRADE, A. G.; ROSSI, C. Q.; CAPECHE, C. L. **A visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos / PETROBRAS, 2008. p. 105-132. (curso de recuperação de áreas degradadas.

CARNEIRO, V. A.; PAULO, P. O.; MELO, E. M. L. Paisagens degradadas do município de Palmelo (Goiás: o estudo das voçorocas via trabalho de campo. **Revista Geotextos**, Salvador, v. 10, n. 1, p. 179-207, jul. 2014.

CASSETI, V. Os “desbarrancados” de Palmelo - GO. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 7/8, n. 1/2, p. 53-73, jan./dez. 1987 / 1988.

CHAVES, T. A.; ANDRADE, A. G.; LIMA, J. A. S.; PORTOCARRERO, H. **Recuperação de áreas degradadas por erosão no meio rural**. Niterói: Programa Rio Rural, 2012. (manual técnico, 34.

DANTAS, T. M.; LIMA, Y. C. R. **Avaliação da erosividade da chuva nos municípios goianos entre 1998 e 2017**. Goiânia: UFG / Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, 2018.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM / GOVERNO DE SÃO PAULO (DER - SP. **Medidas preventivas para controle de erosão e assoreamento**. Disponível em: <[http://www.der.sp.gov.br/WebSite/Arquivos/BancoMundial/Workshop/20-09-2017/4\\_Apresenta%C3%A7%C3%A3o\\_DER\\_Rec\\_Hidricos.pdf](http://www.der.sp.gov.br/WebSite/Arquivos/BancoMundial/Workshop/20-09-2017/4_Apresenta%C3%A7%C3%A3o_DER_Rec_Hidricos.pdf)>. Acesso em: 23 de abr. de 2017.

DRUGOWICH, M. I. **Boas práticas em conservação do solo e da água**. Campinas: CATI, 2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. **Erosion by water**. Roma: FAO, 1965.

GALVÃO, F. F. D.; CARNEIRO, V. A., F; OLIVEIRA, A. L. R. Estudos preliminares de contenção de uma voçoroca no bairro São João em Anápolis (GO. **Revista Percursos**, Maringá, v. 10, n. 2, p. 03-29, 2018.

GAMBOZINO. **Muro de pedra**. 2010. Disponível em: <<https://gambozino-alentejano.blogspot.com/2010/06/muro-de-pedra.html>>. Acesso em: 27 de abr. de 2019.

GLOBO RURAL. **Especialista ensina a conter o avanço da erosão**. 2016. Disponível em: <<https://globoplay.globo.com/v/5119304/>>. Acesso em: 11 nov. 2019.

GOOGLE EARTH. **Abadiânia (GO)**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Abadi%C3%A2nia,+GO,+72940-000/@-16.1962723,-48.7334649,5572m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x93595526f22b09e7:0xc93255c9f75a4cc6!8m2!3d-16.1973129!4d-48.7060927>>. Acesso em: 11 jun. 2017.

IMAGENS DO BRASIL. **Cerca de galhos trançados [...]**. Disponível em: <[http://www.imagensdobrasil.art.br/produtos/3019/3/13/Cerca\\_de\\_Madeira#.X5AxxXVv\\_IV](http://www.imagensdobrasil.art.br/produtos/3019/3/13/Cerca_de_Madeira#.X5AxxXVv_IV)>. Acesso em: 11 out. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS - IBF. **Conheça 7 árvores de rápido crescimento**. Disponível em: <<https://www.ibflorestas.org.br/conteudo/conheca-7-arvores-de-rapido-crescimento>>. Acesso em: 27 de abr. de 2020.

INSTITUTO NATUREZA DO TOCANTINS - NATURATINS. [...] **treinamento de brigadistas no Jalapão**. Disponível em: <<https://naturatins.to.gov.br/noticia/2019/5/14/naturatins-realiza-treinamento-de-brigadistas-no-jalapao/>>. Acesso em: 11 out. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Dados geográficos de Abadiânia**. 2017. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=520010&search=goias|abadiania>>. Acesso em: 27 de abr. de 2017. Revista Territorial, Cidade de Goiás, v. 6, n. 2, p. 16-26, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Dados pluviométricos**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 06 abr. 2017.

IRELAND, H. A., SHARPE, C. F., EARGLE, D. H. **Principles of gully erosion in the piemont of South Carolina**. Washington: Department of Agriculture, 1939.

IWASA, O. Y.; PRANDINI, F. L. Diagnóstico da origem e evolução de boçorocas: condição fundamental para a prevenção e correção. In: Simpósio Sobre o Controle de Erosão, 3, 1980, Curitiba. *Anais...* Curitiba: ABGE, 1980. p. 05-34.

JORNAL ESTADO DE MINAS. **Domando a chuva para garantir água no sertão**. Disponível em: <[https://www.em.com.br/app/noticia/agropecuario/2019/12/23/interna\\_agropecuario,1110093/domando-a-chuva-para-garantir-agua-no-sertao.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/agropecuario/2019/12/23/interna_agropecuario,1110093/domando-a-chuva-para-garantir-agua-no-sertao.shtml)>. Acesso em: 27 de abr. de 2019.

KOPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

LAFAYETTE, K. P. V.; CANTALICE, J. B.; COUTINHO, Q. R. Resistência à erosão em ravinas, em latossolo argiloarenoso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 2167-2174, 2011.

LAL, R. **Methods and guidelines for assessing sustainable use of soil and water resources in the tropics**. Columbus: Ohio State University, 1994.

LIMA, P. A.; GUERRA, A. J. T. Degradação do solo em municípios do sul do Estado de Mato Grosso do Sul: decorrente da implantação da Colônia Agrícola Nacional de Dourados – CAND. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 1, p. 402-412, 2019.

MACHADO, R. L. **Perda de solo e nutrientes em voçorocas com diferentes níveis de controle e recuperação no médio Vale do Rio Paraíba do Sul, RJ**. 2007. 101 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

MACHADO, R. L.; RESENDE, A. S.; CAMPELLO, E. F. C. **Recuperação de voçorocas em áreas rurais**. Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia, 2006. (sistemas de produção, 4.

MACIEL FILHO, C. L.; NUMMER, A. V. **Introdução à geologia de engenharia**. Santa Maria: EDUFMS, 2011.

NARDIN, C. F.; SILVA, A. H.; PEREIRA JÚNIOR, R. A.; RODRIGUES, S. C. Uso de medida física para recuperação de áreas degradadas em ambiente de Cerrado - resultado para o uso de barreiras com material de baixo custo na recuperação de voçorocas. **Revista de Geografia**, Recife, v. especial - VIII SINAGEO, n. 2, p. 177-189, set. 2010.

NASCIMENTO, M. A. S. Geomorfologia do Estado de Goiás. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 12, n. 1, p. 01-22, 1992.

NUNES, T. V. L. **Método de previsão de defeitos em estradas vicinais de terra com base no uso das redes neurais artificiais: trecho de Aquiraz - CE**. 2003. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **Recuperação de áreas degradadas em Sergipe [...]**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/recuperacao-de-areas-degradadas-em-sergipe-ajuda-no-combate-a-desertificacao/>>. Acesso em: 11 out. 2019.

PEREIRA, L. S.; JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T.; LAGO, T. Diagnóstico de processo hidro-erosivo em área degradada por meio de monitoramento de estação experimental em Ubatuba / SP. **Revista GEONORTE**, v. 10, n. 10, p. 228-234, 2014.

PES, L. Z.; GIACOMINI, D. A. **Conservação do Solo**. Santa Maria: Colégio Politécnico / UFSM, 2017.

PITTELKOW, G. C. **Erosão em estrada de terra no Campo de Instrução de Santa Maria (CISM)**. 2013. 115 f. Dissertação (Mestrado em Geografia - Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.



PROCURADORIA GERAL DE JUSTIÇA DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Educação ambiental: nascentes, solo e vegetação - um guia prático de conservação.** Belo Horizonte: Bacias de Minas; CAOMA; MPMG, 2010.

RUBIRA, F. G.; MELO, G. V.; OLIVEIRA, F. K. S. Proposta de padronização dos conceitos de erosão em ambientes úmidos de encosta. **Revista de Geografia**, Recife, v. 33, n. 1, p. 168-193, 2016.

SALGADO, A. A. R.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Impactos da silvicultura de eucalipto no aumento das taxas de turbidez das águas fluviais: o caso de mananciais de abastecimento público de Caeté / MG. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 2, n. 1, p. 47-57, jan./jun. 2006.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. (Orgs.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

SANTOS, D. F.; CARNEIRO, V. A.; PEDROSA, L. E. Estudo preliminar de processos erosivos lineares nas proximidades da Ferrovia Norte-Sul no Distrito Agroindustrial de Anápolis - DAIA (GO). **Espaço em Revista**, Catalão, v. 21, n. 2, p. 52-68, 2019.

SILVA, A. H. **Medidas físicas e biológicas com potencial para uso em recuperação de voçoroca no município de Uberlândia - MG.** 2010. 134 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

SILVA, A. S.; SOUZA, G. B. Caracterização geoambiental do Distrito de Bonfim de Feira, Feira de Santana - Bahia, Brasil. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 3, n. 3, p. 53-73, dez. 2009.

SOMEKH, Z. M. G. **Estudo evolutivo de três voçorocas urbanas em Casa Branca (SP).** 2018. 144 f. Monografia (Bacharelado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

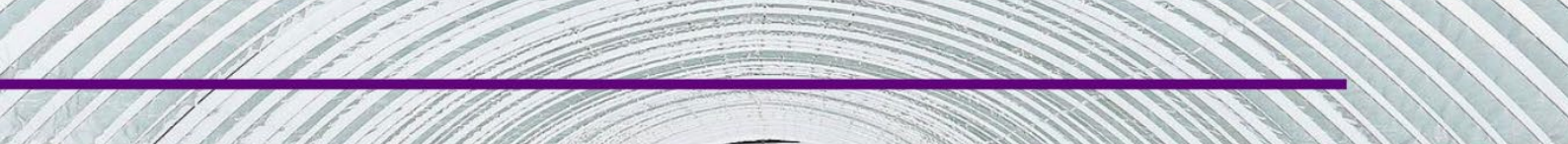
SUDO, H.; GODOY, M. C. T. F.; FREIRE, O. O processo erosivo na bacia do Rio Santo Anastácio. In: Encontro Nacional de Estudos Sobre o Meio Ambiente, III, 1991, Londrina. **Anais...** Londrina: ENESMA, 1991.p. 01-16

TAVARES, S. R. L.; MELO, A. S.; ANDRADE, A. G.; ROSSI, C. Q.; CAPECHE, C. L.; BALIEIRO, F. C.; DONAGEMMA, G. K.; CHAER, G. M.; POLIDORO, J. C.; MACEDO, J. R.; PRADO, R. B.; FERRAZ, R. P. D.; PIMENTA, T. S. **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008.

TEOCALTICHE. **Trabajamos para la conservación del suelo.** Disponível em: <<https://www.teocaltiche.gob.mx/podemos-hacerlo-mejor/trabajamos-para-la-conservacion-del-suelo/>>. Acesso em: 27 de abr. de 2019.

VARGAS, M. **Introdução à mecânica dos solos.** São Paulo: McGraw-Hill, 1978.

VERDUM, R.; VIEIRA, C. L.; CANEPPELE, J, C. G. **Métodos e técnicas para o controle da erosão e conservação do solo.** Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2016.



VIEIRA, A. F. G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais.** 2008. 310 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

# CAPÍTULO 8

## ADUBAÇÃO ORGÂNICA E ACIDEZ DO SOLO: UMA REVISÃO DE LITERATURA

**Aglair Cardoso Alves**  
**Ana Carolina Rabêlo Nonato**  
**Gisele Chagas Moreira**  
**Joice Andrade Bonfim**  
**Fábio Nascimento de Jesus**  
**Aline dos Anjos Souza**  
**Felizarda Viana Bebê**  
**Elton Silva Leite**

### RESUMO

A acidez é uma característica dos solos agrícolas brasileiros, representando uma limitação química para o crescimento das plantas. A calagem é a principal prática utilizada para a correção química da acidez do solo, entretanto existem limitações quanto ao seu uso, como por exemplo, ser restrito ao local de aplicação e não favorecer o crescimento das raízes em profundidade no solo. À face do exposto, a matéria orgânica do solo (MOS) desempenha um papel fundamental na química dos solos ácidos, pois, funciona como um ácido fraco, fazendo que tenha uma ação tamponante numa ampla faixa de pH do solo. A MOS é capaz de consumir  $H^+$  da solução do solo, e conseqüentemente o aumento de pH. Entretanto, para minimizar a acidez do solo depende da fonte de matéria orgânica utilizada. Diante disso, o objetivo deste trabalho é apresentar uma síntese do que tem descrito na literatura sobre o estudo da matéria orgânica em agroecossistemas e a sua relação com a neutralização da acidez do solo.

**PALAVRAS CHAVE:** Manejo do solo, Frações da matéria orgânica do solo, Carbono do solo.

### INTRODUÇÃO

Os solos tropicais e subtropicais geralmente apresentam limitações quanto ao crescimento e desenvolvimento das plantas em decorrência da acidez do solo. Caracteriza como sendo solos ácidos aqueles que apresentam teores de alumínio (Al) e manganês (Mn) em níveis tóxicos para as plantas, assim como, baixos teores de cátions de caráter básico, como por exemplo, cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007). Além disso, é comumente observado em solos ácidos, deficiência de fósforo (P), devido a frequente presença de oxidróxidos de ferro (Fe) e Al, responsáveis pela fixação do fósforo (P) nos solos (NOVAIS; SMYTH; NUNES, 2007). E isso se constitui em um grande problema, pois da quantidade total de P aplicada em solos ácidos, até 90% podem não estar disponíveis para as plantas (FAGERIA e BALIGAR, 2008).



Em solos ácidos, a adição de matéria orgânica pode aumentar o pH do solo, devido a predominância de processos que tem como característica principal o consumo de  $H^+$ , tal como; *ii.* o processo de desnitrificação, uma vez que este processo, reverte parte da acidez produzida durante a nitrificação, *iii.* mineralização de formas orgânicas de N, *iiii.* redução da atividade de  $H^+$  resultante principalmente da liberação de cátions metálicos e *iiii.* descarboxilação de ácidos orgânicos (SILVA; MENDONÇA 2007). Além disso, a matéria orgânica do solo (MOS) é capaz de restringir variações abruptas no pH da solução do solo, mantendo-o dentro de uma faixa próxima à neutralidade, ou seja, proporciona tamponamento dos solos (SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA 2007).

A manutenção da MOS em solos tropicais reduz a necessidade da adição de doses elevadas de calcário para correção da acidez dos solos agrícolas. Dessa forma, recomenda-se que, além de manter a cobertura do solo com a biomassa, sejam revistas as práticas de adição de insumos agrícolas nos sistemas de produção orgânicos (DE FARIA; MELLONI; MELLONI, 2021). Entretanto, nas interpretações de análises de solo dificilmente há recomendação de incorporação de matéria orgânica para elevar o nível do pH. Nas análises de solos é dada maior atenção ao pH do solo, cuja correção normalmente é realizada com aplicação de calcário e aos níveis de macro e micronutrientes para efeito de adubação química.

Na literatura observa-se que aplicações contínuas de adubos orgânicos, como por exemplo, cama de aviário (MITCHELL; TU 2006), esterco bovino (GALVÃO; SALCEDO; OLIVEIRA, 2008.; SHARPLEY; McDOWELL; KLEINMAN, 2004;), vermicomposto (LONGO, 1999; CASTILHOS; SOUZA; MORSELLI, 2003), assim como, adubos verdes (VON OSTERROHT, 2002; SILVA; ARAÚJO 2014) entre outros, promovem a elevação do pH do solo (MIYAZAWA; PAVAN; FRANCHINI, 2000). Além disso, a presença dos grupos funcionais da matéria orgânica possibilita a complexação com Al reduzindo a toxidez do mesmo e conseqüentemente a acidez trocável (HARTWIG et al., 2007; BALDOTTO; BALDOTTO, 2014; OLIVEIRA 2018) e contribui para aumento da disponibilidade de P, através da competição dos radicais orgânicos com o P nos sítios adsorção,

Diante disso, o objetivo deste trabalho é apresentar uma síntese do que tem sido descrito na literatura sobre o estudo da matéria orgânica em agroecossistemas e a sua relação com a neutralização da acidez do solo.

## **DESENVOLVIMENTO**

### **Solos tropicais**

Os solos tropicais e subtropicais geralmente são ácidos, e quando o pH é menor do que 5,0 ocorrem a fixação do P, a insolubilidade de diversos elementos essenciais às plantas e aumento da solubilidade do Al. Todas essas características são limitações ao estabelecimento e desenvolvimento dos sistemas de produção de grande parte das culturas (SOUZA, MIRANDA, OLIVEIRA 2007). Esses fatores fazem da calagem algo essencial para aumentar a produtividade das culturas e a eficiência da adubação nos solos tropicais (SOUZA, SOUZA, REZENDE 2019).

Quando ocorre a supercalagem há o aumento da espessura da dupla camada difusa (DCD) o que diminui a estabilidade entre as partículas (SOUZA, SOUZA, REZENDE 2019), além de aumentar em excesso a quantidade de OH-, tornando o solo excessivamente básico (NDUWUMUREMYI, 2013; CARNEIRO et al., 2018). Há também outros questionamentos sobre a prática da calagem, como por exemplo, ser restrito ao local de aplicação, uma vez que, corretivos são produtos de baixa solubilidade em água, o que lhe confere lenta reatividade no perfil do solo (RAMOS et al., 2006; CORRÊA et al., 2009). Um outro aspecto polêmico é que em lavouras manejadas no sistema plantio direto o calcário não é incorporado (CORRÊA et al., 2009).

Diante da problemática, a matéria orgânica exerce um papel influente como condicionadora química do solo, destacando-se como fonte de nutrientes no solo, condutividade elétrica (CE), ciclagem de nutrientes, manutenção da microbiota ativa e complexação de elementos tóxicos do solo. Além disso, a decomposição do material orgânico também exerce interferência na capacidade de troca de cátions (CTC) e tamponamento do solo ((HARTWIG et al., 2007; BALDOTTO; BALDOTTO, 2014; OLIVEIRA 2018). Diversos estudos elucidam a importância da MOS em solos tropicais, o que tem estimulado o andamento de pesquisas que validam a importância do entendimento dos compartimentos da MOS na reatividade do solo (PRIMO et al., 2011; MACHADO et al., 2014).

### **Matéria orgânica**

Define-se como matéria orgânica do solo (MOS), todos os derivados de materiais vegetais e animais incorporados ao solo ou dispostos sobre sua superfície, na forma viva ou nos vários estágios de decomposição, mas exclui-se a parte aérea das plantas (LAL, 2017). Os materiais vivos da MOS são representados pelas raízes das plantas e organismos do solo, e não

vivos, que são representados pela matéria macrororgânica que é formada por resíduos de plantas em decomposição, por substâncias humificadas e não humificadas (SILVA; MENDONÇA 2007). A MOS representa o maior reservatório de C da superfície terrestre e é dinâmico, entretanto as práticas de manejo inadequadas podem favorecer a mineralização da matéria orgânica do solo (MOS) e transferir grandes quantidades de Gases do efeito estufa (GEEs) para a atmosfera (PRIMO et al., 2011).

Tendo em vista que 58% da MOS é composta por C, pode-se afirmar que a quantificação deste elemento é capaz de estimar a quantidade da fração orgânica no solo. O estudo do COT é fundamental, pois a elevação nos teores de MOS possui contribuição direta nos atributos do solo, sendo este um dos principais indicadores de qualidade do solo (NANZER et al., 2019). Porém, os estudos com a MOS total, não inclui a apenas o COT, mas a biomassa identificável de plantas (recursos primários), biomassa oriunda de animais e microrganismos (recursos secundários), matéria orgânica dissolvida, substâncias liberadas por raízes de plantas, como gomas e mucilagens, e substâncias húmicas (SH) de estrutura mais complexa, como os ácidos húmicos e a humina (STEVENSON, 1994). As SH, compostas pelas frações: ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e huminas (HUM), são consideradas os constituintes mais importantes da MOS, já que são as principais responsáveis pelo poder tampão da MOS e pela geração de cargas elétricas negativas no solo que está associada ao fornecimento de nutrientes para as plantas, sendo dessa forma considerada um atributo chave da qualidade de um solo (SIGNOR et al., 2016).

### **Materia orgânica do solo (mos) x mudanças de pH**

As substâncias húmicas (SH) apresentam grupamentos funcionais e esses resultam em cargas negativas ou positivas no solo (SIGNOR et al., 2016), sendo definidas como uma mistura heterogênea de compostos de origem animal e vegetal que apresentam coloração variando de amarela até escura, formada por reações de síntese secundária de microrganismos (STEVENSON, 1994; CAMARGO et al., 1999). Quando os de resíduos vegetais e animais, assim como adubos orgânicos são adicionados ao solo, aumenta a quantidade de substâncias húmicas, estas possuem alto teor de grupos funcionais que são responsáveis pela maior capacidade de troca catiônica (CTC) de origem orgânica nas camadas superficiais do solo, onde estão concentrados os resíduos culturais (STEVENSON, 1994; ROCHA et al., 2000; ROSSI et al., 2011).



Em solos ácidos a adição de matéria orgânica aumenta a CTC do solo, aumentando, portanto, a capacidade do solo em capturar íons de  $H^+$  presente na solução do solo, dificultando a diminuição de pH. Outra causa da elevação do pH pelos resíduos vegetais é a reação de troca entre H e Al do solo pelos cátions Ca, Mg e K presentes nos resíduos (HOYT; TURNER, 1975).

A adição de esterco bovino em solos arenosos por longos períodos ocasionou em aumentos do pH, fato que foi associado ao aporte de Ca em conjunto com o efeito tampão de bicarbonatos e ácidos orgânicos (GALVÃO, SALCEDO e OLIVEIRA, 2008). Da mesma forma, o uso de vermicompostos, adubos orgânicos decompostos por minhocas, também resultou em elevação do pH do solo (LOUREIRO et al., 2007). O vermicomposto é um material rico em húmus, e é tido como um facilitador da correção do solo, já que, devido ao fato das minhocas possuírem as chamadas glândulas calcíferas, secretam  $CaCO_3$  em pequenas concreções, transformando a matéria orgânica utilizada em material neutro ou alcalino (LONGO, 1995; KIEHL, 1985). A aplicação de vermicompostos provenientes de diferentes tipos de estercos (codorna, suíno, equinos e ovino) foi responsável por aumentos respectivos de 0,6 e 0,5 unidades de pH, quando comparados testemunha e ao tratamento com adubação mineral, mesmo após aplicação de calcário para elevação do pH a 6,0 (CASTILHOS, SOUZA E MORSELLI, 2007).

A cama de frango, um resíduo proveniente da criação intensiva de frangos, são ricos em nutrientes, e quando aplicada ao solo pode aumentar ou manter o pH (MITCHELL; TU 2006). Sharpley, McDowell, Kleinman (2004) avaliando a aplicação observaram diferenças significativas entre os solos com histórico de recebimento de esterco em relação aos solos sem histórico de aplicação. A aplicação contínua de esterco nos solos, resultou em aumentos nos valores de pH, com diferenças variando de 1,5 unidades entre solos adubados com esterco e não adubados. Para mais, a aplicação de cama de frango como fonte de nitrogênio para algodão (*Gossypium hirsutum* L.) e milho (*Zea mays* L.), foi responsável por aumentar ou manter os valores de pH do solo, não apenas na camada mais superficial, como também nas duas primeiras profundidades estudadas (MITCHELL e TU (2006).

Durante a decomposição do material orgânico, ocorre liberação de compostos orgânicos hidrossolúveis que, em última análise, são ácidos orgânicos de baixo peso molecular, esses compostos possuem radicais funcionais que os tornam capazes de formar complexos orgânicos com alumínio, cálcio e magnésio, esses compostos podem aumentar a mobilidade, no perfil do solo, dos produtos originados da dissolução do calcário aplicado na superfície e dessa forma neutralizando a acidez em profundidade (FRANCHINI et al., 2001).

Além disso, os extratos de resíduos vegetais agem na mobilização do calcário no solo. A calagem quando associada a aplicação dos extratos de aveia e nabo aumentou o pH e o teor de Ca e diminuiu o teor de Al até aproximadamente 20 cm de profundidade, enquanto que a aplicação superficial sem resíduo vegetal aumentou o pH e o teor de Ca e diminuiu o teor de Al apenas na camada de 0 a 5 cm, demonstrando a baixa mobilidade do carbonato na ausência de íons inorgânicos e orgânicos (FRANCHINI et al, 2001) . Ainda segundo os mesmos autores, o extrato de trigo não alterou a acidez das camadas subsuperficiais do solo. Resultados contrastantes, foram observados por Amaral, Anghinoni, Deschamps (2004) ao avaliarem resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo.

A adubação verde, que consiste na utilização de plantas em rotação ou consórcio com as culturas de interesse econômico, com posterior incorporação ao solo ou manutenção na sua superfície, é uma das formas de produzir matéria orgânica no agroecossistema. Em solo degradado, a utilização da adubação verde pode contribuir para a diminuição da acidez do solo, elevando o pH no perfil, através do retorno dos resíduos das leguminosas ao solo (NASCIMENTO et al., 2003). Em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central, Meirelles e Souza (2018) também constataram que os efeitos da acidez foram amenizados quando foi adicionada biomassa de leguminosas arbóreas sobre o crescimento inicial de pupunheiras cultivadas no sistema de aleias, comparados à condição inicial do solo.

Outros autores também observaram em seus experimentos que algumas leguminosas são mais eficientes para aumentar o pH, como por exemplo, Franchini et al. (1999) ao avaliarem a dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos, observaram que os resíduos de nabo forrageiro são mais categóricos em diminuir a acidez do solo, em comparação aos resíduos de ervilhaca e aveia. Tal fato, é em função da relação entre degradação e composição química das espécies, como por exemplo, espécies com natureza pouco recalcitrantes, não apresentam tempo hábil para formação das substâncias húmicas e conseqüentemente não gera cargas negativas que são as responsáveis pela neutralização da acidez (STEVENSON, 1994).

No entanto, resíduos de culturas altamente degradáveis podem ter apenas um efeito temporário na estabilização da acidez dos solos porque a matéria orgânica do solo diminui com o aumento da taxa de decomposição. Nesse caso, é necessário o fornecimento contínuo de resíduos de culturas para manter o equilíbrio do ecossistema ou aplicação de resíduos vegetais de decomposição lenta, resíduos com alto C/N (GURMESSA, 2021).

O alto teor de pH do biochar o qualifica como um dos melhores corretivos para tratar a acidez dos solos e melhorar a qualidade do solo. O biochar da casca do pequi (*Caryocar brasiliense*) atuou como corretivo da acidez em solo cultivado com feijão, além de atuar como fonte de potássio para as plantas (SILVA et al., 2022). Entretanto, a quantidade de biochar necessária para elevar um nível significativo de pH pode ser relativamente alta, o que pode inviabilizar o uso agrícola (SILVA et al., 2022).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da matéria orgânica do solo é de fundamental importância para entender os compartimentos da mesma na reatividade do solo, e dessa forma facilitar a escolha de técnicas de manejo da matéria orgânica mais adequadas para os solos agrícolas brasileiros. Além disso, o uso de adubos orgânicos reutilizando resíduos vegetais e animais ajudam a reduzir o impacto ambiental gerado pela produção de alimentos, garantindo alimentos mais saudáveis.

O uso da matéria orgânica nos sistemas de produção pode aumentar o pH do solo, reduzindo a necessidade de insumos externos, como o calcário e, conseqüentemente, reduzindo os custos de produção.

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I.; HINRICHS, R.; BERTOL, I. Movimentação de partículas de calcário no perfil de um Cambissolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 359-367, 2004.
- BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Ácidos húmicos. **Revista Ceres**, v. 61, p. 856-881, 2014.
- CAMARGO, F.O.; SANTOS, G.A.; GUERRA, J.G.M. **Macromoléculas e substâncias húmicas**. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed). Fundamentos da matéria orgânica: Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Gênese, 1999. p.27-39
- CARNEIRO, J. S. S.; SOUSA, S. A.; NIKKEL, M.; DEUSDARÁ, T. T.; MACHADO, Â. F.; DA SILVA, R. R. Supercalagem: alterações em atributos químicos de um Latossolo Vermelho amarelo distrófico. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 16, n. 1, p. 31-38, 2018.
- CASTILHOS, D. D.; SOUZA, L. M.; MORSELLI, T. B. Produção de alface e alterações químicas do solo decorrentes da adubação orgânica e química. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 48, n. 1, p. 131-142, 2007.

CORRÊA, J. C.; FREITA, G. E. E.; BÜLL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C.; FERNANDES, D. M.; MARCELINO, R. Aplicação superficial de calcário e diferentes resíduos em soja cultivada no sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 68, p. 1059-1068, 2009.

DE FARIA, V. L.; MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P. Qualidade do Solo sob Cultivo de Banana em Sistemas de Produção Orgânico e Convencional em Gonçalves (MG). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 03, p. 1206-1219, 2021.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Chapter 7 Ameliorating soil acidity of tropical oxisols by liming for sustainable crop production (pp. 345–399). (2008).

FRANCHINI, J. C.; MEDA, A. R.; CASSIOLATO, M. E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Potencial de extratos de resíduos vegetais na mobilização do calcário no solo por método biológico. **Scientia Agrícola**. v. 58, p. 357-360, 2001.

FRANCHINI, J. C.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 34, n.12, p. 2267-2276, 1999.

GALVÃO, S. R. D. S.; SALCEDO, I. H.; OLIVEIRA, F. F. D. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 99-105, 2008.

GURMESSA, B. Soil acidity challenges and the significance of liming and organic amendments in tropical agricultural lands with reference to Ethiopia. **Environment, Development and Sustainability** v. 23, p. 77–99, 2021

HARTWIG, I.; OLIVEIRA, A.C.de; CARVALHO, F.I.F. de.; BERTAN, I; SILVA, J. A. G. da; SCHMIDT, D. A. M.; VALERIO, I.P; MAIA, L. C.; FONSECA, D. A. R.; REIS, C. E. S. dos. Mecanismos associados à tolerância ao alumínio em plantas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 2, p. 219-228, 2007.

HOYT, P.B.; TURNER, R.C. Effect of organic materials added to very acid soils on pH, aluminum, exchangeable NH<sub>4</sub>, and crop yields. **Soil Science**, v. 119, n. 3, p. 227-237, 1975.

KIEHL, G.J. Fertilizantes orgânicos. São Paulo: **Agronômica Ceres**, 1985. 492p

LAL, R. (Ed.). **Encyclopedia of soil science**. CRC Press, 2006.

LONGO, A. D. **Minhoca: de fertilizadora do solo a fonte de alimento**. São Paulo: Icone,1995.79p.

LOUREIRO, D. C.; AQUINO, A. M. de, ZONTA, E.; LIMA, E. Compostagem e vermicompostagem de resíduos domiciliares com esterco bovino para a produção de insumo orgânico. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.42, n.7, p. 1043-1048, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007000700018>.

MACHADO, L. V.; RANGEL, O. J. P.; MENDONÇA, E. D. S.; MACHADO, R. V.; FERRARI, J. L. Fertilidade e compartimentos da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 3, p. 289-299, 2014



MEIRELLES, A.C. de.; SOUZA, L. A. G. **Adubação verde com leguminosas arbóreas em pupunheira (*Bactris gasipaes*) na Amazônia central.** In: Souza, L. A. G et. al (Ed) Ciência e tecnologia aplicada aos agroecossistemas da Amazônia Central, Manaus: Editora INPA, 2018. 283 p.

MITCHELL, C. C.; TU, S. Nutrient accumulation and movement from poultry litter. **Soil Science Society of America Journal**, v. 70, n. 6, p. 2146-2153, 2006.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; FRANCHINI, J. C. Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais. **Informações Agronômicas**, v. 92, p. 1-8, 2000. (Encarte Técnico Informações Agronômicas, 92)

NANZER, M.C.; ENSINAS, S.C.; BARBOSA, G.F.; BARRETA, P.G.V.; de OLIVEIRA, T.P.; da SILVA, J.R.M.; PAULINO, L.A. Estoque de carbono orgânico total e fracionamento granulométrico da matéria orgânica em sistemas de uso do solo no Cerrado. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 1, 2019.

NASCIMENTO, J.T.; SILVA, I.F.; SANTIAGO, R.D.; SILVA NETO, L.F. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**. v.7, p. 457-462, 2003.

NDUWUMUREMYI, A. Soil acidification and lime quality: sources of soil acidity, its effects on plant nutrients, efficiency of lime and liming requirements. **Journal of Agriculture and Allied Sciences**, v.2, n.4, p.26-34, 2013.

NOVAIS, R.F; SMYTH, T.J; NUNES, F.N. **Fósforo.** In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). Fertilidade do solo, Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 472-500.

OLIVEIRA, A. S. de. A matéria orgânica na redução do efeito tóxico do alumínio. 2018. **Trabalho de Conclusão de Curso.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

PRIMO, D.C.; MENEZES, R.S.C.; da SILVA, T.O. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena** v.7, n.5, 2011.

RAMOS, L.A.; NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.849-857, 2006.

ROCHA, J. C.; JUNIOR, É. S.; ZARA, L. F.; ROSA, A. H.; DOS SANTOS, A.; BURBA, P. Reduction of mercury (II) by tropical river humic substances (Rio Negro) - A possible process of the mercury cycle in Brazil. **Talanta**, v.53, n.1, p 551-559, 2000.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIACOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo. **Bragantia**, v.70, n.3, p 622-630, 2011.

SHARPLEY, A.N.; McDOWELL, R.W.; KLEINMAN, J.A. Amounts, forms, and solubility of phosphorus in soils receiving manure. **Soil Science Society of America Journal**, v.68, p.2048- 2057, 2004.

SIGNOR, D.; ZANI, C. F.; PALADINI, A. A.; DEON, M. D. I.; CERRI, C. E. P. Estoques de carbono e qualidade da matéria orgânica do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.1402-1410, 2014.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. **Matéria orgânica do solo**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). Fertilidade do solo, Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 276-357.

SILVA, M. S. A.; COLEN, F.; SAMPAIO, R. A.; AZEVEDO, A. M.; BASÍLIO, J. J. N.; COTA, C.; FERNANDES, L.A. Biochar from Caryocar brasiliense as a soil conditioner for common bean plants. **Ciência Rural**, v.52, n.7, 2022.

SILVA, P. L. F.; ARAUJO, R. da C. Produção, Qualidade de Sementes e Acúmulo de Nutrientes em Fava submetida à Adubação Verde. In: XXII ENIC, 2014, João Pessoa. **Anais do XXII Encontro de Iniciação Científica da UFPB**. João Pessoa-PB: Editora Universitária, 2014, p. 90. CD-ROM.

SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; OLIVEIRA, S. A. de. **Acidez do solo e sua correção**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). Fertilidade do solo, Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274.

SOUZA, L. D.; SOUZA, L.S.; REZENDE, J.O. **Manejo do solo em cultivo de abacaxi, banana e mamão**. In: ILDEGARDIS, B.; DE MARIA, I.C.; SOUZA, L.S (Ed). Manejo e conservação do solo e da água. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 869-906, 2019

STEVENSON, J.F. **Humus chemistry: Genesis, composition, reactions**. 2.ed. New York, John Wiley & Sons, 1994. 496p

VON OSTERROHT, M. O que é uma adubação verde: princípios e ações. **Agroecologia Hoje**, n.14, p.9-11, 2002.

# CAPÍTULO 9

## DESENVOLVIMENTO RURAL: UMA ANÁLISE ECONÔMICA DO CRÉDITO RURAL, DESTINADO À AGRICULTURA FAMILIAR EM CAROLINA-MA

Angela Cristina dos Santos Carvalho Minervino

Ana Beatriz Martins Soares

Ronie Carlos Magalhães Chagas

Leonardo Oliveira da Silva Coelho

Cláudia Araújo Moreira

Iberê Pereira Parente

Luiz Aurélio Batista Neto

### RESUMO

O presente trabalho estuda o desenvolvimento rural, a partir da agricultura familiar, utilizando análises econômicas da produção e comercialização rural, no município de Carolina - MA. E tem por objetivos verificar os efeitos do crédito rural para dinâmica deste setor; identificar os entraves que dificultam a expansão do mesmo na região; verificar a forma como as comunidades se organizam social e economicamente; identificar os entraves que impedem o fortalecimento da agricultura familiar e, ainda, caracterizar a produção desta prática no município. As análises foram feitas com base na aplicação de 142 questionários junto aos produtores da agricultura familiar, onde foram coletados dados qualitativos e quantitativos sobre a produção agrícola e pequena criação de animais, buscando sua caracterização social e econômica. A pesquisa em questão foi realizada entre 2016 e 2017. Os resultados deste estudo apontaram que os moradores das 14 comunidades entrevistadas enfrentam dificuldades na produção e comercialização de gêneros alimentícios, entre elas: a falta de assistência técnica e do auxílio de máquinas. A farinha de mandioca se destaca na produção agrícola familiar. Em relação à criação de animais, as aves se destacam, totalizando 25% das famílias criando entre 11 até 20 aves, no entanto, a falta de assistência técnica é um indicador da baixa qualidade e baixa quantidade da produção, enfraquecendo assim o setor da agricultura familiar. Portanto, políticas públicas devem ser pensadas de tal forma que fortaleçam os agricultores familiares, criando assim alternativas para a sua sustentabilidade, como acesso ao crédito, acompanhado de assistência técnica e monitoramento da produção.

**PALAVRAS-CHAVE:** Crédito Rural, Desenvolvimento Rural, Agricultura Familiar.

### INTRODUÇÃO

Os termos crescimento econômicos e desenvolvimento econômico são bastante confundidos, mas possuem significados distintos. O crescimento econômico corresponde ao aumento do Produto Interno Bruto (PIB), ou seja, uma elevação da produção da região estudada. Já o conceito de desenvolvimento econômico está relacionado à melhoria do bem-estar da população (AMORIM, 2007).

No cenário econômico capitalista, onde o lucro é bastante visado, surge a dedução de que o crescimento econômico gera impactos negativos ao meio ambiente. Em compensação, surgiu a noção de desenvolvimento econômico como uma forma de amenizar as externalidades negativas causadas ao meio. O modo de produção capitalista e o avanço da agricultura em relação ao meio ambiente, devem ser analisados à luz desses aspectos essenciais referentes às limitações e fragilidades do meio ambiente para, assim, influenciar o desenvolvimento econômico.

Quando se pensa em produção agropecuária, atrelada à ideia de desenvolvimento econômico, remete-se a uma noção de desenvolvimento rural, que deve conter um recorte territorial e ainda incluir aspectos sociais e ambientais.

O desenvolvimento rural deve combinar o aspecto econômico (aumento do nível e estabilidade da renda familiar), o aspecto social (obtenção de um nível de vida socialmente aceitável) e o ambiental, em que uma de suas trajetórias principais reside na diversificação das atividades que geram renda (pluriatividade) (Kageyama, 2008, p.72).

A organização no campo em relação à divisão de atividades e introdução de tecnologias contribuem para tornar essa área cada vez mais específica, abrangendo conhecimentos técnicos e estratégias que devem ser utilizados para que se obtenham bons resultados. O meio rural, para ser bem desenvolvido, precisa fazer a combinação de três principais dimensões, sendo estas: o social, o econômico e o ambiental.

Por volta de 1960, quando a revolução verde foi iniciada no Brasil e em outros países, orientava-se o sistema produtivo com base numa visão positivista. De acordo com Francisco (2009), essa estratégia de desenvolvimento econômico, mediada pela ciência e tecnologia, tinha o objetivo de aumentar a produtividade, através do desenvolvimento de pesquisas com sementes, fertilização do solo e utilização de máquinas no campo. Dessa forma, a produção de alimentos aumentaria, contribuindo com um maior acesso aos alimentos com preços mais acessíveis.

Segundo Gasparetto (2017), a mecanização do campo ajuda o produtor a preparar o solo para a plantação, faz a manutenção da lavoura, revoluciona o plantio e a colheita com operações rápidas e eficientes. Por outro lado, junto a tamanhos benéficos, ~~veio~~ a mecanização no campo implicou no desemprego de diversas pessoas e contribuiu para a maior utilização de produtos químicos (como os agrotóxicos), fator que coloca em risco a saúde da população que se alimenta desses produtos que, embora sejam mais baratos, são também prejudiciais à saúde humana. Um



estudo realizado por Silva (2008) aponta para uma relação direta entre cânceres hematológicos e a utilização de agrotóxicos.

Sendo assim, questiona-se: qual o preço do bem-estar e da integridade física humana? Vale lembrar que, além dos malefícios causados à saúde humana, também são inúmeros os efeitos destrutivos dos agrotóxicos para fauna e flora, ao bioma onde as atividades agrícolas são implantadas.

Além destes impactos sociais e ambientais, o agronegócio produz a exclusão social dos povos do campo decorrente da concentração de terras e de renda. Já a agricultura familiar ou camponesa provoca menos impactos à natureza, pois a transformação da natureza ocorre, primordialmente, como forma de sobrevivência e não como forma mercadológica de produção de capital (COSTA, 2017).

Como forma de incentivo para o desenvolvimento do meio rural, criou-se o crédito rural, que conta com auxílios financeiros voltados para os agricultores familiares. Tal investimento mostra ser importante pelo fato de que a agricultura é um dos setores que mais movimentam a economia do país.

Segundo dados do Ministério da agricultura, para o ano de 2017, o agronegócio contribuiu com 23% a 24% do PIB, pelo fato desse setor compreender além das atividades primárias realizadas no estabelecimento, as atividades de transformação e de distribuição (BRASIL, 2017).

O PRONAF (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar) é uma das linhas de crédito que pode ser utilizada pelo agricultor familiar. Esse programa possui subprogramas de acordo com a finalidade do financiamento. Um exemplo de subprograma é o Pronaf Mulher onde a mulher agricultora integrante de unidade familiar de produção é enquadrada no Pronaf, independentemente do estado civil. Já o Pronaf Jovem é dirigido para produtores rurais familiares, pessoas físicas, para investimento nas atividades de produção, desde que os beneficiários sejam maiores de 16 anos e menores de 29 anos. Além desses, tem o Pronaf Custeio, Pronaf Mais Alimentos, Pronaf Custeio e Comercialização de Agroindústrias Familiares, Microcrédito Rural, entre outros (Secretaria Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário, 2018).

Segundo Vieira (2007), para tornar eficiente o desenvolvimento territorial sustentável, os atores sociais, pessoas que trabalham no campo, devem estabelecer formas próprias de desenvolvimento, segundo as peculiaridades da região onde atuam. E que valorizem o saber

tradicional. Considerando sempre como foco o desenvolvimento, onde todas as ações devem visar esse objetivo.

Se os atores do campo começarem a trabalhar dessa forma, melhorando também outras questões como a cooperação entre eles, certamente terão melhor desempenho em suas atividades e assim poderão alcançar seus objetivos, reunindo mais condições para buscar o apoio do poder público para realizar ações que abranjam pequenos e microprodutores rurais.

De acordo com Navarro (2015), a forma de fazer com que a agricultura familiar se fortaleça economicamente e se coloque perante a sociedade brasileira é por meio do cooperativismo. Além disso, a cooperação entre os produtores rurais mostra ser importante e proveitosa, também pelo fato de otimizar a produtividade através de uma maior eficiência na alocação dos fatores de produção, com melhorias qualitativas na qualidade da produção.

Segundo Abramovay (1999), o desenvolvimento rural não pode ser concebido como simples expansão das atividades agropecuárias. Apesar destas terem um papel de suma importância, deve-se levar em consideração, no momento da elaboração das políticas públicas, o fomento e incentivo da agricultura familiar. No entanto, não devem se privar somente a esse ponto, devendo conhecer a agricultura familiar em sua totalidade, mudando não só o setor interno de produção, ou seja, o setor “dentro da porteira”, onde se encontra a produção do agricultor, mas o externo, onde se encontram as relações de comercialização, entre os consumidores finais, dentro dessa cadeia produtiva

O uso de tecnologias na produção agropecuária é importante, pois potencializa a produtividade, e otimiza os recursos de produção com tecnologias de precisão, desde o preparo do solo até a colheita. Segundo a Secretaria Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário, em 2010, entrou em vigor a Lei 12.188, que melhorou o auxílio técnico às pequenas propriedades. A Ater (Assistência Técnica e Extensão Rural) busca contribuir com soluções tecnológicas e organizativas no campo, através da extensão rural e das informações ao pequeno produtor, além da efetivação das políticas públicas voltadas para o campo, como por exemplo: ela traz consigo o crédito rural Pronaf, o garantia-safra, o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE).

Dentro dessa perspectiva, a pesquisa objetivou analisar o desenvolvimento rural, a partir da análise do crédito rural no município de Carolina. Para tanto, parte-se de duas óticas: a primeira se refere à caracterização da produção, comercialização e levantamento de dificuldades enfrentadas pelos agricultores familiares. E no segundo momento foi realizado um

diagnóstico quanto ao crédito rural, identificando as linhas de crédito mais utilizadas, e o público alvo atendido, assim como o grau de inadimplência no setor.

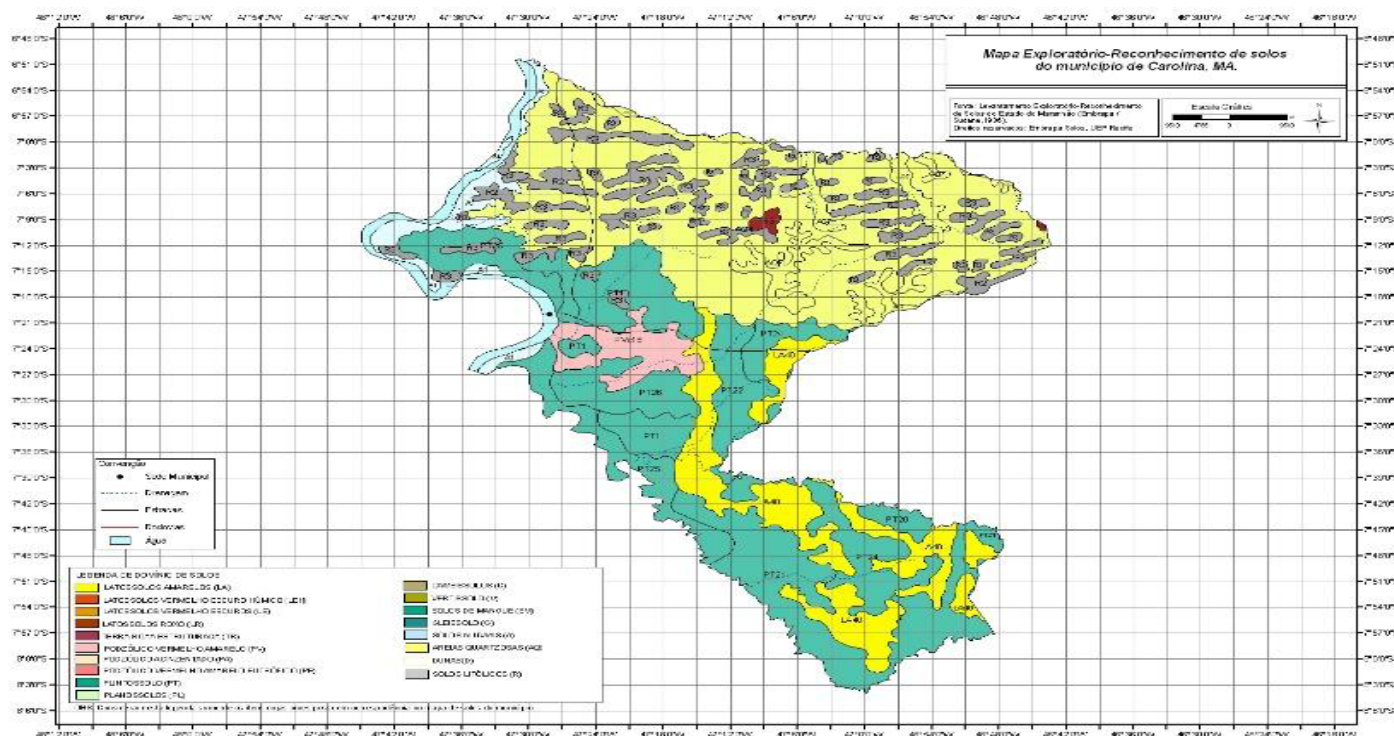
Dessa forma foi possível identificar os entraves para o desenvolvimento da agricultura familiar no município de Carolina. Outro ponto observado na formação econômica do município, são as formas de produção ainda consideradas incipientes, onde famílias exploram a agricultura com produtos como a mandioca, para a fabricação artesanal da farinha de mandioca, além da exploração da pecuária, fruticultura e hortaliças.

Por outro lado, também foi constatado que o abastecimento do mercado local pela agricultura familiar ainda é incipiente e rudimentar, onde a maioria dos produtos de mesa são obtidos pelo mercado atacadista de Imperatriz, entre outros pólos de abastecimento.

Nesse sentido, esse estudo vem trazer a problemática do crédito para o fortalecimento da agricultura familiar nesta região. Essa análise irá partir da destinação do crédito rural - PRONAF, e dos entraves enfrentados pelos agricultores familiares, tanto para a obtenção, como também para as fases de destinação e comercialização da produção rural na agricultura familiar em Carolina.

Dessa forma, o estudo tem como objetivo identificar os entraves para a produção e comercialização dos produtos agrícolas, oriundos da agricultura familiar em Carolina – MA.

**Figura 01:** Mapa do município de Carolina - MA.



Fonte: Prefeitura de Carolina, 2018.



De acordo com dados e figura 01 da Prefeitura de Carolina, a cidade está distribuída em bairros, ou distritos, onde 80% é de natureza rural. Observa-se que o meio rural, entre áreas de unidades de proteção e áreas de produção da agropecuária, destaca-se: o Parque Nacional da Chapada das Mesas, unidade de conservação, que não foi objeto de estudo da pesquisa, pois não está enquadrado no âmbito de financiamentos para a produção na agricultura familiar.

Sendo que as demais áreas, um total de 14 comunidades rurais fizeram parte deste estudo para levantamento de dados da pesquisa, sendo essas: Bela Aurora, Canto Grande, São José das Cachoeiras, São Manoel, Canto da Lagoa, Solta, São José dos Pereiras, Santa Rita, Genipapo, Taboquinha, Canabrava, São Manoel, Bacuri do Lajes e Cajueiro. Essas comunidades formam uma amostra do universo de comunidades rurais, onde foram selecionadas a partir do sindicato dos trabalhadores rurais, que possui o conhecimento empírico das comunidades de Carolina-MA.

## **MÉTODO**

A metodologia utilizada nesta pesquisa possui caráter exploratório fazendo uso da abordagem qualitativa de natureza básica e amparando-se no procedimento de pesquisa bibliográfica e de entrevistas para a coleta, avaliação e análise de dados e informações, estruturadas a partir de dados coletados junto aos agricultores familiares e a instituições financeiras.

Com relação ao método científico, Marconi e Lakatos (2007) observam que: todas as ciências caracterizam-se pela utilização de métodos científicos; em contrapartida, nem todos os ramos de estudo que empregam estes métodos são ciências. Dessas afirmações podemos concluir que a utilização de métodos científicos não é da alçada exclusiva da ciência, mas não há ciência sem o emprego do método científico.

Assim, o método é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo – conhecimentos válidos e verdadeiros – traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista. Conforme Gil (2010), constitui-se como propósito das pesquisas exploratórias tornar mais explícito ou permitir a criação de hipóteses para um dado problema de modo a torná-lo mais familiar.

Esta metodologia se mostra bastante flexível quanto à forma de coleta de informações visto que permite que ocorra de diversas maneiras, principalmente por meio de levantamentos



bibliográficos, entrevistas com indivíduos com experiência prática no assunto e análise de exemplos que estimulem sua compreensão (SELLTIZ et al. ,1967).

Assume-se como pesquisa de abordagem qualitativa aquela na qual existe a preocupação com o aprofundamento da compreensão de um determinado grupo social ou organização, em detrimento do foco na representatividade numérica. Uma vez que as ciências sociais possuem suas especificidades e, portanto, demandam uma metodologia própria, pesquisadores que adotam esta abordagem se posicionam de maneira avessa àquela que defende um único modelo de pesquisa para todas as ciências (GOLDENBERG, 1997).

Entende-se como de natureza básica toda a pesquisa cujo objetivo seja a geração de novos conhecimentos sem aplicação prática já prevista, envolvendo interesses locais dirigidos ao avanço da Ciência (GERHARDT e SILVEIRA, 2009).

Conforme Fonseca (2002), o procedimento de pesquisa bibliográfica permite a inserção do pesquisador no contexto do assunto estudado através do levantamento de estudos realizados anteriormente. Este procedimento permite que sejam revisadas publicações e possíveis análises de referências tanto escritas quanto eletrônicas tais como livros, artigos científicos e páginas de web sites.

## **DADOS ESTATÍSTICOS**

A pesquisa procurou levantar os dados relativos à participação da agricultura familiar no município de Carolina – MA. Para conseguir dados de relevância para sustentar a validação da pesquisa a metodologia foi dividida em etapas.

A primeira etapa consistiu em fazer um levantamento da quantidade de agricultores cadastrados na prefeitura de Carolina. Ocorreu o fato de a prefeitura não ter nenhum registro da quantidade de agricultores no município. Uma vez que a prefeitura não possuía informação, registro e nem cadastro, foi necessário buscar outros tipos de registro.

A procura se estendeu para o sindicato dos trabalhadores rurais, que por sua vez, possui apenas o registro dos agricultores associados individualmente e não por domicílio ou família.

Diante da impossibilidade de definição da quantidade existente de agricultores ou famílias que vivem da agricultura no município, optou-se por fazer uma amostragem de universo indefinido ou não conhecido. Assim para o cálculo amostral utilizou-se a metodologia aplicada por Triola (2014) para a definição de amostragem infinita que utiliza a seguinte fórmula:

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2})^2 \cdot 0,25}{E^2} \quad (1)$$

onde:

n - amostra calculada

$Z_{\alpha/2}$  - variável normal padronizada associada ao nível de confiança

E - erro amostral

Assim, utilizando essa fórmula e admitindo em erro amostral (E) da ordem de 10%, nível de confiança (Z) de 95%, obteve o resultado de (n) de 97 famílias para a amostragem.

$$n = \frac{(1,96)^2 \cdot 0,25}{0,1^2} = 97$$

Uma vez definida a amostra, a terceira etapa foi a aplicação de questionários com as famílias. Nessa etapa os entrevistados respondiam as questões por livre e espontânea vontade, sem nenhuma obrigação ou imposição. Para a aplicação dos questionários foram feitas visitas às comunidades rurais. E a abordagem dos entrevistados ocorreu durante a reunião dos moradores nas associações, visita nas residências, reunião sindical. Assim, após percorrer todas as etapas foi possível entrevistar 142 famílias, das 14 comunidades visitadas e que participaram da amostra.

Os dados de área e produção coletados apresentaram diferentes anotações de sistemas de medida de acordo com a cultura local da região. Desse modo, foram efetuadas conversões de medidas fornecidas pelo Sindicato dos Trabalhadores Rurais, que seguem: para medidas de massa, tem-se que 1 (um) saco equivale a 60kg (quilo), 1 (uma) quarta corresponde a 15 kg e 1 (um) prato representa 2 kg; e para medidas de área, conforme agrimensor do local, estabeleceu-se que 1 alqueire corresponde a 4,84 hectares; e 16 linhas ou tarefas equivalem a 1 alqueire, considerando 1 (uma) linha ou tarefa corresponder, aproximadamente, a 0,30 hectares.

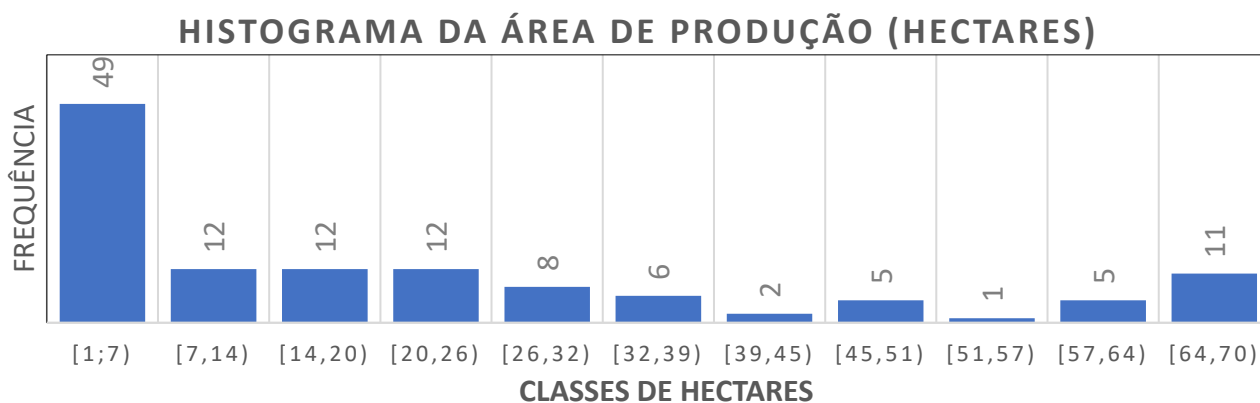
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A agricultura familiar tem características e modo de desenvolvimento diferentes da agricultura não familiar, conhecida também como agricultura convencional. A agricultura familiar tem como base a produção em um pequeno espaço territorial, as atividades são realizadas principalmente por membros da família. Os produtores geralmente têm um contato muito grande com a natureza.

O principal apoiador da agricultura familiar é o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), que tem como objetivo promover o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar (MDA, 2016).

O Gráfico 1 abaixo representa uma classificação da área de produção em hectares. Conforme se observa, o maior número de propriedades tem área inserida no intervalo [1;7), ou seja, matematicamente de 1 a valores menores que 7 hectares de área de produção.

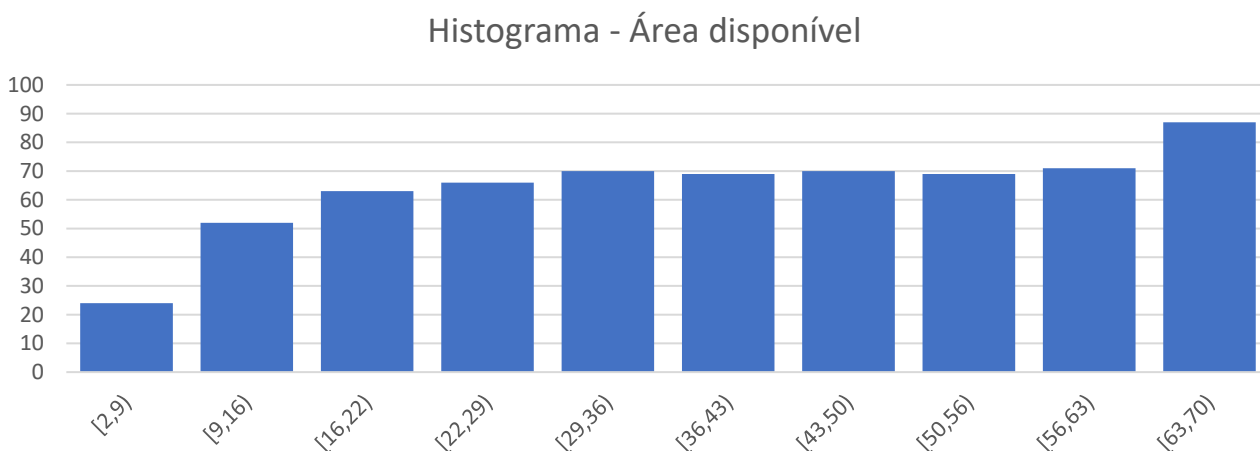
**Gráfico 01:** Área de produção da agricultura familiar em Carolina - MA, em hectares.



**Fonte:** Autoria própria, 2017.

No município de Carolina com base nos questionários aplicados, observou-se que 26% das propriedades têm 1 ou 2 hectares, sendo essa uma característica da produção dos agricultores familiares em um pequeno espaço. O valor de 8,4% equivale a 70 ou mais hectares, no entanto, essas áreas correspondem a mais de uma propriedade, isso acontece por exemplo na comunidade Santa Rita, onde eles atuam por cooperação, e a produção é realizada em uma única área.

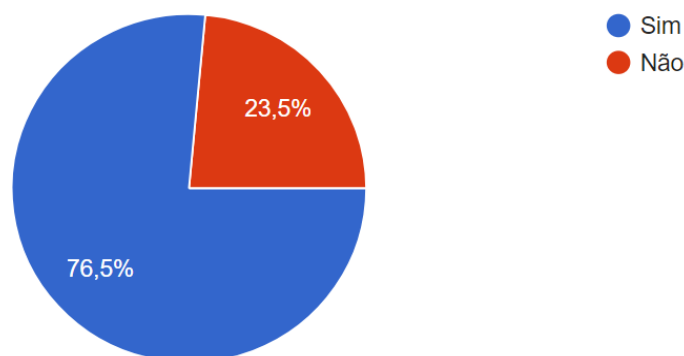
**Gráfico 2:** Área disponível para produção, em hectares.



**Fonte:** Autoria própria, 2017.

As propriedades ainda têm grandes áreas disponíveis para plantação e criação de animais, com cerca de 17,7% das propriedades tendo 70 hectares ou mais, sem utilização, porém, os produtores ficam limitados na hora de expandir suas produções, pois são muitas as dificuldades que encontram na hora de produzir e comercializar.

**Gráfico 3:** Interesse em aumentar a produção por parte dos produtores.

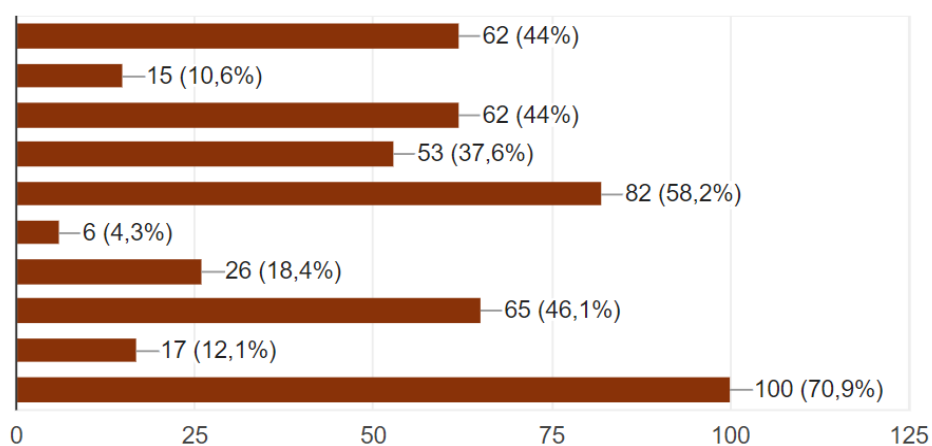


**Fonte:** Autoria própria, 2017.

A maioria dos entrevistados tem o desejo de aumentar suas produções, com um valor que corresponde a 76,5%; os 23,5% que responderam que não tem interesse, na maioria das vezes, é porque possuem idade avançada, e pelo fato do trabalho ser feito manualmente, pois pela falta de máquinas não conseguem trabalhar de forma satisfatória, e também não têm condições financeiras para pagar mão de obra.

Se as condições e assistência técnica ao produtor rural fossem melhoradas, o número da produção crescería, pois as condições favoráveis estão no montante de área disponível a ser cultivada, no entanto, o entrave está na insuficiência ou falta de acesso à assistência técnica.

**Gráfico 4:** Principais dificuldades levantadas na produção e comercialização.



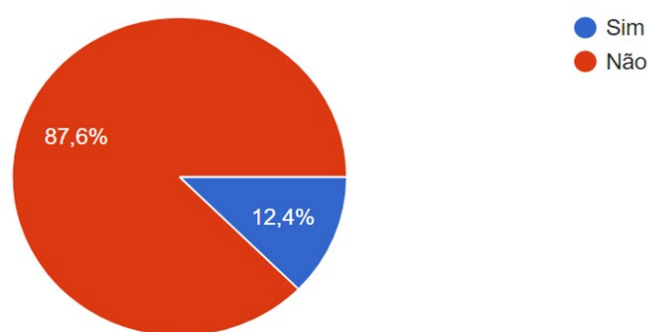
**Fonte:** Autoria própria, 2017.



Os três principais entraves detectados na hora da produção e comercialização foram a falta de máquinas e equipamentos com 70,9%; falta de assistência técnica com 58,2%; falta de água para irrigação com 46,1%. Com 44% estão outras duas dificuldades, sendo a falta de estradas e de crédito para investimento.

Muitos dos agricultores não possuem um controle de caixa que contabilize as entradas e saídas de recursos, portanto, não sabem se suas produções lhes dão lucro ou prejuízo. Adotar esses sistemas de controle é essencial em um negócio, principalmente para os empreendimentos que utilizam os créditos.

**Gráfico 5:** Quanto ao uso de controle financeiro.



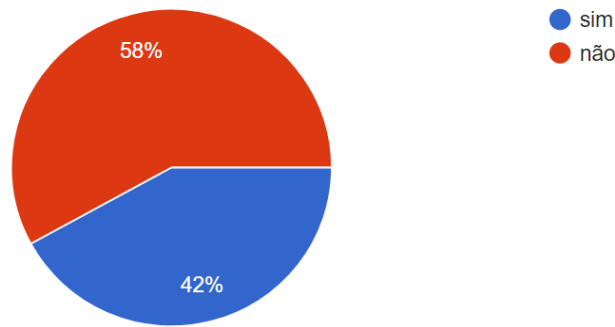
**Fonte:** A autoria própria, 2017.

No município de Carolina, 87,6% dos agricultores entrevistados não têm controle de suas receitas e despesas, ficando assim sem saber se têm lucro, se possuem capital de giro e se é necessário utilizar-se de um crédito rural para investir na sua propriedade.

A importância das políticas de assistência ao agricultor familiar é facilmente perceptível, quando se observa os objetivos que tais pretendem atingir. Tais políticas trazem benefícios para toda a população, uma vez que devem estimular o desenvolvimento rural sustentável e fazer com as pessoas do meio urbano tenham acesso a esses produtos por meio do PAA (Programa de Aquisição de Alimentos) e através do PNAE (Programa Nacional de Alimentação Escolar).

A agricultura convencional, segundo Guedes (2008) faz uso do cultivo intensivo do solo com uso de maquinário movido a combustíveis fósseis, monocultura, irrigação, utilização de agrotóxicos para controle químico de espécies indesejadas (pragas e patógenos). Tais fatores mostram que apesar da produção ser maior, as consequências ambientais causadas por essa também são maiores.

**Gráfico 06:** Uso de defensivos agrícolas.

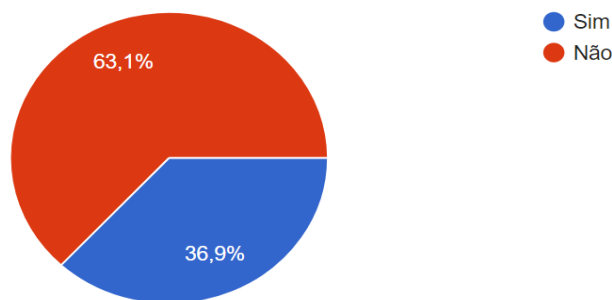


**Fonte:** Autoria própria, 2017.

O Gráfico 6 mostra que 42% dos agricultores familiares fazem o uso de defensivos agrícolas para produzir, esse fator chama atenção, pois esse uso de um modo geral costuma estar mais presente nas grandes propriedades, pela dificuldade de controle das pragas. Os agrotóxicos podem causar danos à saúde humana se não se utilizar equipamentos necessários na aplicação. Lira et al. (2013) evidencia que o grau de escolaridade interfere no processo de intoxicação por agrotóxicos, associado à falta de informações técnicas para a produção.

Ao longo do tempo várias formas foram pensadas de como investir no meio rural para que esse tivesse condições de se desenvolver, uma vez que muitos se sentem limitados pela falta de capital. Um elemento pensado foram as linhas de créditos disponibilizadas pelos programas de fomento para a agricultura familiar.

**Gráfico 7:** Utilização de financiamento.



**Fonte:** Autoria própria, 2017.

De acordo com os dados da pesquisa, observou-se que 36,9% dos produtores já tiveram acesso a algum tipo de financiamento, um dado significativo para o incentivo do desenvolvimento no município. Dentre as linhas de crédito o Pronaf se destaca no financiamento para o custeio da produção da agricultura familiar no município.

Outro ponto importante é a capacitação técnica está presente nos cursos que ensinam como preparar a terra, como combater as pragas, dentre outros fatores importantes, que são

necessários para tornar a produção agrícola mais proveitosa. Além desses fatores, o PRONAF ainda atua na área de estruturação do meio rural, ofertando insumos e equipamentos para o custeio da produção, através das linhas de crédito.

Mattei (2010) cita os principais avanços adquiridos após a implantação e funcionamento do Pronaf: a criação de organizações e instâncias de representatividade que aproximaram as esferas nacional, estadual e local; combateu o isolamento tradicional das comunidades rurais; a grande expansão da produção agropecuária; o aumento do nível de emprego local, da arrecadação tributária local e do PIB geral e setorial dos municípios; e a ampliação da conscientização dos agricultores familiares.

Esses fatores mostram-se positivos para os produtores rurais, que lutaram por políticas dessa natureza. Espera-se que esse processo seja mais simplificado, eficiente, pois o nível de instrução da maioria das pessoas que moram na zona rural é baixo e eles acabam não compreendendo algumas situações. Deixando, assim, de lado, a oportunidade de ter o auxílio de especialistas na área rural para fazer uso exclusivamente dos conhecimentos empíricos.

O crédito rural é disponibilizado através das agências bancárias, para os produtores do município de Carolina que desejam adquirir esse recurso. De acordo com a pesquisa realizada, observou-se que três instituições financeiras atuam nessa área, sendo essas o Banco do Brasil e o Banco da Amazônia, que estão localizados em Carolina, além do Banco do Nordeste, localizado em Porto Franco.

O Banco do Brasil atua há mais ou menos 20 anos com os programas de crédito destinados aos agricultores familiares. Nesse período o banco já destinou cerca de 6 milhões de reais em financiamentos para os produtores. A divulgação dos programas ofertados aos agricultores é feita através do site do banco e em parceria com as empresas da Agência Estadual de Pesquisa Agropecuária e de Extensão Rural do Maranhão (AGERP) e (AGROBIO). Segundo pesquisa realizada no Banco do Brasil, a condição mínima para obter o recurso é possuir a Declaração de Aptidão ao Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (DAP).

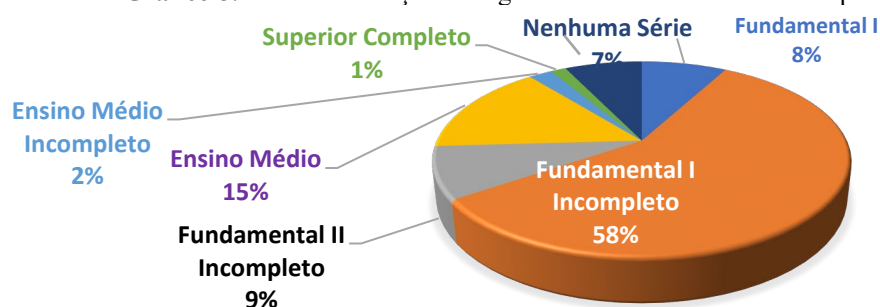
Atualmente o banco não está mais atuando nesse ramo, pois as taxas de inadimplência estavam muito altas, em 2016 chegou a 27,5%, em 2017 esse valor diminuiu para 15%, e no ano de 2018, com a suspensão das atividades, o valor ficou em cerca de 3%. O principal motivo para o não pagamento ou para os atrasos é o desvio da finalidade do crédito.

O banco possui capacitação e palestras para explicar ao agricultor como usar melhor o crédito, que mostram como devem investir. Conta também com o auxílio de um engenheiro agrônomo do banco para fiscalizar se o dinheiro solicitado está sendo aplicado da maneira correta. Apesar disso, através da entrevista junto ao Banco do Brasil, há indícios de que os agricultores fazem empréstimos para uma determinada atividade, mas quando o valor é liberado acabam utilizando para outros fins.

O Banco do Nordeste está localizado na cidade de Porto Franco, que também atende os produtores de Carolina. Oferece o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), sendo considerado o principal agente financeiro no Nordeste para esse programa. Para o Banco da Amazônia, que também disponibiliza o crédito, faz-se necessário a DAP, documento obrigatório para concessão do PRONAF.

Nas instituições Banco do Nordeste e Banco da Amazônia, não foram obtidas mais informações sobre a relação do crédito com a agricultura familiar.

**Gráfico 8:** Grau de instrução dos agricultores familiares no município de Carolina – MA.

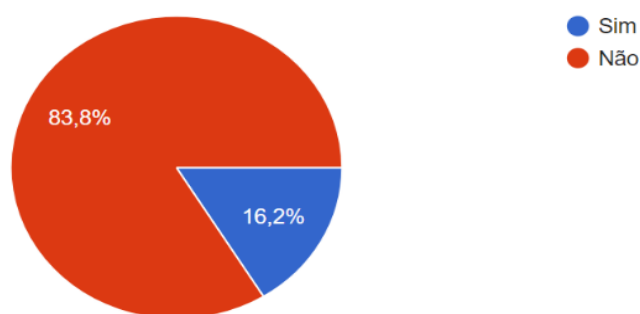


**Fonte:** Autoria própria, 2017.

A maioria dos agricultores geralmente frequenta a escola somente no ensino fundamental, tal situação acaba dificultando alguns mecanismos no campo como, por exemplo, o controle de caixa, onde exige conhecimentos matemáticos para que seja executado de forma eficaz. De 142 produtores, somente dois conseguiram concluir o ensino superior. Algumas práticas costumeiras presentes em suas crenças são acionadas pelos produtores, por exemplo, alguns produtores da comunidade Taboquinha afirmaram que ao perceberem a presença de pragas nas lavouras utilizam a reza para solucionar o problema. A política de assistência técnica precisa dialogar com as crenças e costumes locais, para ser inserida e aceita nas práticas dos agricultores familiares de modo eficiente.



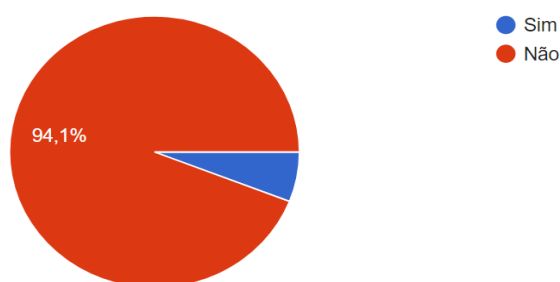
**Gráfico 9:** Participação do agricultor familiar de Carolina - MA em treinamento.



**Fonte:** Autoria própria, 2017.

Apesar de considerarem os programas de capacitação importantes para o aprendizado, para um melhor manejo da produção e maior desenvolvimento da propriedade, 83,8% dos agricultores entrevistados nunca participaram de cursos e nem de outro programa de capacitação.

**Gráfico 10:** Assistência técnica nas propriedades de agricultura familiar em Carolina - MA.



**Fonte:** Autoria própria, 2017.

De todas as 142 propriedades visitadas, somente o correspondente a 5,9% dessas, possui assistência técnica, sendo essas são as mais organizadas no processo produtivo; duas comunidades apresentam esses aspectos sendo essas a Santa Rita e a Solta, onde os produtores se unem por meio de cooperativas.

A popularização de programas públicos como esses são essenciais para obterem os resultados que almejam, pois não adianta existir tais políticas de auxílio aos agricultores se esses desconhecem esses programas, para que servem e como esses podem lhes ajudar no desenvolvimento de suas produções.

Pires (2014) afirma que há uma predominância na execução da política pública para aqueles agricultores familiares que já apresentam condições objetivas e suficientes para garantir certo grau de modernização no campo. Dessa forma, o objetivo central de beneficiar os pequenos produtores rurais mais socialmente vulneráveis, acaba na realidade sendo distorcido,

uma vez que os mais beneficiados são aqueles que já possuem um início de desenvolvimento próprio.

Há receio por parte dos bancos na execução do PRONAF, em liberação do crédito, pela alta taxa de inadimplência, porém, isso não implica na limitação do acesso ao crédito, pois o próprio programa possui mecanismos que atuam em casos como esse. Um exemplo é a suspensão dos contratos em municípios em que 15% ou mais dos financiados estejam com atrasos ou se forem registrados 50 ou mais contratos nesta condição (MDA, 2015).

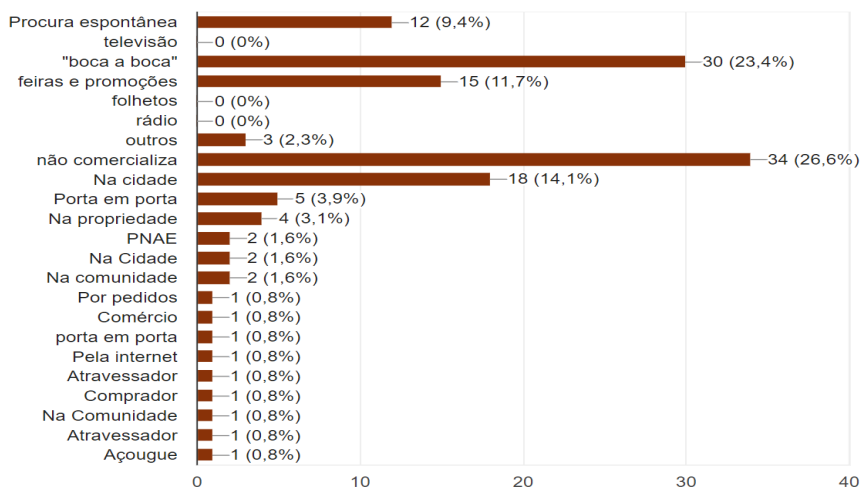
O PRONAF é criticado por alguns estudiosos por ser contraditório, na sua ação, com o que é idealizado. A relação qualitativa no emprego do agricultor familiar acontece no âmbito do capitalismo. Pois mesmo que tenha o apoio de empresas nacionais que visam à qualidade do meio, o programa em si parte de uma esfera que é movida pelo capital, no caso os bancos.

Diante disso, faz-se necessário compreender o significado de dois termos, sendo eles a política agrícola e a política agrária que apesar de parecerem ter o mesmo significado, não tem.

A política agrícola é constituída tanto pelas políticas de mercado (preços, comercialização, crédito) quanto pelas políticas estruturais (fiscal, de pesquisa tecnológica e de extensão rural, de infraestrutura, e de recursos naturais e meio ambiente). A política agrícola pode ter efeitos mais conjunturais, sobre preços e comportamento dos agricultores, e também mais estruturais. A política agrária (...) é uma política estrutural e de longo prazo, fundamental para se desencadear um processo que não se restrinja ao desenvolvimento agrícola, mas também ao desenvolvimento rural sustentado (MULLER, 2007, p. 40).

Beltrane (2017) afirma que para os agricultores um grande problema enfrentado é o retorno dos investimentos, uma vez que, na hora de vender os seus produtos, o preço oferecido pelo mercado é baixíssimo. Para se ter um empréstimo faz-se necessário conhecer os princípios e fundamentos dos negócios e produtos para não saírem perdendo.

**Gráfico 11:** Formas de comercialização, segundo os agricultores familiares em Carolina-MA.

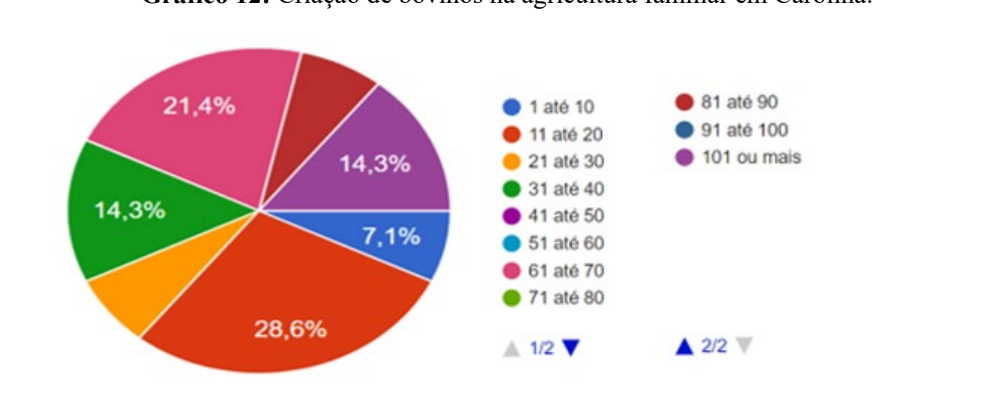


Fonte: Autoria própria, 2017.

Apesar de ser um número ainda pequeno com 1,6% das propriedades pesquisadas, percebe-se a relação com alguns desses programas para a agricultura familiar, no caso com o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE). Essa é uma importante forma de reconhecer que esse setor está se desenvolvendo e participando de políticas que visam principalmente esse desenvolvimento.

Para que o desenvolvimento na área rural seja verdadeiramente eficiente, muitas coisas ainda devem melhorar. Tanto com o aperfeiçoamento das políticas públicas já existentes, como a ordenação e melhoria das práticas organizacionais no campo. As técnicas existentes precisam ser colocadas em prática para que esse desenvolvimento seja real e não apenas uma utopia.

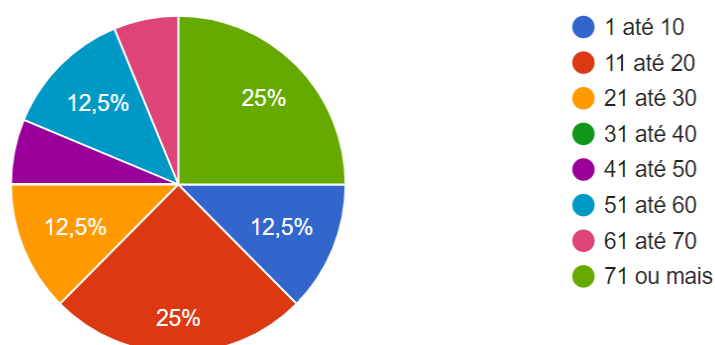
**Gráfico 12:** Criação de bovinos na agricultura familiar em Carolina.



**Fonte:** Autoria própria, 2017.

Sobre a criação de animais no município de Carolina, os bovinos ficam em 2º lugar, entre os 4 analisados, sendo esses os ovinos, os suínos e as aves. A maioria dos entrevistados criam de 11 até 20 cabeças, esse valor correspondendo a 28,6% das respostas. Outros 21,4% criam de 61 até 70 cabeças.

**Gráfico 13:** Criação de aves na agricultura familiar em Carolina - MA.

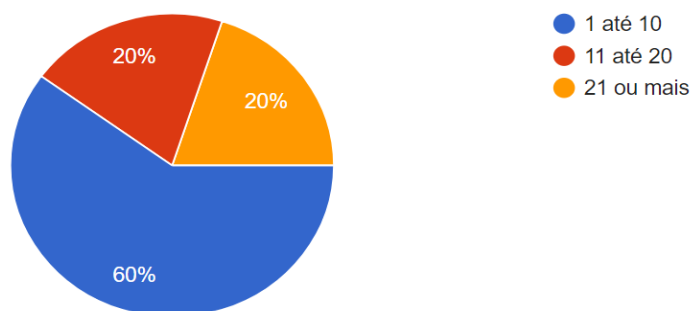


**Fonte:** Autoria própria 2017.

Essa criação fica em 1º lugar no ranking, tendo 25% criando entre 11 até 20 aves, com o mesmo número de pessoas criando 71 ou mais aves. Com isso, percebe-se a maior

disponibilidade desses animais para o mercado consumidor de Carolina, e por haver um maior número de criação de aves na região, o preço desse produto é barateado, custando em média o valor de R\$ 40,00 (quarenta reais).

**Gráfico 14:** Criação de suínos na agricultura familiar em Carolina - MA.



**Fonte:** Autoria própria, 2017.

A criação de suínos fica em 3º lugar no ranking, com mais da maioria correspondendo a 60%, criando entre 1 até 10 suínos em sua propriedade. Na maioria das vezes, costumam ter somente um casal destes. Com 20%, encontra-se a criação de 11 até 20, estando também com 20% a criação de 21 ou mais suínos.

Para as questões da pesquisa quanto à criação de caprinos e ovinos, onde se encontram as ovelhas e as cabras, não houve respostas, sendo assim, nenhum dos produtores entrevistados praticam este meio de criação.

Sobre as demais produções da agricultura familiar no município, segue abaixo o ranking onde o primeiro produto está a farinha de mandioca/mandioca com 49 produtores dentre os 142 pesquisados, estando 53,1% produzindo 421 ou mais quilogramas e 20,4% produz entre 1 até 60kg. Em segundo lugar, o feijão presente em 37 propriedades, com 27% produzindo de 1 até 60kg e 18,9% de 61 até 120kg.

O arroz aparece em terceiro lugar estando presente em 30 propriedades com uma grande produção, onde 83,3% produz 421 ou mais quilogramas. O milho mesmo estando em quarto lugar no ranking, tem uma grande produção, presente em 16 propriedades, tem 68,8% produzindo 421 ou mais quilogramas.

A fava é plantada em 11 das propriedades pesquisadas, 45,5% com 1 até 60kg e 27,3%, com 121 até 180kg. Na fruticultura a comercialização é destacada pela polpa, 55,6% produzem 421 ou mais quilogramas de frutas. As leguminosas se encaixam em último lugar no ranking;



sua produção existe somente em 2 propriedades; na primeira, a produção anual é de 181 até 240kg, e na outra 421 ou mais quilogramas.

## CONCLUSÃO

A agricultura familiar no município de Carolina e a relação com o crédito rural está enfraquecida, pela falta de informações do Banco do Nordeste e do Banco da Amazônia. Apenas o Banco do Brasil informou que atualmente não está operando com o crédito rural para a agricultura familiar, fato esse causado pela alta inadimplência. A pesquisa nas 14 comunidades entrevistadas mostrou que são muitas as dificuldades que os produtores encontram na hora de produzir e comercializar, entre elas: a falta de assistência técnica, do auxílio de máquinas, o que implica numa redução considerável da produção.

A maior produção da agricultura familiar de Carolina é a de farinha de mandioca, conhecida popularmente por *farinha de puba*, alimento que está presente na alimentação dos carolineses. E a criação que ganha destaque são as aves, totalizando 25% das famílias criando entre 11 até 20 aves, no entanto, a falta de assistência técnica é um indicador da baixa qualidade e baixa quantidade da produção, enfraquecendo assim o setor da agricultura familiar. Portanto, políticas públicas devem ser pensadas de tal forma que fortaleçam o setor, criando assim alternativas para a sua sustentabilidade, como acesso ao crédito, acompanhado de assistência técnica e monitoramento da produção, realizado por técnicos da extensão rural pública e das instituições de ensino que se proponham à extensão rural.

## REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, R. Agricultura familiar e desenvolvimento territorial. Reforma Agrária – Revista da Associação Brasileira de Reforma Agrária – vols. 28 nºs 1,2 3 e 29, nº1 – Jan/dez 1998 e jan/ago 1999.

AMORIM, A. Diferenças entre Crescimento Econômico e Desenvolvimento. 2007. Disponível em: <<http://www.economiaerealidade.com/2007/05/diferenas-ntrecrescimento-econmico-e.html>>. Acesso em: 23 abr. 2018.

BELTRAME, G. PEREIRA, B.A.D. Impactos Socioeconômicos Ocasionados pelo Pronaf para o Desenvolvimento da Agricultura Familiar. Desenvolvimento em Questão. Editora Unijuí, ano 15, N.382017. Disponível em: <<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/5542/5232>>. Acesso em: 27 abr. 2020.

BRASIL, 2015. Secretaria Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário. Assistência Técnica e Extensão Rural. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/not>>

icias/assist%C3%A2ncia-t%C3%A9cnica-e-extens%C3%A3o-rural>. Acesso em: 23 ago. 2018.

BRASIL, 2017. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agropecuária puxa o PIB de 2017. Disponível em:<<http://www.agricultura.gov.br/noticias/agropecuaria-puxa-o-pib-de-2017>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

BRASIL. Secretaria Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário. Linhas de crédito. Disponível em:<http://www.mda.gov.br/sitemda/secretaria/saf-creditorural/linhas-de-cr%C3%A9dito>. Acesso em: 23 ago. 2018.

COSTA, M. S. B. Agronegócio e Agricultura Familiar: modelos agrícolas de desenvolvimento que se contrapõem. Disponível em: <<http://www.joinpp.ufma.br/jornadas/joinpp2017/pdfs/eixo10/agronegocioagriculturafamiliarmodelosagricolasdedesenvolvimentoquesecontrapoem.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

EMBRAPA. Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento de Recife – UEP. Disponível em <<https://http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=ma>>. Acesso em: 31 ago. 2018.

FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FRANCISCO, W. C. "Êxodo Rural"; Brasil Escola. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/exodo-rural.htm>>. Acesso em: 05 mai. 2018.

FRANCISCO, W. de C. "Revolução Verde"; Brasil Escola. 2009. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/revolucao-verde.htm>>. Acesso em: 05 mai.2018.

GASPARETTO J., A. Mecanização no Campo, Info Escola, 2017. Disponível em:<<https://www.infoescola.com/agricultura/mecanizacao-no-campo/>>. Acesso em: 23 ago.2018.

GERHARDT, T. E.; TOLFO, D. S. Métodos de pesquisa – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010

GOLDENBERG, M. A arte de pesquisar. Rio de Janeiro: Record, 1997.

GUEDES, I. Por que a agricultura convencional não é sustentável. 2008. Disponível em: <<http://scienceblogs.com.br/geofagos/2008/10/por-que-a-agriculturaconvencional-nao-e-sustentavel/>>. Acesso em: 24 abr. 2018.

KAGEYAMA, A. Desenvolvimento rural: conceitos e aplicação ao caso brasileiro. Porto Alegre: Editora da UFRGS – PPGDR, 2008.

LIRA, C.C, et al. Perfil socioeconômico de agricultores familiares no município de Barreiros, PE. In: XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão-JEPEX, UFPE, 2013. Disponível em: <[eventosufpe.com.br](http://eventosufpe.com.br)> Acesso em: 24 ago. 2017.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M., Metodologia científica: ciência e conhecimento científico, métodos científicos, teoria, hipóteses e variáveis. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007

MATTEI, L. Análise da produção acadêmica sobre o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) entre 1996 e 2006. In: COSTA, L. F; SANTOS, R. Estudo Sociedade e Agricultura, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p. 5697, 2010.

MDA, Ministério do Desenvolvimento Agrário. O que é a agricultura familiar. 2016. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/o-que-%C3%A9-agriculturafamiliar>>. Acesso em: 24 abr. 2018.

MDA. Ministério do Desenvolvimento Agrário Microcrédito Rural (Pronaf grupo B). 2015. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/secretaria/safcreditorural/microcr%C3%A9dito-rural#sthash.zkn61PmQ.dpuf>>. Acesso em: 17 jul. 2015.

MULLER, A. L. A construção das políticas para a agricultura familiar no Brasil: o caso do programa de aquisição de alimentos. 2007. 128 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) –Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

NAVARRO, T. Cooperativismo na agricultura familiar. 2015. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/cooperativismo-na-agricultura-familiar>>. Acesso em: 05 mai. 2018.

PIRES, M. J. de. Um estudo da estrutura e evolução do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF): 2000 a 2010. Rev. Econ. NE, Fortaleza, v. 45, n. 4, p. 97-110, out./dez. 2014.

SELLIZ et al. Métodos de pesquisa em relações sociais. Edição da revista e nova tradução Dante Moreira Leite. SP. Herder, Edusp, 1967.

SILVA, J. M. da. Cânceres hematológicos na Região Sul de Minas Gerais. Tese (Doutorado para obtenção do título de Doutor em Saúde Coletiva, área de concentração em Saúde Coletiva). Campinas, SP:[s.n.], 2008. Disponível em:<<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000431760&fd=y>>. Acesso em: 05 mai. 2018.

SILVEIRA, S. M. P. da. Desenvolvimento em Questão 2017, Estratégias para fomentar o Desenvolvimento Rural. Disponível em:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75250380004>>. Acesso em 05 abr. 2021.

VIEIRA, P. F. Ecodesenvolvimento: do conceito à ação – de Estocolmo a Joanesburgo. IN: SACHS, Ignacy. Rumo a Ecosocioeconomia: teoria e prática do desenvolvimento. Paulo Freire Vieira (Org). São Paulo: Cortez, 2007.

# CAPÍTULO 10

## TILAPICULTURA BRASILEIRA, UMA BREVE REVISÃO

Rildo José Vasconcelos de Andrade  
Ângelo Raphael Alexandre da Silva  
Bruno Borba Santos Ferreira Costa  
Elizabeth Pereira dos Santos  
Rudã Fernandes Brandão  
Karoline Rachel Teodosio de Melo  
Alfredo Olivera Gálvez

### RESUMO

O consumo mundial de pescados cresce continuamente. A aquicultura é o cultivo de organismos aquáticos voltado para a produção de pescado, e a única atividade capaz de suprir a crescente demanda desse setor de alimentos. Nessa área, a piscicultura da tilápia (*Oreochromis spp.*) possui grande destaque, sendo este um dos peixes mais cultivados do mundo. Para que esse setor produtivo consiga acompanhar o aumento na demanda, são necessárias práticas de manejo adequadas que garantam o controle e a qualidade da água, garantindo a sanidade dos animais e assim a viabilidade do cultivo. A implementação de novas tecnologias, como a aquicultura 4.0, pode propiciar benefícios para a atividade através do uso da Internet das Coisas e o controle de dados monitorados tempo real, podendo reduzir custos com manejo e otimizar os processos produtivos. Este capítulo busca introduzir brevemente alguns pontos importantes na piscicultura da tilápia, com descrição da espécie e principais sistemas de cultivo, sugerindo a integração destes sistemas e seus processos com a emergente aquicultura 4.0, como uma forma de melhorar a produtividade e viabilidade dessa atividade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tilápia; Aquicultura 4.0; *Oreochromis spp.*; Piscicultura; Sistemas de cultivo.

### INTRODUÇÃO

A aquicultura é uma atividade na qual o cultivo de organismos aquáticos ocorre em condições controladas. Esse controle é estabelecido através de boas práticas de manejo, como o monitoramento da qualidade de água através da aferição dos parâmetros e o fornecimento de alimentação controlada aos organismos (GIUSTINA et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2007; CAMPECH, et al., 2011; SEBRAE, 2014; SEBRAE, 2015; VUMELA, 2016). De importância semelhante é o acompanhamento do desempenho zootécnico do organismo cultivado, que permite o conhecimento de resultados de sobrevivência, ganho de peso, taxa de crescimento, conversão alimentar, entre outros (BOSCOLO et al., 2010; SIMBINE, 2013). Para se obter sucesso na aquicultura é importante seguir alguns cuidados nas práticas de manejo.



Um ponto fundamental é o cuidado com a qualidade de água. O seu monitoramento é muito importante em uma produção, pois a qualidade da água influencia diretamente no surgimento de enfermidades, que em organismos aquáticos podem se tornar frequentes, impactando diretamente o rendimento de um cultivo. Uma água com má qualidade pode impactar negativamente no rendimento dos animais cultivados (PEREIRA, 2016). Segundo Sanchez et al. (2004), uma ótima produção na aquicultura depende das variáveis físicas, químicas e biológicas da água, mas outros fatores como densidade de animais no cultivo, a espécie utilizada e o manejo aplicado durante a produção, são fatores que influenciam diretamente nas variáveis da qualidade de água (MINUCCI et al., 2005). Por isso, um bom acompanhamento da qualidade da água é essencial na aquicultura.

Outro ponto importante no cultivo de animais aquáticos é o manejo da alimentação, pois esse influencia diretamente no crescimento dos animais, que pode variar de acordo com o tipo de alimento que é ofertado, a qualidade da ração, a frequência de oferta, a disponibilidade do alimento oferecido e a capacidade de absorção de nutrientes (FRASCA-SCORVO et al., 2018).

A produção mundial do pescado vem aumentando em um ritmo rápido e atualmente a aquicultura já é o setor da produção de alimentos responsável por mais de 50% da oferta desse pescado, com 114,5 milhões de toneladas produzidas, em peso vivo, em 2018. Nesse cenário, a piscicultura é destacada como a principal atividade, representando 47% do total produzido (FAO, 2020).

A principal espécie utilizada na piscicultura brasileira é a tilápia (*Oreochromis spp.*), com produções anuais chegando a atingir mais de 430 mil toneladas, representando 57% de toda produção piscicultora nacional (Peixe BR, 2020; IBGE, 2019). Por possuir uma vasta área territorial (8,5 milhões de km<sup>2</sup>), o Brasil é um país com grande potencial para crescimento dessa atividade, além de possuir bastante disponibilidade de água, uma extensa orla marítima (8.698 km) e condições climáticas favoráveis (IBGE, 2013). Entretanto a implantação de uma piscicultura requer um bom planejamento, sendo necessário analisar as características e condições da propriedade (BARBOSA; SOUSA NETO, 2014). Nesse contexto, o uso de técnicas que possam simplificar as operações de uma piscicultura se torna algo interessante.

## AQUICULTURA 4.0

A utilização do termo aquicultura 4.0 foi introduzido como uma ação para a inovação, dando referência à indústria 4.0 que inclui a IOT (Internet das Coisas), computação e troca de dados. No cultivo de animais aquáticos esse termo é referido a uma aquicultura conectada, onde

objetos enviam e analisam dados em tempo real, e tem como fundamento apostar na conexão entre variadas ferramentas de informação e comunicação embasada pela tecnologia (LYRA, 2019).

O uso da IOT em sensores é uma inovação tecnológica que pode ser utilizada para favorecer a automação de processos e tomadas de decisões (EUROPEAN UNION, 2017; DE CLERCQ et al., 2018). Esses conceitos se referem a um conjunto de tecnologias digitais que são integradas por meios de softwares, sistemas e equipamentos de automação (NUTER, 2020). Essa tecnologia vem transformando a produção na aquicultura, possibilitando agilizar processos e facilitar o acesso a dados produtivos (SANSUY, 2020). No estudo de Dupont et al. (2018), foi observado que o uso de sensores traz mais facilidades nas tomadas de decisões em caso de má qualidade da água, tornando a gestão de um cultivo bem mais eficiente.

O uso dessa tecnologia na aquicultura pode trazer diversos benefícios uma vez implantada, como o baixo custo de operação, a diminuição do uso de mão de obra necessária, uma produção mais otimizada e mais eficiente e uma produção mais automatizada, resultando em menos erros (CRUZ, 2021). As vantagens propiciadas pela aquicultura 4.0 torna seu uso algo interessante a ser aplicado no cultivo de organismos de interesses comerciais, sendo a tilápia uma espécie que se encaixa bem nesse perfil.

## **DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE**

A criação da tilápia (*Oreochromis spp.*) se iniciou no Quênia no ano de 1924, mas a partir da década de 50 começou a se difundir no ocidente (MAA/DPA, 2000). A sua produção vem se expandindo na Ásia, América do Sul e África, onde oferece um crescente volume de oferta aos mercados (FAO, 2016).

No Brasil, os principais pontos de produção de tilápia se concentram no Paraná, na região oeste com produção em viveiros, e na região Nordeste e Sudeste, com produção em tanques-redes (KUBITZA, 2015). Essa produção é uma atividade que contribui bastante para a economia, sendo um potencial setor para a realização de investimentos futuros, no intuito de se obter um aumento desta atividade produtora, que vem agregando uma grande importância para o agronegócio, melhorando o fornecimento de alimento e a quantidade de empregos (ZILLI, 2016).

A tilápia é um dos peixes mais cultivados mundialmente também por apresentar boa resistência aos manejos, ter uma boa capacidade de adaptação a diferentes tipos de sistemas de cultivo e por tolerar uma ampla faixa de variações na qualidade da água (oxigênio, temperatura,

salinidade, pH e amônia), além de possuir rápido crescimento e fácil reprodução (LITI et al., 2005; EL-SAYED, 2006; LUCHINI, 2006; TSADIK e BART, 2007; CHAKRABORTY et al., 2011; DAGNE et al., 2013).

É uma espécie de hábito onívoro, além de apresentar ter hábito filtrador, se alimentando de partículas em suspensão e do plâncton presente na água (DEMPSTER et al., 1995; AZIM et al., 2003). Isto se torna uma grande vantagem, pois a tilápia além de se alimentar da ração ofertada, pode consumir alimento natural presente nos viveiros, podendo reduzir os custos produtivos.

De acordo com El-Sayed (2006), as tilápias são peixes excelentes para cultivo de água doce, mas também podem ser cultivadas em águas com maiores salinidades devido a sua tolerância à variação de deste parâmetro. Outro fator importante é a densidade de estocagem do cultivo, pois permite enxergar o máximo de aproveitamento do espaço e dos custos de produção (HENGSAWAT et al., 1997). Um sistema produtivo que atende as características de uma alta densidade de cultivo e menor necessidade de espaço é o de bioflocos. Brol et al. (2017) avaliou o crescimento e sobrevivência de alevinos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e tilápia vermelha (*Oreochromis sp.*) em sistemas de bioflocos, sob diferentes densidades de estocagem em água salobra, e foi visto que a tilápia do Nilo obteve desempenho superior à linhagem vermelha no experimento e a densidade de 800 peixes/m<sup>3</sup> não afetou o desempenho zootécnico dos animais.

Já o estudo de Lima et al. (2015) testou o desempenho zootécnico da *O. niloticus*, cultivadas sob diferentes densidades em sistema de bioflocos, e concluiu que a densidade de estocagem de 45 peixes/m<sup>3</sup> apresentou uma maior resposta, atingindo uma produtividade de 16,57 Kg.m<sup>3</sup>, sobrevivência de 91% e obteve peixes com pesos maiores que 400 gramas em 128 dias de cultivo.

## SISTEMAS DE CULTIVO UTILIZADOS

A *O. niloticus*, por ser uma espécie de peixe bastante cultivada, está presente em praticamente todos os tipos de sistemas de cultivo, do extensivo ao intensivo. Em pisciculturas menores ou de origem familiar, o tipo de sistema mais comum é o extensivo, sendo a tilápia uma das espécies mais presentes neste tipo de sistema. A aplicação de uma aquicultura automatizada nesse caso se torna importante, por reduzir os gastos com o manejo e mão de obra. Redução de custos em pisciculturas extensivas é algo interessante pelo fato desse sistema já apresentar um custo relativamente baixo de implantação e manutenção. Isso possibilita o

aumento do estímulo à produção de peixes, contribuindo com a produção de alimentos, promovendo segurança alimentar e nutricional, além de incremento na geração de renda para pequenos produtores (PESTANA et al., 2007).

Outro sistema bastante utilizado é o de tanques-redes, que é a forma de criação intensiva mais praticada atualmente, por ser de fácil manejo e apresentar um retorno de capital relativamente rápido, pelo o sistema oferecer uma alta produtividade (SCHMITTOU, 1993). Para a implantação desse sistema são utilizados principalmente reservatórios de água já existentes, cuja finalidade principal seja para abastecimento humano ou agrícola ou para geração de energia. O uso do cultivo nesses reservatórios evita a necessidade de obtenção de grandes quantidades de terras para iniciar uma produção. Por depender de águas de barragens ou rios e ter a capacidade de suportar grandes densidades, o cultivo por tanques-redes está sujeito a alterações constantes na qualidade de água, tornando a aplicação da aquicultura 4.0 bastante interessante nesse tipo de sistema.

Existe ainda o sistema de cultivo intensivo de bioflocos, que é um sistema com mínima troca de água e composto por uma grande variedade de microrganismos, como bactérias, fitoplâncton, zooplâncton, entre outros (AVNIMELECH, 2012). Esse floco nutritivo presente no sistema pode proporcionar um melhor desempenho zootécnico para os animais. Por possuírem também hábitos alimentares detritívoro e filtrador, as tilápias são uma opção interessante para o cultivo em bioflocos (AZIM; LITTLE, 2008) e existem estudos que mostram a viabilidade da produção do peixe neste tipo de sistema (AVNIMELECH, 2007; AZIM; LITTLE, 2008; CRAB et al., 2009; WIDANARNI et al., 2012).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A aquicultura é um setor produtivo cujo crescimento é puxado pela ascensão permanente da demanda pela produção de alimentos a nível mundial. Nesse contexto, a piscicultura de *Oreochromis* spp. se sobressai como um importante setor de produção, especialmente pela característica desse peixe em resistir bem às variações dos parâmetros de cultivo. Para que o cultivo da tilápia acompanhe a demanda crescente de forma viável é necessário a melhoria contínua das técnicas de manejo, bem como o aperfeiçoamento científico das operações envolvidas no setor. O uso de novas tecnologias, como a aquicultura 4.0 aplicada aos sistemas de cultivos, permite um maior monitoramento e controle dos parâmetros do cultivo, além de reduzir custos operacionais da atividade, tornando a produção mais atrativa a investimento e com isso contribuindo para um aumento da segurança alimentar de forma viável.



## REFERÊNCIAS

- AVNIMELECH, Y. Biofloc Technology - A Practical Guide Book, 2d Edition. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States, 2012. 271p.
- AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bioflocs technology ponds. *Aquaculture*, 2007. v. 264, p.140–147.
- AZIM, M. E.; VERDEGEM, M. C. J.; MANTINGH, I.; VAN DAM, A. A.; BEVERIDGE, M. C. M. Ingestion and utilization of periphyton grown on artificial substrates by Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. *Aquaculture Research*, 2003. v. 34, p. 85–92.
- AZIM, M.; LITTLE, D. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 2008. v. 283, p. 29-35.
- BARBOSA, E. B.; SOUSA NETO, R. F. Piscicultura no distrito agropecuário da Suframa: produção do peixe tambaqui no município de Rio Preto da Eva - AM. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, n. 194, 2014. Disponível em: <<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/14/piscicultura-suframa.html>>. Acesso em 18 janeiro de 2022.
- BOSCOLO, W. R.; SIGNOR, A. A.; COLDEBELLA, A.; BUENO, G. W.; FEIDEN, A. Rações Orgânicas Suplementadas Com Farinha De Resíduos De Peixe Para Juvenis Da Tilápia Do Nilo (*Oreochromis Niloticus*). *Revista Ciência Agronômica*, 2010. v. 41, n. 4.
- BROL, J.; PINHO, S. M.; SGNAULIN, T.; PEREIRA, K.R.; THOMAS, M. C.; DE MELLO, G. L.; MIRANDA-BAEZA, A.; EMERENCIANO, M. G. C. Tecnologia de bioflocos (BFT) no desempenho zootécnico de tilápias: efeito da linhagem e densidades de estocagem. *Archivos de zootecnia*, 2017. v. 66, n. 254, p. 229-235.
- CAMPECH, D. F.; BALZANA, L.; FIGUEIREDO, R. C.; BARBALHO, M. R.; REIS, F. J.; MELO, J. F. Peixes Nativos do Rio São Francisco Adaptados para Cultivo. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011.
- CHAKRABORTY, S. B.; MAZUMDAR, D.; CHATTERJI, U.; BANERJEE, S. Growth of mixed-sex and mono-sex Nile Tilapia in different culture systems. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 2011. v. 11, p. 131-138.
- CRAB, R.; KOCHVA, M.; VERSTRAETE, W.; AVNIMELECH, Y. Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. *Aquacultural Engineering*, 2009. v. 40, n. 3, p. 105-112.
- CRUZ, D. Aquicultura 4.0: benefícios na produção aquícola. blognuter, 2021. Disponível em: < <https://blog.nuter.com.br/aquicultura-4-0-beneficios-da-automacao-na-producao-aquicola/> > Acesso em: 22 abril de 2022.
- DAGNE, A.; DEGEFU, F.; LAKEW, A. Comparative growth performance of mono-sex and mixed-sex Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) in pond culture system at Sebeta, Ethiopia. *International Journal of Aquaculture*, 2013. v. 3, p. 30-34.

DE CLERCQ, M.; VATS, A.; BIEL, A. Agriculture 4.0: The future of farming technology. Proceedings of the World Government Summit, Dubai, UAE, 2018, p.11-13.

DEMPSTER, P.; BAIRD, D. J.; BEVERIDGE, M. C. M. Can fish survive by filter feeding on microparticles? Energy balance in tilapia grazing on algal suspension. *Journal of Fish Biology*, 1995. v. 47, p. 7–17.

DUPONT, C.; COUSIN, P.; DUPONT, S. IoT for aquaculture 4.0 smart and easy-to-deploy real-time water monitoring with IoT. In: 2018 Global Internet of Things Summit (GIoTS). IEEE, 2018 p. 1-5.

EL-SAYED, E.M. Tilapia culture. CABI publishing. Cambridge. Massachusetts, USA, 2006 275p.

EUROPEAN UNION. Digital Transformation Monitor – Industry 4.0 in Agriculture: Focus on IoT aspects. European Commission, 2017.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. Rome: FAO, 2016. 200 p. Disponível em < <http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>> Acesso em 21 de abril de 2022.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020 - Meeting the sustainable development goals. Roma, 2020.

FRASCA-SCORVO, C. M.; LOSEKANN, M. E.; QUEIROZ, J. F.; FILHO, J. D.; TURCO, P. H. Avaliação da frequência alimentar no desempenho de tilápia em uma represa rural. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 2018. p. 1-17.

GIUSTINA, E. G.; ROCHA, E. D.; ARAGÃO, M. L.; BELTRAME, E. Aspectos técnicos do cultivo de camarões marinhos (*Litopenaeus vannamei*) na carcinicultura COMPESCAL. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

HENGSAWAT, K.; WARD, F.J.; JARURATJAMORN, P. The effect of stocking density on yield, growth and mortality of African catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell 1822) cultured in cages. *Aquaculture*, 1997. v. 152, p. 67-76.

IBGE. Produção da Pecuária Municipal. 2019

IBGE. Produção da Pecuária Municipal. Brasil: IBGE, 2013. Disponível em: <[http://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Pecuaria/Producao\\_da\\_Pecuaria\\_Municipal/2013/ppm2013.pdf](http://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2013/ppm2013.pdf)>. Acesso 25 janeiro de 2022.

KUBITZA, F. Aquicultura no Brasil: principais espécies, áreas de cultivo, rações, fatores limitantes e desafios. *Panorâma da Aquicultura*, Rio de Janeiro, 2015. v. 25, n. 150, p. 10 – 23.

LIMA, E. C. R. D.; SOUZA, R. L. D.; WAMBACH, X. F.; SILVA, U. L.; CORREIA, E. D. S. Cultivo da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* em sistema de bioflocos com diferentes densidades de estocagem. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 2015. v. 16, p. 948-957.

LITI, D.; CHEROP, L.; MUNGUTI, J.; CHHORN, L. Growth and economic performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on two formulated diets and two locally available feeds in fertilized ponds. *Aquaculture Research*, 2005. v. 36, n.8, p. 746-752.

LUCHINI, L. Tilápia: su cultivo y sistemas de producción. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, Panorama Acuícola, Argentina, 2006. 14p.

LYRA, A. Aquicultura 4.0: Tecnologia pode ajudar no aumento de consumo. *Seafood Brasil*, 2019. Disponível em: <<https://www.seafoodbrasil.com.br/aquicultura-40-tecnologia-pode-ajudar-no-aumento-de-consumo>>. Acesso em: 14 janeiro de 2022.

MAA/DPA (Ministério da Agricultura e Abastecimento/Departamento de Pesca e Aquicultura) Programa nacional de apoio à competitividade e à sustentabilidade da cadeia da tilápia. Brasília: MAPA, 2000. 35 p.

MINUCCI, L. V.; PINESE, J. F.; ESPÍNDOLA, E. L. G. Análise limnológica de Sistema semi-intensivo de criação de *Leporinus macrocephalus* (Pisces, Anostomidade). *Bioscience Journal*, 2005. v. 21, n. 1, p. 123-131.

NUTER. Aquicultura 4.0: Benefícios da automação na produção agrícola. Bom Retiro: Nuter, 2020. Disponível em: <<https://nuter.com.br/aquicultura-4-0-beneficios-da-automacao-na-producao-aquicola/>>. Acesso em: 14 janeiro de 2022.

OLIVEIRA, E. G.; SANTOS, F. J.; PEREIRA, A. M.; LIMA, C. B. Produção de tilápia: Mercado, espécie, biologia e recria. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Embrapa, 2007.

PEIXE BR. Anuário Peixe BR da Piscicultura. 2020.

PEREIRA, L. Edible Seaweeds of the World; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2016.

PESTANA, D.; PIE, M.R.; PILCHOWSKI, R.W. Organização e administração do setor para o desenvolvimento da aquicultura. In: Ostrensky, A., Borghetti, J. R. & Soto, D. (Eds.). Estudo setorial para consolidação de uma aquicultura sustentável no Brasil. Curitiba: Grupo Integrado de Aquicultura e Estudos Ambientais, 2007.

SANSUY. Aquicultura 4.0: O que é e como se adapta às transformações. Embu: Sansuy, 2020. Disponível em: <<https://blog.sansuy.com.br/aquicultura-4-0/>>. Acesso em: 18 janeiro de 2022.

SCHMITTOU, H.R. High density fish culture in low volume cages. Singapore: American Soybean Association, 1993. 78p.

SEBRAE. Aquicultura no Brasil - Série de estudos mercadológicos. Brasília/DF, Brasil: Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2015.

SEBRAE. Criação de Tilápia em Tanques Escavados. Brasil, RN, Natal, 2014.

SIMBINE, R. L. Desempenho do Peixe Tilápia *Oreochromis mossambicus* Submetido a Dieta Experimental Cultivada em Tanques de PVC no laboratório de Aquicultura da Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras. Universidade Eduardo Mondlane, Escola Superior De Ciências Marinhas e Costeiras. Quelimane: UEM-ESCMC, 2013.

TSADIK, G.G.; BART, A.N. Effects of feeding, stocking density and water-flow rate on fecundity, spawning frequency and egg quality of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Aquaculture, 2007. v. 272, p. 380-388.

VUMELA, A. L. Efeito da retirada da proteína de origem animal na ração sobre o desempenho produtivo de juvenis da Tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) na Empresa Xibaha Ld.a, Vilankulo. Culminação de Curso de Licenciatura em Produção Animal, Escola Superior de Desenvolvimento Rural, Departamento de Produção Agrária, Vilankulo, 2016.

WIDANARNI; EKASARI, J.; MARYAM, S. Evaluation of biofloc technology application on water quality and production performance of red tilapia *Oreochromis* sp. cultured at different stocking densities. HAYATI Journal of Biosciences, 2012. v. 19, n. 2, p. 73-80.

ZILLI, R. L. Influência da própolis no crescimento e na microbiologia intestinal de alevinos e juvenis de tilápia. 2016. 82 p. Dissertação (Mestre em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável) - Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2016.



# CAPÍTULO 11

## CARACTERÍSTICAS E ATRIBUTOS DO SURURU COMERCIALIZADO NO BRASIL

Ângelo Raphael Alexandre da Silva  
Atilio Vinícius Alexandre da Silva  
Elizabeth Pereira dos Santos  
Filipe José da Silva  
Guilherme Melgaço Heluy  
July Emanuele da Silva Souza  
Karoline Rachel Teodosio de Melo  
Rudã Fernandes Brandão

### RESUMO

O consumo de moluscos bivalves marinhos, cru ou cozidos é uma prática ancestral, comum e crescente em todas as regiões litorâneas brasileiras. Os sururus se destacam nesse grupo por serem uma boa fonte de nutrientes, sobretudo uma ótima fonte de proteína de alto valor biológico. Além disso, esses organismos são considerados como escavadores adaptados a fundos macios, como a lama e a areia, onde realizam filtração, podendo bioacumular poluentes químicos e biológicos, de toxinas até microrganismos. Finalmente, os sururus também são importantes fontes de alimentação e sustento direto e indireto para muitas famílias. Porém, os resíduos provenientes do processamento do sururu apresentam problemas ecológicos devido ao descarte inadequado, sendo este resíduo ricos em carbonato de cálcio, que possui larga aplicabilidade em diversas áreas industriais, assim como aplicação agrícola. Portanto, o comércio e consumo dos sururus está relacionado intrinsecamente a fatores nutricionais, microbiológicos e socioeconômicos e ambientais. Contudo, aspectos relacionados à segurança alimentar desse molusco precisam ser mais esclarecidos, visto que diferentes fontes indicam a comercialização desses animais sem as devidas condições sanitárias adequadas. A partir do exposto, este capítulo busca introduzir brevemente alguns pontos importantes em relação do consumo do sururu em um panorama nacional, com descrição da espécie, cultivo, comércio, aspecto nutricional, gargalos sanitários, bem como a legislação vigente para tal, assim como alternativas para o aproveitamento integral do animal.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sururu, extrativismo, *Mytella*, processamento, microbiologia, conservação.

### INTRODUÇÃO

Sururu é um nome popular relacionado a diferentes espécies do gênero *Mytella*, com destaque para as espécies *Mytella strigata* (também conhecido como *Mytella Falcata* e *Mytella charruana*) e *Mytella guyanensis* (também conhecido como *Mytella bicolor*) (JÚNIOR et al., 2016). Esse grupo de animais são classificados como moluscos (Filo Mollusca) bivalves (Classe Bivalvia). A *M. strigata* se apresenta em uma concha em forma de cunha lisa de cor preta azulada brilhante e que pode atingir 50 mm de comprimento, já a *M. guyanensis* apresenta uma

concha que pode atingir até 80 mm de comprimento (PALMEIRA et al., 2016). Além de sururu, esses animais também podem ser conhecidos popularmente como: “bacucu”, “sutinga”, “sururu do mangue”, “mexilhão do estuário”, “bico de ouro”, “sururu de Alagoas” e “marisco do lodo” (BELTRÃO; BARATIERI; DIEHL, 2022).

Os sururus são organismos escavadores de fundo macio, adaptados à escavação na lama e na areia. Também, são organismos filtradores, capazes de bioacumular poluentes químicos e biológicos, além de toxinas e microrganismos, filtrando de 19 a 50 litros de água/hora, com baixa ou nenhuma seletividade (SANDE et al., 2010; FREITAS et al., 2015). Costumam viver em ambientes rasos das lagoas, dentro da lama, em colônias numerosas, e se desenvolvem de acordo com o teor de salinidade da água, variando entre 5 e 15% (MOUCHREK, et al., 2003). Dessa forma, observa-se que esse organismo tem um papel fundamental no ciclo de matéria orgânica como purificador no ecossistema aquático. Como consequência, sua microbiota está diretamente ligada à condição do ambiente no qual está inserido, resultando em uma associação do seu consumo com doenças infecciosas de origem alimentar.

Com base nisso, a segurança alimentar para o consumo desses animais é determinante do ponto de vista nutricional, microbiológico e econômico. Segundo a FAO (2021), o consumo de moluscos e o seu valor de mercado vem aumentando exponencialmente e esse mercado também teve impacto no Brasil. Particularmente, o sururu, que é patrimônio imaterial do estado de Alagoas, é fonte de renda de famílias ribeirinhas e impacta a cadeia produtiva de frutos do mar em todo nordeste (ALAGOAS, 2014). O consumo seguro desse molusco, também traz benefícios nutricionais os quais serão abordados a seguir.

## ASPECTOS NUTRICIONAIS DO SURURU

O consumo de moluscos bivalves marinhos, cru ou cozidos é uma prática ancestral e crescente em todas as regiões litorâneas brasileiras, devido aos recursos naturais do meio ambiente aquático (PEREIRA et al, 2006).

O sururu se caracteriza por ser uma boa fonte de nutrientes. O sururu *in natura* é rico em proteínas ( $17,26 \pm 1,76$ ); ácidos graxos poliinsaturados, como o ácido linoleico ( $4,47 \pm 2,86$ ); ácido linolênico ( $2,2 \pm 0,71$ ); ácido araquidônico ( $4,42 \pm 1,18$ ); ácido Eicosapentaenóico (EPA) ( $8,67 \pm 2,47$ ); Ácido Docosahexaenóico (DHA) ( $10,60 \pm 4,63$ ); vitamina A ( $8,17 \mu\text{g}/\text{kg}$ ); ferro ( $22,36 \text{ mg}/\text{kg}$ ) e zinco ( $1,89 \text{ mg}/\text{kg}$ ) (LIRA et al., 2004; SANTOS et al., 2014). Esses nutrientes desempenham importantes funções no cérebro e na retina de seres humanos e no sistema nervoso e imune de diversos animais (MARTIN, et al 2006).

O sururu também se destaca pelo rendimento de carne. Segundo Júnior et al. (2016), o rendimento médio de carne *in natura* de *Mytella charruana* é de 50,3%, enquanto o rendimento de *Mytella bicolor* é de 33,2%, valores próximos aos relatados por estudos anteriores, sendo considerado um rendimento de carne satisfatório, até mesmo quando comparado ao rendimento de outras espécies de bivalves (ARRIECHE et al., 2002). Esses autores concluem que para cada kg de carne, seria necessário coletar em torno de 2 kg de indivíduos inteiros (carne e concha) de *M. charruana* e 3 kg de *M. bicolor*.

## **COMÉRCIO DO SURURU NO BRASIL**

Os sururus comercializados no Brasil podem ser de origem aquícola ou extrativista. Segundo dados do IBGE publicados em 2020, a produção brasileira de mexilhões, ostras e vieiras foi de 14.297,623 toneladas, com mais de 90% oriunda da região sul, mais especificamente dos estados de Santa Catarina e Paraná. Fora dessa região, os estados com mais destaque foram o Pará, Alagoas, Rio de Janeiro, São Paulo e Bahia. Porém, o valor do cultivo dessas espécies representa somente 1,31% do percentual total geral da aquicultura em 2020, demonstrando que essa atividade ainda é pouco explorada e que, provavelmente, possui potencial e obstáculos que devem ser avaliados (IBGE, 2020).

Por outro lado, o comércio de sururus também pode ser realizado através do extrativismo, sendo os estuários os locais onde os sururus normalmente são coletados. Esses ambientes se caracterizam por serem um dos mais produtivos e complexos ecossistemas costeiros mundiais, importantes para o ciclo de vida de diversos organismos de interesse comercial, incluindo os bivalves. Entretanto, estão muito propícios à ação antrópica e seus respectivos impactos, principalmente devido à sobre-exploração do ambiente por diferentes empreendimentos e devido ao elevado despejo de efluentes, afetando a disponibilidade de água doce e alimentos, juntamente com a facilidade de transporte (ALVES et al., 2009; GIANESELLA e SALDANHA-CORRÊA, 2010; PALMEIRA et al., 2016). Além disso, outras ações antropogênicas que afetam os estuários são a pesca artesanal, pesca predatória, introdução de espécies invasoras e poluição causada por esgotos domésticos e oriundas do extrativismo de produtos florestais (PALMEIRA et al., 2016).

## **IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DO SURURU ORIUNDO DO EXTRATIVISMO**

Os recursos naturais representam importantes fontes de alimentação e sustento direto e indireto para muitas famílias, sendo a sua extração uma atividade rotineira importante para as

populações ribeirinhas e tradicionais (FARIAS, 2010). Populações tradicionais são grupos culturalmente diferenciados. Detém formas particulares de organização social, envolvem e usam territórios e recursos para economia, cultura, estrutura social, religião e ancestralidade, usando conhecimentos, inovações e práticas gerados e compartilhados pela tradição (BRASIL, 2007). Tais populações realizam a pesca artesanal, na qual se inclui a pesca propriamente dita (captura de peixes, camarão e lagosta) e a mariscagem, que é a captura manual de moluscos bivalves e alguns crustáceos (SOUTO, 2004).

Principalmente no nordeste brasileiro, a comercialização desses bivalves é realizada sobretudo a partir do extrativismo, geralmente estendendo-se por todo o ano, o que resulta em uma diminuição das populações ao longo dos anos (NISHIDA, 2008). O sururu por sua vez possui importância econômica devido à famílias ribeirinhas que o utilizam para a própria subsistência, assim como também para a comercialização do produto, além disso apresenta um alto valor nutricional. A coleta de moluscos também complementa a renda de atividades assalariadas (NISHIDA, 2008).

O volume de produção desses organismos não é expressivo, mas sua importância socioeconômica é grande, pois a atividade é realizada por grupos socioeconomicamente desfavorecidos e pouco reconhecidos (NISHIDA; NORDI; ALVES, 2008). Em Maceió, um relatório divulgado em abril de 2009 sobre as condições de vida dos habitantes da orla lagunar, demonstrou que 2466 pessoas distribuídas em 635 domicílios e 1531 famílias tinham como principal fonte de renda a pesca artesanal e a venda de marisco, conhecido popularmente como sururu.

A coleta é de cunho artesanal e familiar, a qual exige muito do catador, que realiza as atividades de captura, limpeza, cozimento e desconchamento, se caracterizando por uma jornada adicional que será somada ao tempo que ele investiu pescando. Vale ressaltar que o processamento é comumente realizado sem equipamentos de proteção individual (EPI), aumentando o esforço físico e probabilidades de acontecerem acidentes (TAMANO et al., 2015).

Em um diagnóstico ecológico, social e econômico levantado por Araújo et al. (2009), sobre a atividade de coleta de *Mytella charruana* em um povoado no estado de Sergipe, os autores observaram que 86% dos animais capturados foram comercializados após beneficiamento; a exploração desse recurso não é feita de forma sustentável, sem tamanho médio de captura, esforço de pesca e período de pesca definidos por lei; essa prática é realizada



majoritariamente por homens e mulheres na faixa dos 38/39 anos e que a captura média diária por pescador é em torno de  $4,4 \pm 3,3$  kg de *M. charruana*, para obter uma renda média bruta de R\$ 235,00.

## RESÍDUOS DA COMERCIALIZAÇÃO DO SURURU

Os resíduos provenientes da pesca representam uma dificuldade ecossistêmica. É recorrente os problemas ecológicos devido ao volume de produção e manejo dos substratos. Nesse contexto, é possível a utilização de tais resíduos em atividades agrícolas, com reais perspectivas de reciclagem e reutilização dos subprodutos caso possuam características corretivas (carbonatos, óxidos, hidróxidos ou silicatos de cálcio e de magnésio como constituinte neutralizante ou princípio ativo) e/ou não contaminantes (KWON, et al. 2004; ROCHA, et al., 2004; NASCIMENTO et al. 2014; SANTOS et al., 2017; SOLOS, 2006;).

A utilização de resíduo na agricultura vem se tornando uma alternativa atraente devido aos elevados custos de aquisição dos adubos químicos sintéticos, pelos impactos ambientais causados durante seu processo produtivo. Vantagens agrônômicas e econômicas da aplicação de resíduos no campo, somando-se as questões relacionadas à sustentabilidade ambiental, reciclagem e preservação das jazidas que fornecem os minérios utilizados na fabricação dos adubos químicos sintéticos (NASCIMENTO, 2014).

As conchas do Sururu correspondem a aproximadamente 75% do peso do marisco e a matéria orgânica que é utilizada na culinária, corresponde a apenas 25%. As conchas acabam sendo descartada na maioria das vezes de forma inadequada, ocasionando diversos problemas, tais como: mau cheiro, poluição visual, proliferação de doenças, soterramento do mangue e ainda podendo ocasionar ferimentos quando em contato com a pele (SOUZA et al., 2015).

Segundo Dallarosa (2011), as conchas de moluscos são ricas em um composto chamado carbonato de cálcio e o mesmo possui larga aplicabilidade em diversas áreas industriais, tais como: cimento, papel, materiais refratários, plásticos, borracha, tintas, adesivos, inseticidas, pesticidas, produtos alimentícios e farmacêuticos, catalisadores, absorventes, clarificantes, fertilizantes, gesso, auxiliares de filtração, cosméticos, produtos químicos, detergentes e abrasivos, além de cargas de enchimento para diversas finalidades.

As conchas dos sururus são compostas por carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), que é bastante utilizado por diversos segmentos, como na engenharia civil (FECCI, 2021), além de possuir também em sua composição química entre outros organominerais os principais são: Óxido de Alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Óxido de Magnésio ( $\text{MgO}$ ) e Óxido de Cálcio ( $\text{CaO}$ ). O óxido de cálcio

tem papel fundamental acelerando o processo de decomposição de material orgânico. E também regula o pH do solo com muita facilidade (SANTOS et al., 2017). Como a matéria orgânica atua nas reações químicas que vão acontecer no solo, como fornecer nutrientes para as plantas (CEZAR., 2005).

Por conta do descarte em locais incorretos, a casca do sururu vem representando um problema ambiental, conseqüentemente causando um desperdício de matéria prima. Por meio das análises, foi verificado que a casca de sururu contém uma quantidade de 74% de cálcio e 11% de magnésio em sua constituição. Assim, possui um elevado potencial de uso como fonte alternativa de cálcio e magnésio para as plantas e como corretivo da acidez em solos agrícolas (MEDINA., 2022).

O pH solo foi elevado com a adição do pó de casca de sururu, podendo ser indicado para a correção do pH dos solos agrícolas. O uso do pó da casca de sururu propicia a melhoria nas características de crescimento das plantas de rabanete avaliadas. A dose de 10 t ha<sup>-1</sup> de casca de sururu proporciona melhor desempenho das características agrônômicas das plantas de rabanete. O pó da casca de sururu elevou a produtividade das plantas de rabanete, podendo ser indicado para áreas de produção agroecológica de rabanete, como fonte de cálcio e magnésio (MARTINS, 2018).

Segundo Tamano et al. (2020), resíduos do processamento de sururu podem ser utilizados na fabricação de farinha de resíduo de sururu, na qual contém 6,45% de proteína, 0,77% de gordura; 37,00% de cálcio e 0,03% de fósforo. Os autores destacam que essa farinha possui potencial para uso como ingrediente mineral em dietas para animais de produção, devido a elevada quantidade de cálcio, próxima ao do calcário; além do fácil manuseio, processamento, transporte e armazenamento desse material, reduzindo assim, problemas ambientais, através de uma maneira economicamente viável.

## **CARACTERIZAÇÃO SANITÁRIA DO SURURU COMERCIALIZADO**

Na legislação brasileira, a Instrução Normativa Interministerial Nº 7, de 8 de maio de 2012, instituiu o Programa Nacional de Controle Higiênico-Sanitário de Moluscos Bivalves, estabelecendo diversos procedimentos para a sua execução, com objetivo de manter a qualidade dos moluscos bivalves destinados ao consumo humano, bem como monitorar e fiscalizar o atendimento destes requisitos (BRASIL, 2012). Porém, na prática, diferentes questões e adversidades interferem no cumprimento desta normativa.

A comercialização do sururu (*Mytella* sp.) varia de acordo com a região. No Pará, por exemplo, há o comércio do chamado “sururu sujo”, ou seja, na sua forma in natura; o “sururu limpo”, ou seja, o mesmo após um básico processo de beneficiamento, no qual são retirados sujeiras e resíduos de concha, reduzindo em até 50% o volume total; e o “sururu descascado”, ou seja, o sururu após cozimento em salmoura e retirada de sua concha calcária (FREIRE; SILVA; SOUZA, 2011).

A atividade pode apresentar problemas sanitários, pois é um meio propício para a transmissão de doenças por esses alimentos, em alguns casos podendo ser consideradas como Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA). Por se tratar de um alimento de origem animal é considerado de alto risco epidemiológico para contaminação alimentar, devido às características intrínsecas, tais como: composição química, elevada umidade e atividade de água ( $A_w$ ) e pH próximo à neutralidade, sendo excelente meio de cultivo que favorece o desenvolvimento de microrganismos (SILVA JUNIOR, 1995).

Por características extrínsecas vulneráveis à contaminação e multiplicação de microrganismos patogênicos, pode-se elencar: higiene inadequada ou insatisfatória no ambiente, nos equipamentos e utensílios durante a manipulação favorece a contaminação e multiplicação de microrganismos patogênicos. A contaminação por alimentos é uma preocupação mundial, sendo imperceptível a olho nu, pois não apresentam alterações em cheiro, sabor ou aspecto no alimento (MORAES, 2016). Uma grande parte responsável pela comercialização do sururu são as feiras livres, mas mesmo havendo legislação vigente para o setor, é comum observar que condições inadequadas de conservação e manipulação dos produtos (BARBOSA, 2013).

Um trabalho realizado na comunidade de pescadores Ilha de Deus Recife, com o foco na avaliação dos aspectos sanitários no processamento do sururu e marisco, referiu a falta de conhecimento sobre questões de higiene ambiental e pessoal, da higienização dos utensílios e equipamentos por parte dos manipuladores durante o processamento artesanal da carne de sururu e marisco, comprometendo a obtenção de alimento seguro (BERNARDO; MACIEL; SILVA, 2014).

Em um estudo realizado com sururus coletados em manguezais maranhenses e comercializados in natura desconchado em feiras de São Luís (MA), Gomes et al. (2021) observaram a presença de bactérias do gênero *Staphylococcus* e bactérias aeróbias mesófilas em quantidades significativamente elevadas em todas as feiras e em todas as épocas avaliadas,

demonstrando a carência de condições básicas de organização e higiene para o comércio desses bivalves.

O manuseio dos sururus coletados também é um ponto importante com relação aos cuidados sanitários. De acordo com Freitas et al. (2015), a maior fonte de contaminação no processamento de sururus em comunidades quilombolas no estados da Bahia, foi originado das mãos das marisqueiras, na qual 100% das amostras apresentavam níveis elevados de *Staphylococcus aureus*. Além disso, 100% das amostras de utensílios estavam contaminadas por *S. aureus* e 11,11% com *Escherichia coli*. Esses dados indicam a necessidade de maiores esclarecimentos e informações sobre práticas higiênicas adequadas para esse tipo de atividade.

Além da infecção por microorganismos, também há preocupação a respeito da contaminação de metais pesados que são perigosos ao serem ingeridos pois nem sempre apresentam reações aparentes e rápidas (HOMMA et al., 1975).

É comum que os catadores possuam uma condição de vida precária, principalmente os que dependem apenas do sururu, esses trabalhadores são grupos que são de grupos com baixo poder aquisitivo e são pouco reconhecidos. Assim, ações direcionadas para minimizar as externalidades negativas dessa atividade são urgentes e vão ao encontro da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) principalmente com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) 02, 08, 09 e 12, respectivamente: acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos; construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação; e assegurar padrões de produção e consumo sustentáveis (ONU, 2030).

Torna-se necessário uma maior atenção e uma urgente abordagem de sensibilização para adoção de práticas adequadas de manipulação e conservação no processamento de alimentos para que os mesmos não sejam comercializados em más condições e sem o comprometimento de sua vida útil. Visto que é um caso de saúde pública da população consumidora, uma maior e constante fiscalização também precisa ser posta em prática.

## REFERÊNCIAS

ALAGOAS. Secretaria de Estado da Cultura. **SURURU: Patrimônio imaterial do Estado de Alagoas**. Maceió:12/12/2014. Disponível em: < <http://www.cultura.al.gov.br/sala-de->



imprensa/noticias/2014/12/aprovado-por-unanimidade-sururu-tornou-se-patrimonio-imaterial-de-alagoas>. Acesso em: 03/05/2022

ALVES, C. L.; CARVALHO, F. D. L.; GUERRA, C. G.; ARAÚJO, W. M. Comercialização de pescado no Distrito Federal: avaliação das condições. **Hig. aliment**, p. 41–49, 2002.

ARAÚJO, A. R.; SILVA, F. D.; LOPES, D. F. C. Gestão da pesca de *Mytella charruana* (D'ORBIGNY, 1846) no litoral do estado de Sergipe: indicadores de sustentabilidade. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 4, n. 2, p. 56–72, 2009.

ARRIECHE, D.; LICET, B.; GARCÍA, N.; LODEIROS, C.; PRIETO, A. Índice de condición, gonádico y de rendimiento del mejillón marrón *Perna perna* (bivalvia: mytilidae), del morro de Guarapo, Venezuela. **Interciencia**, v. 27, n. 11, p. 613–619, 2002.

BARBOSA, L.J. **Qualidade microbiológica de camarões resfriados e comercializados em feiras-livres do município de São Paulo/SP**. 2013. iv, 86 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/94608>>. Acesso em: 02/05/2022

BELTRÃO, M. C.; BARATIERI, L. Z.; DIEHL, F. L. *Mytella strigata* and *Mytella guyanensis* as an object of study: scientific and popular nomenclature review, morphological aspects and occurrence in Babitonga Bay-SC/ *Mytella strigata* e *Mytella guyanensis* como objeto de estudo: revisão da nomenclatura científica e popular, aspectos morfológicos e ocorrência na Baía da Babitonga-SC. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 2, p. 13256–13277, 2022.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura**, 2012.

CÉZAR, V. R. S. **Efeito da compostagem sobre a solubilização e a eficiência agronômica de diferentes fontes de fósforo**. 2005. x, 66 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2005. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/101717>>. Acesso em: 03/05/2022

DALLAROSA, A. Z. **Proposta de melhoria no processo industrial do carbonato de cálcio apoiada em modelo de referência do desenvolvimento de produto e processo**. [s.l.] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 11 jul. 2011. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3727>. Acesso em: 03/05/2022.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020**. Roma, Italia 2021. Disponível em: <<https://www.fao.org/3/ca9229en/online/ca9229en.html>>. Acesso em: 03/05/2022

FARIAS, M. F.; ROCHA-BARREIRA, C. A.; CARVALHO, F. C. T.; SILVA, C. M.; COSTA, R. A.; VIEIRA, R. H. S. F. Condições microbiológicas de *Tagelus plebeius* (LIGHTFOOT, 1786) (Mollusca: Bivalvia: Solecurtidae) e da água no estuário do Rio Ceará, em Fortaleza - CE. **Boletim do Instituto de Pesca São Paulo**, v. 36, n. 2, p. 135–142, 2018.

FECCI, G. Por que usar a CAL em argamassas de revestimento?. [fecciengenharia.com](http://fecciengenharia.com). In: Fecci Engenharia. Paraná, 19 de jul. de 2018. Disponível em: <https://www.fecciengenharia.com/single-post/2018/07/19/quais-os-benef%C3%ADcios-da-cal>. Acesso em: 22/04/2022.

FRANCO, B., D. G. M.; LANDGRAF, M. Microbiologia dos alimentos. In: **Microbiologia dos alimentos**. 2003. p. 182-182.

FREIRE, J. L.; SILVA, B. B.; SOUZA, A. S. Aspectos Econômicos e Higiênico-Sanitários da Comercialização do Pescado no Município de Bragança (PA). **Biota Amazônia**, v. 1, n. 2, p. 17-28, 2011.

FREITAS, F.; SANTOS, M. L.; NEIVA, G. S.; SILVA, I. D. M. M.; AMOR, A. L. M. Qualidade sanitária de sururu (*Mytella guyanensis*) beneficiado por comunidade quilombola. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 33, n. 2, 2015.

GOMES, K. S.; SALDANHA, G. K. M. S.; SILVA, R. M. L.; LIMA, R. P.; SOARES, A. C. B.; SOARES, V. S. Microbiological quality of sururu meat (*Mytella falcata*) commercialized in the city of São Luís-MA / Qualidade microbiológica da carne de sururu (*Mytella falcata*) comercializada na cidade de São Luís-MA. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 9041-9049, 2021.

HOMMA, A.; SCHATZMAYR, H. G.; FRIAS, A. M.; MESQUITA, J. A. Viral pollution evaluation of the Guanabara Bay. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de Sao Paulo**, v. 17, n. 3, p. 140-145, 1975.

IBGE (Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística). **Pesquisa da pecuária municipal-tabela 3940 produções da aquicultura, por tipo de produto-SIDRA**, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/3940#resultado>> Acesso em: 22/04/2022

JÚNIOR, J. J. C.; FREIRE, K. M. F.; ROSA, L. C.; SANTOS, A. C. G.; SILVA L. A.; SANTIAGO, B. S.; SANTOS, B. V.; SILVA, I. S.; BISPO, J. V.; ROCHA, L. S.; FREIRE, M. C. S.; SANTOS, R. T. V. S.; LIMA, R. C. D.; SANTOS, S. L. Análise morfométrica e de rendimento em carne de Mytelidae capturado no estado de Sergipe. **Scientia plena**, v. 12, n. 12, 2016.

KWON, H. B.; LEE, C. W.; JUN, B. S.; WEON, S. Y.; KOOPMAN, B. Recycling waste oyster shells for eutrophication control. **Resources, conservation, and recycling**, v. 41, n. 1, p. 75-82, 2004.

LIRA, G. M.; MANCINI FILHO, J.; SANT'ANA, L. S.; TORRES, R. P.; OLIVEIRA, A. C. D.; OMENA, C. M. B. D.; SILVA NETA, M. D. L. D. Perfil de ácidos graxos, composição centesimal e valor calórico de moluscos crus e cozidos com leite de coco da cidade de Maceió-AL. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 40, n. 4, p. 529-537, 2004.

MARTINS, D. D. **Casca de sururu como alternativa de correção do pH no solo e fonte de cálcio e magnésio na cultura do rabanete agroecológico**. Dissertação de Mestrado. Unidade Educacional de Arapiraca. Universidade Federal de Alagoas. 2018. Disponível em: <https://ud10.arapiraca.ufal.br/repositorio/publicacoes/1991>. Acesso em: 03/05/2022.

MEDINA, J.M. O que é calagem do solo? E qual sua importância ? Descubra. **CLONAR, Resistência a doenças florestais**, 2022. Disponível em: <<https://www.clonareucalipto.com.br/o-que-e-calagem-do-solo-e-qual-sua-importancia-descubra/#:~:text=A1%C3%A9m%20de%20corrigir%20o%20pH,corre%C3%A7%C3%A3o%20da%20acidez%20do%20solo.>> acesso em: 22/04/2022.

NASCIMENTO, A. L.; SAMPAIO, R. A.; ZUBA JUNIO, G. R.; FERNANDES, L. A.; CRUZ, S.D. CARNEIRO, J. P.; BARBOSA, C. F.; LIMA, N. D. Atributos químicos do solo adubado com lodo de esgoto estabilizado por diferentes processos e cultivado com girassol. **Biosci. j. (Online)**, p. 146–153, 2014.

NISHIDA, A.K.; NORDI, N.; ALVES, R.R.N. Aspectos socioeconômicos dos catadores de moluscos do litoral paraibano, Nordeste do Brasil. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, 8(1): 207-215. 2008.

ONU. **Agenda ONU 2030**. Disponível em: [https://www.undp.org/sustainable-development-goals?utm\\_source=EN&utm\\_medium=GSR&utm\\_content=US\\_UNDP\\_PaidSearch\\_Brand\\_English&utm\\_campaign=CENTRAL&c\\_src=CENTRAL&c\\_src2=GSR&gclid=Cj0KCQjwpcOTBhCZARIsAEAYLuWNqxLuq7S73\\_005THS9W20wlvJqrfQVv6TmJkVL8hMfYCavqH3L0aAt20EALw\\_wcB](https://www.undp.org/sustainable-development-goals?utm_source=EN&utm_medium=GSR&utm_content=US_UNDP_PaidSearch_Brand_English&utm_campaign=CENTRAL&c_src=CENTRAL&c_src2=GSR&gclid=Cj0KCQjwpcOTBhCZARIsAEAYLuWNqxLuq7S73_005THS9W20wlvJqrfQVv6TmJkVL8hMfYCavqH3L0aAt20EALw_wcB). Acesso em 02/05/2022

PALMEIRA, K. R.; CALIXTO, F. A.; KELLER, L. A.; MESQUITA, E. D. F. M. O sururu como produto de subsistência e renda da população ribeirinha, BRASIL - revisão de literatura. **Semioses**, v. 10, 24 dez. 2016.

PEREIRA, M. A.; NUNES, M. M.; NUERNBERG, L.; SCHULZ, D.; BATISTA, C. R. V. Microbiological quality of oysters (*Crassostrea gigas*) produced and commercialized in the coastal region of Florianópolis - Brazil. **Brazilian journal of microbiology**, v. 37, n. 2, p. 159–163, 2006.

ROCHA, S. R. A. G.; GOMES, P. C. C.; BARBOZA, A.S. R.; LIMA, F. B.; BARROS, A. R. Estudo da viabilidade de utilização de conchas de sururu em materiais à base de cimento portland. **ICTR 2004 – Congresso brasileiro de ciência e tecnologia em resíduos e desenvolvimento sustentável**, Costão do Santinho; Florianópolis; Santa Catarina; 2004.

RUPPERT, E. E.; BARNES, R. D. Zoologia dos Invertebrados. roca. São Paulo, 1996.

SANDE, D.; MELO, T. A.; OLIVEIRA, G. S. A.; BARRETO, L.; TALBOT, T.; BOEHS, G.; ANDRIOLI, J. L. Prospecção de moluscos bivalves no estudo da poluição dos rios Cachoeira e Santana em Ilhéus, Bahia, Brasil. **Brazilian journal of veterinary research and animal science**, v. 47, n. 3, p. 190, 2010.

SANTOS FILHO, R. C.; HOLANDA, E. P. T.; OLIVEIRA, L. C. F.; SILVA, V. M. F. O aproveitamento de resíduos sólidos urbanos, por meio do processo de compostagem aeróbia enriquecida com casca de sururu para aproveitamento na construção civil. **Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT - ALAGOAS**, v. 4, n. 2, p. 125–125, 2017.

SANTOS, T. M. M.; SAWAYA, A. L.; SILVA, M. C. D.; SANTOS, A. F.; NETO, J. A. B.; FLORÊNCIO, T. M. D. M. T. Avaliação microbiológica e da concentração de vitamina A, ferro e zinco em preparações do molusco sururu (*Mytella falcata*). **DEMETRA Alimentação Nutrição & Saúde**, v. 9, n. 3, 2014.

SOLOS, Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2006.

SOUTO, F. J. B. **A ciência que veio da lama: uma abordagem etnoecológica das relações ser humano/manguezal na comunidade pesqueira de Acupe**, Santo Amaro-BA. 2004.

SOUZA, A. B.B.; SILVA, N. M.; AQUINO, D. F. S.; SOUZA FILHO, H. N. Viabilidade econômica e ambiental do uso de conchas de ostras e mariscos: estudo de caso na comunidade de Nossa Senhora do Livramento PB. **XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO**. 2015.

TAMANO, L. T. O.; ARAUJO, D. D. M.; LIMA, B. B. C. D.; SILVA, F. N. F. D.; SILVA, J. D. Socioeconomia e saúde dos pescadores de *Mytella falcata* da Lagoa Mundaú, Maceió-AL. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Humanas**, v. 10, n. 3, p. 699–710, 2015.

TAMANO, L. T. O.; LIMA, B. B. C.; SILVA, J.; ARAUJO, D. M. Fishing, processing, commercialization and a propose to fishery waste reuse of sururu *Mytella falcata* in the Mundaú lagoon, Maceió – AL, Brazil. **Caminhos de Geografia**, v. 21, p. 306–320, 3 ago. 2020.



# CAPÍTULO 12

## ÁCIDO JASMÔNICO COMO IMPULSIONADOR DE RESISTÊNCIA EM PLANTAS

**Carlos Augusto Cavalcante de Oliveira**  
**Renata Ferreira da Silva**  
**Vitor Resende do Nascimento**  
**Ana Ecídia de Araújo Brito**  
**Glauco André dos Santos Nogueira**  
**Joze Melisa Nunes de Freitas**  
**Cândido Ferreira de Oliveira Neto**

### RESUMO

Hormônios vegetais são moléculas orgânicas regulatórias de grande importância tanto no desenvolvimento ontogenético da planta quanto no estabelecimento de sistemas de defesa contra estresses bióticos e abióticos. O Ácido Jasmônico tem se destacado dentre os hormônios envolvidos com os mecanismos protetivos em plantas já que pode atuar regulando uma gama de estresses e efetivamente lenir seu impacto no organismo vegetal. Este hormônio é sintetizado via Rota dos Octadecanoides em três ambientes celulares diferentes (mitocôndrias, peroxissomos e citoplasma) com uma etapa intermediária de translocação intracelular mediada por transportadores específicos. A sua produção é sinalizada sob condições adversas por meio de sinalizadores específicos, que permitem a percepção e amplificação do sinal e, subsequentemente, a transcrição de genes relacionados à defesa vegetal. O AJ tem grande importância na resposta da planta a estresses bióticos. Uma gama de trabalhos experimentais tem mostrado que a aplicação exógena permite que o organismo vegetal responda mais adequadamente quando afligidos por pulgões, nematoides e vírus. Além disso, uma série de proteínas repressoras e mecanismos genéticos já foram documentados na literatura científica que permitem a regulação da biossíntese desse hormônio em função das condições ambientais. No entanto, análises mais detalhadas desse processo são necessárias para desvendar a rota de regulação do AJ. O AJ também possibilita a mitigação de estresses abióticos quando aplicados externamente. Diversos trabalhos têm mostrado que a este hormônio permite a redução do estresse térmico, hídrico, bem como aquele oriundo de metais pesados e EROs.

**PALAVRAS-CHAVE:** hormônio vegetal, estresse vegetal, fisiologia, sistema de defesa, transportadores.

### INTRODUÇÃO

Hormônios são compostos orgânicos que desempenham atividades vitais ao desenvolvimento vegetal, estando particularmente envolvidos no estabelecimento de mecanismo de defesa em plantas (BÜRGER e CHORY, 2019). Resultados experimentais recentes têm mostrado que a aplicação exógena de hormônios específicos pode possibilitar melhor desempenho em ambientes de estresse quando comparado com plantas não tratadas. Entre estes hormônios, o Ácido Jasmônico (AJ) tem sido o mais utilizado no controle desses

estresses, especialmente quando aplicado conjuntamente com outros hormônios vegetais. Qiu *et al.* (2014) mostraram que o uso do AJ em plantas de trigo permitiu um aumento na tolerância das plantas ao estresse salino. Ilyas *et al.* (2017) evidenciaram o impacto da aplicação do Ácido Salicílico (AS) juntamente com o AJ na resistência de plantas de trigo à seca, permitindo uma melhor resposta que plantas não tratadas. Desse modo, os hormônios podem ter papel essencial no sistema agrícola moderno, especialmente como ferramentas de controle do estresse.

O AJ tem sido bastante estudado, sendo um composto promissor para o desenvolvimento de novas tecnologias agrícolas. O AJ é um hormônio vegetal secundário isolado inicialmente em conjunto com o Ácido Abscísico (ABA) em mudas de arroz (KODA, 1992). Esta molécula tem uma série de efeitos no organismo vegetal, causando desde a estagnação do desenvolvimento vegetativo até a promoção da senescência (PIRBALOUTI *et al.*, 2014; KIM *et al.*, 2015; ZHANG *et al.*, 2020), sendo de relativa importância fisiológica. No entanto, seu principal efeito é como um mecanismo de defesa em plantas, inibindo ou promovendo a transcrição de genes relacionados à tolerância à estresses (ALI e BAEK, 2020). A aplicação exógena deste hormônio pode ser de grande importância tanto no combate à estresses bióticos (insetos herbívoros ou patógenos) quanto abióticos (temperatura, déficit hídrico, estresse salino) (PIRBALOUTI *et al.*, 2014; QIU *et al.*, 2014), já que seu uso altera o estado fisiológico da planta, de modo a torná-la hábil a responder adequadamente à estímulos deletérios externos. É importante salientar, entretanto, que a aplicação deste hormônio deve ser feita de forma diligente, já que efeitos residuais maléficos, como a intensificação da estagnação do crescimento das raízes em resposta ao alumínio, podem ocorrer (YANG *et al.*, 2016).

Não obstante sua aplicabilidade fitotécnica, poucos trabalhos de revisão sistemática têm enfatizado seu potencial tecnológico como impulsionador de resistência em plantas. Por isso, o objetivo desta revisão é analisar a capacidade do AJ em ser utilizado como fator para a promoção de resistência, além de enfatizar aspectos particulares dos estresses bióticos e abióticos.

### **ROTAS DE BIOSÍNTESE (RB)**

A produção biológica do AJ é realizada sinérgica e sucessivamente em 3 ambientes celulares, em uma série de reações conhecidas como Rota dos Octadecanoides ou das Oxilipinas (RO). Estes ambientes são: o estroma dos cloroplastos, o lúmen peroxissomal e o citoplasma. Além disso, também é necessária uma etapa transitória para o transporte do último intermediário formado no cloroplasto até o peroxissomo (RUAN *et al.*, 2019).

## - Cloroplasto

Nos cloroplastos, a biossíntese se inicia com a ação de uma série de fosfolipases que catalisam a hidrólise de lipídios da bicamada interna cloroplastidial, liberando Ácido Linolênico (AL), o principal precursor do AJ (RUAN et al., 2019). Em seguida, a 13-Lipoxigenase (13-LOX) catalisa a conversão do AL em ácido 13-hidroperoxilinolênico, que atua como substrato para a Alleno Oxido Sintase (AOS) na formação do intermediário Ácido 12, 13-Epoxilinolênico (12,13-AEL) (GHORBEL et al., 2021). Finalmente, a última reação do cloroplasto consiste na ação da Alleno Oxido Ciclase (AOC) na conversão da 12, 13-AEL até o Ácido 12-Oxo-Fitodienoico (12-OPDA), que é subsequentemente transportado ao peroxissomo para sofrer redução (GHORBEL et al., 2021).

## - Transporte Cloroplasto-Peroxisomo

O 12-OPDA produzido no cloroplasto deve ser deslocado até o peroxissomos para a continuidade da RO. Para isso, primeiramente, o intermediário deve ser exportado até o citoplasma, por meio de uma proteína transmembrana chamada JASSY (WASTERACK e HAUSE, 2019), o primeiro transportador envolvido neste processo. Em seguida, esta molécula é absorvida pela membrana peroxissomal por meio do transportador ABC COMATOSE (CTS), favorecendo o influxo deste soluto (GHORBEL et al., 2021). Tem sido proposto também que algum mecanismo de retenção iônica possa estar presente, já que a molécula é permeável à bicamada lipídica, o que impediria sua permanência no lúmen peroxissomal (WASTERACK e HAUSE, 2019). Além disso, trabalhos recentes têm levantado a possibilidade de que este intermediário possa ser encontrado esterificado como galactolipídeos em *Arabidopsis thaliana*, atuando como fonte rápida para a rota dos jasmonatos (DAVE e GRAHAM, 2012).

## - Peroxisomos

Nos peroxissomos, a 12-OPDA é reduzida via Redutase do Ácido 12-oxofitodienoico (OPDR) formando Ácido 12-oxo-2(2'-pentenil)-ciclopentano-1-octanoico (OPC:8), que, em seguida, sofre três passagens na rota da  $\beta$ -oxidação, perdendo 6 pares de carbonos e sintetizando o AJ (LEON e SÁNCHEZ, 1999; LEÓN, 2013).

## - Citoplasma

No citoplasma, o AJ é aminoacilado pela isoleucina (Ile) via jasmonato aminoácido sintetase 1 (JAR1) (ALI e BAEK, 2020), formando AJ-Ile (jasmonoil-isoleucina), que é a principal forma hormonalmente ativa. Outras formas derivadas do AJ também podem ser

produzidas em função das necessidades do vegetal através de um total de 12 reações, que incluem a conjugação à aminoácidos, descarboxilação, hidroxilação, carboxilação, esterificação...(RUAN et al., 2019; WANG et al., 2021). O cis-jasmonato, por exemplo, atua como molécula sinalizadora entre diferentes plantas, já que sua emissão desencadeia uma série de respostas fisiológicas nas plantas adjacentes, principalmente aquelas relacionadas a mecanismos de defesa (GHORBEL et al., 2021). Resultados experimentais recentes têm mostrado que o AJ pode ser conjugado a aminoácidos diferentes, como a valina e a leucina, permitindo defesa de plantas de arroz contra o ataque de insetos herbívoros (FU et al., 2021).

Uma vez sintetizado, existem dois destinos possíveis para o AJ. Duas vias promovem a degradação do AJ: uma rota hidrolítica, que inicia com a hidrólise da AJ-Ile e culmina na produção de derivados carboxilados; e uma oxidativa, seguida de uma glicosilação ou hidroxilação (GHORBEL et al., 2021).

### **PERCEPÇÃO DE SINAL E ROTA DE TRANSDUÇÃO (RTS)**

A percepção do estímulo ambiental é mediada por uma molécula e um receptor específicos que variam em função da natureza do organismo avaliado. Em membros da família Solanaceae, em resposta a estresses, a prossisteminina é hidrolisada a sisteminina, que é transportada ao longo da planta, se ligando aos receptores SR160, que ativa a RO, ou seja, a produção de AJ (RUAN et al., 2019). Em organismos modelo, como *Arabidopsis thaliana*, a molécula sinalizadora é a PROPE1, que é hidrolisada a ATP EP1. Este sinalizador é transportado ao longo da planta via apoplasto, se ligando ao receptor PEER1, induzindo a biossíntese de AJ (RUAN et al., 2019).

O AJ atua no controle do processo de transcrição, administrando a produção de enzimas regulatórias e de proteção em função de estímulos ambientais específicos. Em condições normais, genes relacionados a respostas a estresses são inibidos pela ação de uma série de proteínas repressoras, sendo ativadas na presença do AJ (WANG et al., 2021). A supressão ocorre por meio de um complexo multiproteico formado pela proteína JAZ, acoplada a proteínas Topless (TPL) e a proteína adaptadora da JAZ (NINJA), com o domínio ZIM da proteína JAZ interagindo com os Fatores de Transcrição (TF) (ALI e BAEK, 2020). Em situações de estresse, as concentrações de AJ-Ile são elevadas, permitindo o contato desta molécula conjugada com o complexo repressor da transcrição através da proteína F-Box COI1. Por meio disso, se possibilita o contato da COI1 com a proteína JAZ no complexo SCF. Em



seguida, a proteína JAZ é subdividida e degradada, permitindo que os FT traduzam genes de resposta a AJ (RUAN et al., 2019).

## ÁCIDO JASMÔNICO NA REGULAÇÃO DE ESTRESSES BIÓTICOS

Conforme exposto anteriormente, plantas respondem a estímulos ambientais nocivos modificando seu metabolismo e regulando seus efeitos. Dependendo da natureza do agente externo envolvido no estresse, distinções podem ser verificadas na resposta celular bem como na rota de sinalização. A seguir será discutido como as respostas se dão quanto ao ataque de insetos e patógenos. Subsequentemente, as respostas a variadas fontes de estresse abióticos serão descritas.

### - Resposta a Herbívoros e Patógenos

Insetos fitófagos sobrevivem atacando órgãos vegetais e utilizando seus constituintes para a manutenção do seu metabolismo, seja através de sua mastigação direta (como ocorre com paquínhas, formigas, besouros,...) ou da sucção da seiva que percorre os seus feixes vasculares através de estiletes (IMENES e IDES, 2002). Em função da natureza do agente biológico afligindo o vegetal, o hormônio de defesa atuando neste processo varia. No combate a patógenos biotróficos e hemibiotróficos, o AS tem ação predominante, enquanto que contra patógenos necrotróficos e insetos herbívoros, o AJ é mais comum (SENDON et al., 2011). Durante o ataque, os insetos liberam sinais químicos que são detectados por mecanismo específicos na planta, desencadeando a ativação da RO e, por consequência, a elevação dos níveis de AJ (WANG e WU, 2013). Este mecanismo tem sido uma das principais rotas de defesa em organismos vegetais contra herbívoros. Yates-Stewart et al. (2020) mostraram que a aplicação de AJ em plantas de soja foi efetiva no controle de genótipos virulentos de pulgões (*Aphis glycines* Matsumura). Qi et al. (2020) notaram que a reprodução do pulgão do melão (*Aphis gossypii* Glover) é reduzida em genótipos de pepino quando submetidas a aplicação exógena de AJ. Em plantas de tomate inoculadas com nematoides de galhas, o uso de AJ possibilitou um desempenho superior das plantas tratadas em relação ao tratamento controle, havendo aumento considerável tanto em caracteres vegetativos (comprimento da raiz e da parte aérea) quanto de características físico-químicas (conteúdo total de clorofila, conteúdo de antocianinas e potencial antioxidante) (BALI et al., 2018). Assim, é possível ver que tanto a produção endógena quanto a aplicação exógena de AJ são importantes fatores na regulação de estresses causados por insetos herbívoros e patógenos fitófagos.

Por ser o principal processo de defesa em plantas, patógenos têm desenvolvido mecanismos inovadores para driblar a resposta da planta, e ter sucesso no processo infeccioso. Alguns vírus têm desenvolvido meios de suprimir a RO e, portanto, a biossíntese de AJ, inibindo a resposta da planta, através da regulação da concentração de microRNAs (ZHANG et al., 2016). Além dos vírus, alguns insetos possuem estratégias bioquímicas que possibilitam a invasão de células vegetais. Zhang et al. (2013) apontaram que a mosca branca (*Bemisia tabaci*) pode atuar suprimindo as respostas desencadeadas pela sinalização do AJ por meio da ação cruzada com o AS.

### - Regulação e Genética

A base genética e regulatória por trás deste sistema de defesa ainda está a ser desvendado, no entanto, alguns avanços já têm sido relatados na literatura. Em arroz, dois genes de AOS, enzima catalisadora da segunda reação da RO nos cloroplastos, têm sido identificados: OsAOS1 e OsAO2. Foi possível detectar um aumento na concentração de transcritos desses genes tanto em resposta a insetos herbívoros (*Niaparvata lugens* e *Chilo suppressalis*) quanto à aplicação de AJ, com o gene OsAOS1 apresentando uma resposta mais rápida em relação a OsAOS2 (ZENG et al., 2021). Em soja, Yan et al. (2018) encontraram que o gene GmCYP82A3 da família de genes CYP82 tem participação como agente de defesa contra *Phytophthora sojae* e *Botrytis cinerea*, utilizando variedades superexpressantes desse gene.

Além disso, algumas proteínas têm sido mostradas reguladoras da resistência em plantas, pela regulação de hormônios envolvidos em processos de defesa, especialmente o AJ. Tem sido mostrado que a proteína AtRTP5 pode atuar como um regulador negativo de resistência contra os oomicetos *Phytophthora parasitica*, já que atua como supressor da biossíntese de AJ (LI et al., 2020). Zhang et al. (2020) identificaram um fator de transcrição importante na promoção da rota de produção da AJ em plantas de batata doce (*Ipomoea batatas*): o IbBBX24. Esta molécula eleva os níveis de AJ na célula inibindo a ação de repressores da RO (IbJAZ10) e fomentando a transcrição de IbMYC2 (ZHANG et al. 2020), permitindo que a planta exerça seus mecanismos de defesa. Sob ataque de herbívoros, tem sido mostrado a função do signalossoma COP9 na regulação de ubiquitinasas que medeiam a degradação do complexo repressor da transcrição de genes relacionados à biossíntese de AJ (HIND et al., 2011). Pradhan et al. (2020) evidenciaram a capacidade regulatória do mediador da transcrição Argonaute na biossíntese e sinalização do AJ como mecanismo de defesa contra *Fusarium brachyglabrum*. Além disso, alguns genótipos resistentes à larvas em milho (*Zea*

*mays*) têm sido identificados, permitindo o desenvolvimento de novas tecnologias agrícolas (SHIVAJI et al., 2010).

O AJ age sinérgica e conjuntamente com outros hormônios, em uma rede de sinalização complexa que desencadeia a resposta da planta (JANG et al., 2020). Tem sido mostrado que este hormônio atua de forma coordenada com o Etileno (ET) na defesa da planta contra patógenos necro e hemibiotróficos, e atua regulando o balanço entre crescimento e defesa e interage com o AS no desenvolvimento de estratégias vegetais de resistência (YANG et al. 2019). Uma importante fonte gênica de regulação foi descrita por Kloth et al. (2016), tendo sido evidenciado que o gene WRKY 22 balanceia a rota de sinalização tanto do AJ quanto do AS em resposta a uma gama de estímulos bióticos. Além disso, o antagonismo entre o AS e o AJ permite uma regulação delicada contra patógenos biotróficos, já que a presença de patógenos que estimulam a biossíntese de AS inibe os mecanismos de defesa promovidos pelo AJ, e assim reciprocamente (GIMENEZ-IBANEZ e SOLANO, 2013). Alguns achados recentes têm demonstrado que os dois principais hormônios ligados à imunidade em plantas (AJ e AS) podem atuar de forma coordenada, além de modo antagônico como discutido anteriormente. Liu et al. (2016) mostraram que a sinalização e biossíntese do AJ podem ser engatilhadas pelo acúmulo de AS, por meio dos receptores NPR 3 e NPR 4 associados ao AS ao invés da COI1, geralmente associado aos repressores da transcrição de genes ligados ao AJ.

Um estudo recente tem mostrado uma tendência contrária na utilização do AJ ao que foi discutido até aqui: o uso do AJ por patógenos no processo infeccioso (CHINI et al., 2018). Tem sido mostrado que a fitotoxina lasiojasmonato A sintetizada pelo fungo *Lasiodiplodia mediterranea* atua ativando a RO bem como a via de conversão da forma hormonalmente ativa do AJ em estágios avançados de infecção, quando a resposta induzida na planta pelo AJ é mitigada. Além disso, o AJ está envolvido em situações específicas na susceptibilidade a antracnose causada por *Colletotrichum graminicola*, já que interage antagonicamente com o AS, evidenciando a possibilidade deste hormônio como mecanismo de promoção de patogenicidade (GORMAN et al., 2020).

## ÁCIDO JASMÔNICO NA REGULAÇÃO DE ESTRESSES ABIÓTICOS

### - Estresse térmico

É um problema global a ameaça de estresse térmico para a produção vegetal. Devido às altas temperaturas, as plantas passam por muitas mudanças fisiológicas e ecológicas, que afetam o seu crescimento e desenvolvimento (ZHAON, et al., 2021). O estresse térmico pode

levar a sérios declínios nos rendimentos econômicos agrícolas devido a efeitos adversos na fisiologia das culturas, incluindo danos à membrana celular, inativação de enzimas, inibição da fotossíntese e respiração aprimorada (JANNI, et al 2020; Li et al, 2021).

O estresse pelo frio afeta negativamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas. De um modo geral, o estresse por frio pode ser dividido em estresse de baixa temperatura e dano por congelamento (GUO, et al, 2017). O estresse criogênico (frio) normalmente ocorre entre 0-15°C e leva à disfunção celular, enquanto o estresse de congelamento ocorre abaixo de 0°C devido à formação de cristais de gelo intracelulares, resultando em danos mecânicos. Para aliviar os danos causados pelo estresse por frio, as plantas desenvolveram mecanismos complexos para regular a expressão gênica relacionada ao estresse (DING, *et al.* 2019).

O AJ tem grande importância na regulação da planta contra os estresses acarretados pela variação de temperatura. Balfagon *et al.* (2019) observaram que o uso externo de AJ permitiu uma melhor resposta vegetativa das plantas tratadas. Scalabrin et al. (2016) detectaram elevação nos níveis de AJ em plantas submetidas a estresse térmico. Além disso, também se verificou que variedades de *Nicotiana langsdorffii* com alta concentração de AJ obtiveram melhores índices que as variedades selvagens. Em arroz, tem sido mostrado que variedades resistentes ao estresse térmico apresentam altos teores endógenos de AJ (UMESH et al., 2018). Dessa forma, o AJ tem grande impacto em plantas submetidas a essas condições e pode auxiliar no campo através do controle contra variações bruscas de temperatura.

#### **- Estresse salino**

A salinidade do solo é um problema que afeta negativamente a produtividade das culturas, prejudica também o crescimento e desenvolvimento de plantas através do estresse hídrico, alteração metabólica e estresse oxidativo, pois ocorre a absorção em excesso de íons de sódio e cloreto (TSUGANE et al., 1999 ; HERNANDEZ et al., 2001 ; ISAYENKOV, 2012). As plantas sofrem com o estresse salino, passam por muitas mudanças nestas condições, e para se adaptarem desenvolvem mecanismos para regular os processos moleculares, fisiológicos e bioquímicos. O estresse salino desencadeia a ativação da via de sinalização do AJ e induz a biossíntese do AJ nas plantas. Por exemplo, em raízes de *Arabidopsis* , o estresse salino ativou a via de sinalização AJ, seguida pela inibição do alongamento celular, na zona de alongamento (VALENZUELA et al., 2016) . As folhas de *Dendrobium officinale*, opera como uma molécula sinalizadora ou molécula ligante, estimula a biossíntese de ácido jasmônico,



ajuda as plantas na adaptação ao estresse salino e promove a biossíntese de flavonóides (HAZMAN, M.; et al 2015).

#### **- Estresse hídrico**

As mudanças climáticas estão levando ao aquecimento global e a eventos de seca mais frequentes e/ou extremos em muitas regiões agrícolas importantes em todo o mundo (ABDULLAH, A; et al 2015). Um dos principais alicives de safras é a seca e ela geralmente reduz o rendimento das plantações (BHARAMI et al. 2012 ; SHAO et al. 2005). A seca causa alguns danos na membrana, danos à clorofila e redução no peso dos brotos (ATHAR e ASHRAF, 2005). O AJ pode minimizar a perda de água através da abertura e fechamento dos estômatos (SAVCHENKO, T.; et al 2014).

A partir de aplicação de ácido jasmônico ou aplicação de fitohormônios as plantas podem criar tolerância para que suportem condições desfavoráveis, como a seca (OVERMYER et al., 2003; HORVATH et al., 2007).

#### **- Estresse por toxicidade**

Metais pesados de resíduos industriais ou do ambiente natural, incluindo chumbo (Pb), mercúrio (Hg), cobre (Cu) e cádmio (Cd), podem ter efeitos tóxicos no crescimento e desenvolvimento das plantas quando presentes em plantas acima dos níveis limiars (QUIN, et al, 2021).

O AJ está amplamente envolvido nas respostas das plantas a metais pesados, mas o mecanismo molecular subjacente permanece incerto. Um relatório recente indicou que a expressão gênica de síntese de JA foi rapidamente regulada em *A. thaliana* sob tratamento com Cd, com concentrações endógenas de JA aumentando rapidamente após estresse por Cd nas raízes. A aplicação exógena de MeAJ não apenas reduziu significativamente a concentração de Cd nos tecidos da raiz e da parte aérea, mas também inibiu a expressão do AtIRT1 (transportador regulado por ferro), AtHMA2 (ATPase de metal pesado) e AtHMA4 (heavy metal ATPase). Em outras palavras, os AJs podem reduzir a expressão de genes que facilitam a captação de Cd e a translocação de longa distância, reduzindo assim a concentração de Cd na seiva das células radiculares e aliviando o estresse de Cd (LEI et al, 2020). Vários estudos têm mostrado que o uso exógeno do AJ pode mitigar os efeitos prejudiciais de metais pesados em plantas, regulando a atividade do sistema de defesa antioxidante, aumentando o conteúdo de clorofila e induzindo metabólitos secundários. Por exemplo, a aplicação de AJ facilitou o alívio dos efeitos negativos do Ni em plântulas de soja através do aumento da atividade dos osmólitos,

que são enzimas antioxidantes (SIRHINDI, 2016). A aplicação exógena de AJ no trigo resultou em um efeito protetor contra o estresse de Cu e aumentou significativamente a glutathione S-transferase (GST), relacionado à eliminação de EROs (Espécies Reativas de Oxigênio) (LI et al, 2013). Sob estresse de Cu em uma variedade de concentrações, o tratamento com AJ pode aliviar eficientemente a inibição do crescimento de alfafa induzida por metais pesados, aumentando o teor de clorofila da folha, atividade de enzimas antioxidantes, MDA e peróxido de hidrogênio (DAI et al, 2020). Da mesma forma, a adição de AJ exógeno aumenta metabólitos secundários, incluindo fenóis totais, polifenóis, flavonóides, antocianina, ácidos orgânicos e compostos quelantes de metais nas mudas de tomate contaminado com Pb, reduzindo assim a toxicidade do Pb (BALI et al, 2019).

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

O AJ pode permitir que a planta responda adequadamente às condições deletérias externas modificando seu estado fisiológico. Conforme verificado, este hormônio pode ser útil na defesa contra estresses bióticos, possibilitando o controle de nematoides, vírus e pulgões por meio da transcrição de genes relacionados à defesa vegetal. Além disso, a aplicação deste hormônio também permite que a planta responda às condições ambientais adversas, como temperaturas elevadas, situações de déficit hídrico, assim como a toxicidade por metais pesados e EROs. Portanto, o AJ se mostra como um regulador fisiológico com potencial para a mitigação de efeitos deletérios em plantas.

### REFERÊNCIAS

- ALI, M. S.; BAEK, K. H. Jasmonic Acid Signaling Pathway in Response to Abiotic Stresses in Plants. **International Journal Of Molecular Sciences**, [S.L.], v. 21, n. 2, p. 621-640, 17 jan. 2020.
- BALFAGÓN, D.; SENGUPTA, S.; GÓMEZ-CADENAS, A.; FRITSCHI, F. B.; AZAD, R. K.; MITTLER, R.; ZANDALINAS, S. I. Jasmonic Acid Is Required for Plant Acclimation to a Combination of High Light and Heat Stress. **Plant Physiology**, [S.L.], v. 181, n. 4, p. 1668-1682, 8 out. 2019.
- BALI, S.; KAUR, P.; SHARMA, A.; OHRI, P.; BHARDWAJ, R.; ALYEMENI, M. N.; WIJAYA, L.; AHMAD, P. Jasmonic acid-induced tolerance to root-knot nematodes in tomato plants through altered photosynthetic and antioxidative defense mechanisms. **Protoplasma**, [S.L.], v. 255, n. 2, p. 471-484, 13 set. 2018.
- BÜRGER, M.; CHORY, J. Stressed Out About Hormones: how plants orchestrate immunity. **Cell Host & Microbe**, [S.L.], v. 26, n. 2, p. 163-172, ago. 2019.

DAVE, A.; GRAHAM, I. A. Oxylin signaling: a distinct role for the jasmonic acid precursor cis-(+)-12-oxo-phytodienoic acid (cis-opda). **Frontiers In Plant Science**, [S.L.], v. 3, p. 1-6, 2012.

DERMASTIA, M. Plant Hormones in Phytoplasma Infected Plants. **Frontiers In Plant Science**, [S.L.], v. 10, p. 1-15, 17 abr. 2019.

FU, W.; JIN, G.; JIMÉNEZ-ALEMÁN, G. H.; WANG, X.; SONG, J.; LI, S.; LOU, Y.; LI, R. The jasmonic acid-amino acid conjugates JA-Val and JA-Leu are involved in rice resistance to herbivores. **Plant, Cell & Environment**, [S.L.], v. 45, n. 1, p. 262-272, 24 out. 2021.

GHORBEL, M.; BRINI, F.; SHARMA, A.; LANDI, M. Role of jasmonic acid in plants: the molecular point of view. **Plant Cell Reports**, [S.L.], v. 40, n. 8, p. 1471-1494, 5 abr. 2021.

GIMENEZ-IBANEZ, S.; SOLANO, R. Nuclear jasmonate and salicylate signaling and crosstalk in defense against pathogens. **Frontiers In Plant Science**, [S.L.], v. 4, n. 72, p. 1-11, 2013.

GORMAN, Z.; CHRISTENSEN, S. A.; YAN, Y.; HE, Y.; BORREGO, E.; KOLOMIETS, M. V. Green leaf volatiles and jasmonic acid enhance susceptibility to anthracnose diseases caused by *Colletotrichum graminicola* in maize. **Molecular Plant Pathology**, [S.L.], v. 21, n. 5, p. 702-715, 27 fev. 2020.

HIND, S. R.; PULLIAM, S. E.; VERONESE, P.; SHANTHARAJ, D.; NAZIR, A.; JACOBS, N. S.; STRATMANN, J. W. The COP9 signalosome controls jasmonic acid synthesis and plant responses to herbivory and pathogens. **The Plant Journal**, [S.L.], v. 65, n. 3, p. 480-491, 4 jan. 2011.

HINI, A.; CIMMINO, A.; MASI, M.; REVEGLIA, P.; NOCERA, P.; SOLANO, R.; EVIDENTE, A. The fungal phytotoxin lasiojasmonate A activates the plant jasmonic acid pathway. **Journal Of Experimental Botany**, [S.L.], v. 69, n. 12, p. 3095-3102, 24 mar. 2018.

ILYAS, N.; GULL, R.; MAZHAR, R.; SAEED, M.; KANWAL, S.; SHABIR, S.; BIBI, F. Influence of Salicylic Acid and Jasmonic Acid on Wheat Under Drought Stress. **Communications In Soil Science And Plant Analysis**, [S.L.], p. 1-9, 26 dez. 2017..

IMENES, S.; LIDE, S. Principais grupos de insetos pragas em plantas de interesse econômico. **Biológico**, São Paulo, v. 64, n. 2, p. 235-238, jul. 2002.

ISAYENKOV, S. V.; MAATHUIS, F. J. M. Estresse de salinidade da planta: muitas perguntas sem resposta permanecem. **Frontiers in plant science**, v. 10, p. 80, 2019.

JANG, G.; YOON, Y.; CHOI, Y. Crosstalk with Jasmonic Acid Integrates Multiple Responses in Plant Development. **International Journal Of Molecular Sciences**, [S.L.], v. 21, n. 1, p. 1-15, 2 jan. 2020.

KIM, J.; CHANG, C.; TUCKER, M. L. To grow old: regulatory role of ethylene and jasmonic acid in senescence. **Frontiers In Plant Science**, [S.L.], v. 6, p. 1-7, 29 jan. 2015.

KLOTH, K. J.; WIEGERS, G. L. BUSSCHER-LANGE, J. VAN HAASTER, J. C.; KRUIJER, W.; BOUWMEESTER, H. J.; DICKE, M.; JONGSMA, M. A. AtWRKY22 promotes

susceptibility to aphids and modulates salicylic acid and jasmonic acid signalling. **Journal of Experimental Botany**, [S.L.], v. 67, n. 11, p. 3383-3396, 23 abr. 2016.

KODA, Y. The Role of Jasmonic Acid and Related Compounds in the Regulation of Plant Development. **International Review Of Cytology**, [S.L.], p. 155-199, 1992.

LEÓN, J. Role of Plant Peroxisomes in the Production of Jasmonic Acid-Based Signals. **Peroxisomes And Their Key Role In Cellular Signaling And Metabolism**, [S.L.], p. 299-313, 2013.

LEON, J.; SANCHEZ-SERRANO, J. J. Molecular Biology of Jasmonic Acid Biosynthesis in Plants. **Plant Physiol. Biochem.**, Paris, v. 5, n. 37, p. 373-380, fev. 1999.

LI, W.; ZHAO, D.; DONG, J.; KONG, X.; ZHANG, Q.; LI, T.; MENG, Y.; SHAN, W. AtRTP5 negatively regulates plant resistance to Phytophthora pathogens by modulating the biosynthesis of endogenous jasmonic acid and salicylic acid. **Molecular Plant Pathology**, [S.L.], v. 21, n. 1, p. 95-108, 8 nov. 2019.

LIU, L.; SONBOL, F. M.; HUOT, B.; GU, Y.; WITHERS, J.; MWIMBA, M.; YAO, J.; HE, S. Y.; DONG, X. Salicylic acid receptors activate jasmonic acid signaling through a non-canonical pathway to promote effector-triggered immunity. **Nature Communications**, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 1-10, 11 out. 2016.

PIRBALOUTI, A. G.; SAJJADI, S. E.; PARANG, K. A Review (Research and Patents) on Jasmonic Acid and Its Derivatives. **Archiv Der Pharmazie**, [S.L.], v. 347, n. 4, p. 229-239, 28 jan. 2014.

PRADHAN, M.; PANDEY, P.; BALDWIN, I. T.; PANDEY, S. P. Argonaute4 Modulates Resistance to Fusariumbrachygibbosum Infection by Regulating Jasmonic Acid Signaling. **Plant Physiology**, [S.L.], v. 184, n. 2, p. 1128-1152, 28 jul. 2020.

QI, X.; CHEN, M.; LIANG, D.; XU, Q.; ZHOU, F.; CHEN, X. Jasmonic acid, ethylene and ROS are involved in the response of cucumber (Cucumis sativus L.) to aphid infestation. **Scientia Horticulturae**, [S.L.], v. 269, p. 119-121, jul. 2020.

QIU, Z.; GUO, J.; ZHU, A.; ZHANG, L.; ZHANG, M. Exogenous jasmonic acid can enhance tolerance of wheat seedlings to salt stress. **Ecotoxicology And Environmental Safety**, [S.L.], v. 104, p. 202-208, jun. 2014.

RUAN, J.; ZHOU, Y.; ZHOU, M.; YAN, J.; KHURSHID, M. WENG, W.; CHENG, J.; ZHANG, K. Jasmonic Acid Signaling Pathway in Plants. **International Journal Of Molecular Sciences**, [S.L.], v. 20, n. 10, p. 1-15, 20 maio de 2019.

SENDON, P. M.; SEO, H. S.; SONG, J. T. Salicylic Acid Signaling: Biosynthesis, Metabolism, and Crosstalk with Jasmonic Acid. **J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.**, [s. l.], v. 4, n. 54, p. 501-506, 03 maio 2011.

SHIVAJI, R.; CAMAS, A.; ANKALA, A.; ENGELBERTH, J.; TUMLINSON, J. H.; WILLIAMS, W. P.; WILKINSON, J. R.; LUTHE, D. S. Plants on Constant Alert: elevated levels of jasmonic acid and jasmonate-induced transcripts in caterpillar-resistant maize. **Journal Of Chemical Ecology**, [S.L.], v. 36, n. 2, p. 179-191, fev. 2010.



WANG, J.; SONG, L.; GONG, X.; XU, J.; LI, M. Functions of Jasmonic Acid in Plant Regulation and Response to Abiotic Stress. **International Journal Of Molecular Sciences**, [S.L.], v. 21, n. 4, p. 1446, 20 fev. 2020.

WANG, L.; WU, J. The Essential Role of Jasmonic Acid in Plant–Herbivore Interactions Using the Wild Tobacco *Nicotiana attenuata* as a Model. **Journal Of Genetics And Genomics**, [S.L.], v. 40, n. 12, p. 597-606, dez. 2013.

WANG, Y.; MOSTAFA, S.; ZENG, W.; JIN, B. Function and Mechanism of Jasmonic Acid in Plant Responses to Abiotic and Biotic Stresses. **International Journal Of Molecular Sciences**, [S.L.], v. 22, n. 16, p. 78-85, 9 ago. 2021.

WASTERNAACK, C.; HAUSE, B. The missing link in jasmonic acid biosynthesis. **Nature Plants**, [S.L.], v. 5, n. 8, p. 776-777, 29 jul. 2019.

YAN, Q.; CUI, X.; LIN, S.; GAN, S.; XING, H.; DOU, D. GmCYP82A3, a Soybean Cytochrome P450 Family Gene Involved in the Jasmonic Acid and Ethylene Signaling Pathway, Enhances Plant Resistance to Biotic and Abiotic Stresses. **Plos One**, [S.L.], v. 11, n. 9, p. 1-18, 2 sets. 2016.

YANG, J. DUAN, G.; LI, C.; LIU, L.; HAN, G.; ZHANG, Y.; WANG, C. The Crosstalks Between Jasmonic Acid and Other Plant Hormone Signaling Highlight the Involvement of Jasmonic Acid as a Core Component in Plant Response to Biotic and Abiotic Stresses. **Frontiers In Plant Science**, [S.L.], v. 10, p. 1-12, 18 out. 2019.

YANG, Z. B.; HE., C.; MA, Y.; HERDE, M.; DING, Z. Jasmonic Acid Enhances Al-Induced Root Growth Inhibition. **Plant Physiology**, [S.L.], v. 173, n. 2, p. 1420-1433, 8 dez. 2016.

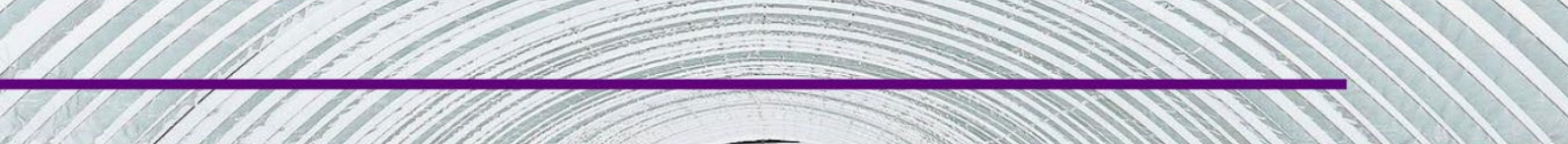
YATES-STEWART, A. D; PEKARCIK, A.; MICHEL, A.; BLAKESLEE, J. J. Jasmonic Acid-Isoleucine (JA-Ile) Is Involved in the Host-Plant Resistance Mechanism Against the Soybean Aphid (Hemiptera: aphididae). **Journal Of Economic Entomology**, [S.L.], v. 113, n. 6, p. 2972-2978, 9 out. 2020.

ZENG, J.; ZHANG, T.; HUANGFU, J.; LI, R.; LOU, Y. Both Allene Oxide Synthases Genes Are Involved in the Biosynthesis of Herbivore-Induced Jasmonic Acid and Herbivore Resistance in Rice. **Plants**, [S.L.], v. 10, n. 3, p. 442, 26 fev. 2021.

ZHANG, C.; DING, Z.; WU, K.; YANG, L.; LI, Y.; YANG, Z.; SHI, S.; LIU, X.; ZHAO, S.; YANG, Z. Suppression of Jasmonic Acid-Mediated Defense by Viral-Inducible MicroRNA319 Facilitates Virus Infection in Rice. **Molecular Plant**, [S.L.], v. 9, n. 9, p. 1302-1314, set. 2016.

ZHANG, H.; ZHANG, Q.; ZHAI, H.; GAO, S.; YANG, L.; WANG, Z.; XU, Y.; HUO, J.; REN, Z.; ZHAO, N. IbBBX24 Promotes the Jasmonic Acid Pathway and Enhances Fusarium Wilt Resistance in Sweet Potato. **The Plant Cell**, [S.L.], v. 32, n. 4, p. 1102-1123, 7 fev. 2020.

ZHANG, P. J.; LI, W.-D.; HUANG, F.; ZHANG, J. M.; XU, F. C.; LU, Y. B. Feeding by Whiteflies Suppresses Downstream Jasmonic Acid Signaling by Eliciting Salicylic Acid Signaling. **Journal Of Chemical Ecology**, [S.L.], v. 39, n. 5, p. 612-619, 19 abr. 2013.



ZHANG, Y.; JI, T. T.; LI, T. T.; TIAN, Y. Y.; WANG, L. F.; LIU, W. C. Jasmonic acid promotes leaf senescence through MYC2-mediated repression of CATALASE2 expression in Arabidopsis. **Plant Science**, [S.L.], v. 299, p. 104-110, out. 2020.

# CAPÍTULO 13

## ANÁLISE DO POTENCIAL DE RENDIMENTO E RENTABILIDADE DO TRIGO PARA A REGIÃO CENTRAL DO ESTADO DO PARANÁ – METANÁLISE<sup>9</sup>

Elton Paulo Dobrovoliski  
Fernanda Camilo da Cruz  
Ricardo Cardoso Fialho

### RESUMO

O trigo, uma das culturas de maior importância agrônômica do mundo, responsável pela matéria-prima de pães, bolos, biscoitos, massas e outros derivados, é considerado como um dos alimentos garantidores da segurança alimentar mundial. Cultivado em grande parte do planeta, tem sido melhorado e adaptado aos mais diversos climas e solos. No Brasil, o cultivo do trigo é realizado desde o século XVI e no Estado do Paraná, existem inúmeras áreas tritícolas, com destaque à região de Tibagi e Arapoti. O município de Pitanga, objeto deste estudo, ficou classificado como o 29º maior produtor de trigo do Estado (2008-2017, porém, quando foi analisado o rendimento das áreas, Pitanga foi ranqueada na 124ª colocação, com uma produtividade inferior a 2,27 t ha<sup>-1</sup>, diferentes das 3,51 t ha<sup>-1</sup> do município de Arapoti. Para compreender melhor esse cenário, com os dados e metodologia do Deral, Conab e Seab, o Estado do Paraná foi dividido em 10 blocos produtores, ranqueados do mais produtivo ao menos produtivo, agrupando os municípios conforme o rendimento das suas áreas. Pitanga foi classificada no 7º bloco produtivo. A partir deste cenário, foi realizada uma análise de rentabilidade, além dos fatores que poderiam influenciar no plantio ou na substituição do trigo por outras culturas. A região de Pitanga demonstrou, além da aptidão, potencial para o aumento da produtividade de trigo. O objetivo deste trabalho foi comparar as diferenças de produtividade do trigo entre o município de Pitanga com as regiões campeãs em rendimento no estado do Paraná, levando em consideração fatores climáticos, de fertilidade, de relevo, de política de preços, de aproveitamento de terras e socioculturais, além de e analisar o potencial produtivo de Pitanga e região.

**PALAVRAS-CHAVE:** Produtividade. Blocos Produtores. Paraná.

### INTRODUÇÃO

“O Brasil cultiva trigo contra a vontade de Deus”, afirmou em 1975 Daniel J. Samborski, fitopatologista canadense (Linhares & Faé, 2021). O trigo (*Triticum aestivum* L. e *Triticum durum* L.), faz parte da humanidade há milênios e é difundido por todo o mundo. Pode ser usado na fabricação de pães, bolos e biscoitos, fabricação de cola e na indústria cervejeira (Conab, 2017; Takeiti, c2021). No Brasil, acredita-se que foi inserido por Martim Afonso de Souza, por volta de 1534, de acordo com Carmo (1911) in: (De Mori, 2015); no Estado do Paraná, as primeiras menções documentadas acerca do trigo foram feitas

<sup>9</sup> Agência fomentadora: UCP – Faculdades do Centro do Paraná

pelo naturalista francês Auguste Saint-Hilaire em 1820, que observou lavouras do cereal aos arredores de Curitiba (Dias, 2012). O trigo foi cultivado, difundido, melhorado, se tornou lucrativo e é amplamente negociado em todo o Brasil e no mundo (FELDMAN, 1976).

O trigo é pertencente à família *Poaceae*, uma gramínea, com características morfológicas bem definidas e com grandes similaridades a outros cereais de inverno, estruturada basicamente em raízes, colmo, folhas e inflorescência; de hábito ereto, semiereto, intermediário, semiprostrado ou prostrado (Scheeren, Castro e Caierão, 2015). De acordo com a Instrução Normativa Sarc nº 7, de 15 de Agosto de 2001, no Brasil, o trigo é classificado em cinco classes: Trigo Brando, Trigo Pão, Trigo Melhorador, Trigo para outros usos e Trigo Durum, que são decididas conforme as análises de Força de Glúten (Alveografia) e Número de Queda (*Falling Number*) e o preço pago está totalmente relacionado a estas características (CODAPAR, 2001).

O município de Pitanga está localizado na mesorregião geográfica centro-sul paranaense, na microrregião de Pitanga (Ipardes, 2000), na localização 24° 45' 25" S, 51° 45' 39" W (Geohack, 2021), com altitudes variando entre 459 e 1233 metros do nível do mar, com média de 952 m, na Bacia Sedimentar do Paraná, no Terceiro Planalto Paranaense (Topographic, 2021; Mineropar, 2006), com linhas limítrofes aos municípios de Nova Tebas, Manoel Ribas, Cândido de Abreu, Boa Ventura de São Roque, Santa Maria do Oeste, Palmital, Mato Rico e Roncador (IPARDES, 2021).

O clima é temperado, mesotérmico brando, com temperaturas médias entre 10 e 22° C, super-úmido sem estação seca definida, com verões quentes e geadas sazonais, classificado pelo método Köppen e Geiger como Cfb (a maior parte) e Cfa (menor parte), apresentando precipitações médias anuais de 1900 mm (IBGE, 2018; Der, 2017). As temperaturas mínimas chegam a -7,1°C e as máximas até 35,5°C (Simepar, 2020). Com Zona Rural bem definida e com quase todas as áreas disponíveis dedicadas a alguma atividade agrícola, Pitanga é um município com características econômicas baseadas na agropecuária (IBGE, 2021; Ipardes, 2021). A vegetação da região é do tipo floresta subtropical perenifólia e apresenta solos, na maioria do tipo latossolos vermelhos distroféricos (características álicas) e, na menor parte do seu território, solos do tipo neossolos regolíticos eutróficos, nitossolos vermelhos distroféricos, latossolos brunos distróficos, argissolos vermelho-amarelos distróficos e cambissolos húmicos alumínicos (EMBRAPA SOLOS, 2020).



A declaração de Samborski é admissível, tendo em vista que o cultivo do trigo quase desapareceu do Brasil no século XIX, devido a disseminação da ferrugem-do-colmo (*Puccinia graminis tritici*) e do forte contrabando na região do Prata, além dos abusos por parte da Coroa Imperial de Portugal, que proibia a entrada de produtos coloniais (produtos brasileiros) e mantinha constantes importações de trigos estadunidenses, prússios e franceses; considerando ainda, a entrada da Colônia em guerras fronteiriças, onde os produtores eram obrigados a deixar suas terras para engajarem nessas lutas da Coroa (Cunha, 1999; Courlet, c2021). Também, entre 1947 e 1969, o Brasil, comparado a outros países e somado às suas características climáticas e pedológicas, não tinha atingido a marca produtiva de 2 milhões de toneladas de trigo e a mesma quantidade em milhões de hectares de área. Somente a partir de 1987 a produção e a área plantada de trigo no Brasil ultrapassaram a marca de 6 milhões de toneladas e em 2011, já eram ocupadas aproximadamente 7 milhões de hectares somente para o trigo em todo o Brasil (De Mori, 2015). Com isso, um fator importante também deve ser mencionado, que é o aumento da produtividade nacional, que desde 1970 até 2018, variou entre a média mínima de 424 kg ha<sup>-1</sup> (7 sc/ha) em 1972; até 3.155 kg ha<sup>-1</sup> (52 sc/ha) em 2016 (DERAL-PR, 2021; BRUNS et al., 1999).

O trigo, considerado por Andy Hecht (2021) como “a *commodity* mais política do mundo” por ser um produto básico e quase insubstituível da alimentação mundial, é originário do oeste da Ásia, possui uma aptidão climática para as zonas temperadas e subtropicais, apresentando um melhor desempenho entre as latitudes 15 e 60° N e 25 e 40° S, com altitude máxima de 3.000 m e com precipitações que podem variar entre 250 a 2.000 mm por ano (Behl et al., 1993). Souza & Filho (2020), demonstram que a aptidão climática brasileira para o cultivo do trigo está entre 12 e 33° S, excetuando-se as regiões litorâneas, o que abrange desde o sul brasileiro (RS, SC e PR), até as regiões de cerrado, no Centro-Oeste.

A demanda mundial por alimentos cresce a cada dia. Em 2021, já são mais de 7,6 bilhões de pessoas em todo o mundo (World Bank, 2021) e estimativas da ONU indicam que até 2100, este número deverá subir para aproximadamente 11 bilhões de pessoas no planeta, um crescimento de mais de 83 milhões de pessoas por ano (ONU, 2017). Na maré deste gigantesco crescimento, surge uma demanda internacional muito maior do que a existente atualmente, tanto para alimentos, como para insumos agrários. De acordo com Mendes & Padilha Junior (2007) e conforme os dados da *Food and Agriculture Organization* (FAO), a agricultura conseguirá suprir a necessidade alimentar do planeta somente até 2030.

Mendes & Padilha Junior (2007) afirmam que cada habitante do planeta consome a produção de 0,34 hectares/ano e tendo em vista a taxa de crescimento mundial em mais de 83 milhões de pessoas ao ano, o mundo necessitaria de um acréscimo de mais de 28 milhões de hectares para plantio a cada 365 dias, portanto, é necessário que sejam reafirmadas as medidas tecnológicas e sustentáveis já existentes, como o bom uso do melhoramento genético, da agricultura de precisão, o uso consciente da água e de fertilizantes, das biotecnologias, do manejo integrado de pragas e a busca pelo máximo rendimento das áreas destinadas ao plantio.

O trigo possui um potencial produtivo muito grande e anualmente surpreende com recordes de rendimento, como é o caso de uma propriedade em Ashburton, na Nova Zelândia, que em 2020 atingiu a marca de 17,39 t ha<sup>-1</sup> em uma área de pivô central (Canal Rural, 2020); no Estado de Goiás, um produtor de trigo em área irrigada, atingiu a média de 8,5 t ha<sup>-1</sup>, 3 vezes mais que a média nacional (Walendorff, 2020). No Paraná e, principalmente na região de Pitanga, o trigo é de sequeiro, ou seja, não se faz uso de sistemas de irrigação, ficando a plantação à mercê das condições climáticas do período, tendo o seu potencial de colheita muito menor do que o trigo irrigado, mesmo assim, empresas que comercializam as sementes, discretamente estimam produtividades de até 4,5 t ha<sup>-1</sup> em condições totalmente favoráveis (FOLONI, 2016).

Na Holanda, por exemplo, existem altíssimos índices de produtividades que estão relacionados, não somente à aptidão climática da região e ao manejo do solo, mas a questões tradicionais e ao investimento tecnológico subsidiado pelo governo (Dall’Agnol e Moreira, 2019). Hoje, na Holanda, se fala em *Verticale boerderijen* (Fazendas Verticais), que estimam produtividades de trigo em até 230 t ha<sup>-1</sup>, em um sistema de 10 camadas verticais em um ambiente totalmente controlado (Asseng et al., 2020), até porque, a área agricultável holandesa, não passa de 1 milhão de hectares (Yoshida, 2019), então, o avanço tecnológico é um dever para a manutenção da segurança alimentar da Holanda; somente a área agricultável do Estado do Paraná é 15 vezes maior do que a Holanda (IBGE, 2017).

Em um comparativo mundial, no decênio de 2008 a 2017, o Brasil ocupou a 29ª posição em produção, com uma média de 4,34 milhões de toneladas de trigo em uma área de quase 2 milhões de hectares, com um rendimento médio entre 2,28 t ha<sup>-1</sup> a 2,56 t ha<sup>-1</sup> (Deral, 2021; Conab, 2020; IBGE, 2017). A China, França e Irlanda, mantiveram entre os anos de 2008 e 2017 uma média de rendimento de 5,48, 7,25 e 10,17 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, sendo a Irlanda o primeiro país em produtividade de trigo do mundo (KNOEMA, 2021; CSO, 2020). Quanto à representatividade de produção total, a China ocupa o primeiro lugar no mundo, com um total

aproximado por safra de 134 milhões de toneladas. O cenário brasileiro entre 1960 e 1980 mostrou um crescimento agrícola que incorporou novas áreas, porém, nos últimos 25 anos, os dados mostram que o crescimento da produção agrícola se deu pela elevação da produtividade (MENDES & PADILHA JUNIOR, 2007).

Nas safras de 2016-2017 o governo federal aplicou com mais efetividade a PGPM, o que garantiu preços mínimos mais atrativos, tanto na região Sul do Brasil como no Centro-Oeste e Bahia. Nesse mesmo período, a marca produtiva saltou de 5,3 milhões de toneladas (média entre os anos de 2012-2015) para 6,73 milhões de toneladas em 2017 (Rabelo, 2017; Conab, 2018). A Conab afirma que este resultado foi possível graças à “utilização de variedades de alto rendimento, associados ao clima favorável durante praticamente todo o ciclo da cultura”, o que permitiu uma produtividade média de 3,17 t ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2016; CONAB, 2020).

O Estado do Paraná, desde 1970 até 2018, se manteve acima da média nacional na produção de trigo, ocupando o primeiro ou o segundo lugar em produtividade. Em 1977, produzia 900 kg ha<sup>-1</sup>, em 2016 atingiu 3 t ha<sup>-1</sup> (Conab, 2017), um aumento de mais de 300%. A representação percentual comparada à produção brasileira variou de 15% em 1970 até 70% em 1998, sendo que nas safras de 2008-2017, representou por volta de 51% da produção nacional. Em 2014 o PR atingiu um recorde de quase 3,8 milhões de toneladas de trigo (DERAL-PR, 2021; AEN-PR, 2015).

O objetivo deste trabalho foi comparar as diferenças de produtividade do trigo entre o município de Pitanga com as regiões campeãs em rendimento no estado do Paraná, levando em consideração fatores climáticos, de fertilidade, de relevo, de política de preços, de aproveitamento de terras e socioculturais, além de analisar o potencial produtivo de Pitanga e região.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Para a realização deste trabalho, os dados foram levantados utilizando-se de bancos de dados públicos e confiáveis, como o DERAL-PR (Departamento de Economia Rural do Paraná), IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), IPARDES (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social), IAT (Instituto de Águas e Terras), Secretaria de Agricultura de Pitanga-PR e o KNOEMA; para dados climatológicos, o SIMEPAR (Sistema Tecnológico de Monitoramento Ambiental do Paraná),

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), IDR-PARANÁ (Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IAPAR E EMATER) e Clima Tempo.

Para os cálculos climáticos, os dados foram coletados a partir da década de 70 e agrupados mensalmente. Para sumarizar ainda mais, foram calculadas as médias somente entre os meses representantes das safras de trigo para as principais regiões do Estado do Paraná, com margem de erro amostral de 30 dias, compreendido entre os meses de abril até dezembro. Foram considerados os dados de temperatura mínima, temperatura média, temperatura máxima e precipitação. Não foram considerados incidências de geadas, estiagens ou condições climáticas catastróficas que eventualmente aconteceram.

Quanto à classificação dos solos, foram utilizados os dados da Embrapa Solos (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e Embrapa Florestas para a categorização dos solos dos municípios das regiões produtoras de trigo do Estado do Paraná e do município de Pitanga, levando-se em consideração os solos de maior representatividade para cada região. Para efeito comparativo, foram consideradas as características básicas de fertilidade, apresentadas pela Embrapa Solos e pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Para o levantamento de dados municipais, foram realizadas entrevistas com produtores da região, selecionados aleatoriamente apenas pelo critério status de agricultores, onde foram questionados sobre o plantio de trigo, os resultados de rendimento, cultivar e área colhida; e, aqueles que não plantam o cereal, foram questionados sobre os motivos desta tomada decisão.

Para os cálculos dos Blocos Produtores, desenvolvido exclusivamente para este trabalho, os municípios do Estado do Paraná foram classificados conforme o rendimento por hectare (Gráfico 3). Dos 399 municípios do Estado, foram selecionados 371 que apresentaram produções maiores do que zero durante o decênio/safra 2008/09 até 2017/18. Para a eleição, os municípios foram organizados cada um em uma coluna distinta, e nas linhas, foram dispostas as safras entre 08/09 até 17/18, totalizando 10 safras, conforme dados disponibilizados pelo Deral (2021).

Devido a situações externas a este estudo, em raros casos, o Deral não apresentou os resultados de algumas safras para alguns municípios, então, para compensar esta variação, foram excluídos os municípios que tiveram representatividade igual a zero em mais de 2 safras durante o decênio analisado. Os municípios que tiveram representatividade maior do que zero em ao menos 8 safras, na ausência de resultados para completar as 10 safras, foram consideradas as médias das duas safras antecessoras ou sucessoras ao lapso, conforme a própria metodologia



do Deral (2019). Após esta análise, todo o conjunto de resultados de produtividade fornecidos pelo Deral ( $Produtividade\ ha^{-1} = \frac{Produção\ (t)}{Área\ (ha)}$ ) de todos os municípios foram submetidos à análise de variância populacional, com resultado igual a: 0,4899. Em sequência, cada município foi submetido à mesma análise e os resultados individuais foram comparados com a variância total, sendo excluídos os municípios que apresentaram variância maior do que 0,4899. Após este resultado, restaram 237 municípios, com uma variância total = 0,449, que a fim de diminuir ainda mais as diferenças, foram submetidos mais uma vez à análise de variância, e após as exclusões, resultou em 212 municípios, não restando representantes que apresentassem variância total maior do que 0,440. Para simplificar o estudo, os 12 últimos municípios com menor produtividade, não foram excluídos das análises, porém, seus resultados de produtividade foram desconsiderados no *ranking* de composição do bloco produtivo, restando 200 municípios com rendimento significativo de trigo e considerados para este estudo. Então, com os dados compilados, foram estabelecidos 10 blocos com 20 municípios cada, classificados do mais produtivo ao menos produtivo.

Após estes resultados, foi considerado que os blocos produtores deveriam ser submetidos ao teste da Anova para Várias Amostras a fim de identificar a existência de diferenças de rendimento à nível de significância. Foi usado o Software *Past* versão 4.06b (Hammer, 2001) e o Software *Sisvar*, onde os resultados demonstraram que haviam diferenças entre as produtividades destes municípios, (valor de  $p < 0,05$ ) Após esta análise, as médias de produtividade dos 10 blocos foram também submetidas à Anova e ao Teste de Tukey ao nível de 5% de confiança.

Para as análises de rentabilidade, foram compiladas as informações cedidas pela Conab (2010), Seab (2021) e Deral (2021), analisadas suas metodologias, separados os custos totais de produção, o preço médio de venda no ano/safra em questão e realizado o cálculo pela seguinte fórmula:

$$Lucro\ R\$ \text{ por } ha^{-1} = [(PMsc * PV.sc.ha^{-1}) - (PMsc * CP.sc.ha^{-1})].$$

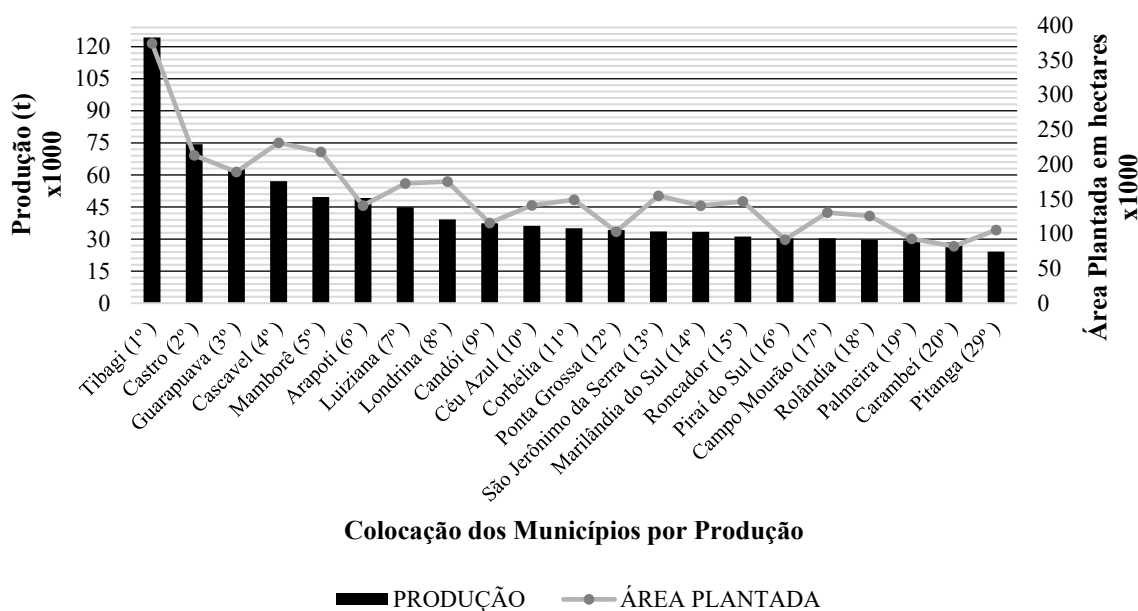
Onde, PV=preço de venda por saca de 60 kg; CP=custo de produção por saca 60 kg, PMsc=produção média em sacas por hectare.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Cenário produtivo

No município de Pitanga, existem aproximadamente 176 produtores de trigo (IBGE, 2017; Sec. Agricultura de Pitanga; 2021), com média de produção entre 2008 e 2017, de 24 mil t ano<sup>-1</sup>, em aproximadamente 10 mil ha<sup>-1</sup> plantados, o que representa 0,84% de toda a produção do Estado. Pitanga está entre os 30 maiores produtores de trigo do Paraná, ocupando a 29ª posição, conforme demonstrado no Gráfico 1, que também compara a área plantada de cada município. Quem ocupa o primeiro lugar no Paraná é o município de Tibagi, com produção média de mais de 124 mil t ano<sup>-1</sup> em uma área de 37 mil ha<sup>-1</sup> (4,4% da produção do Estado) (DERAL, 2021).

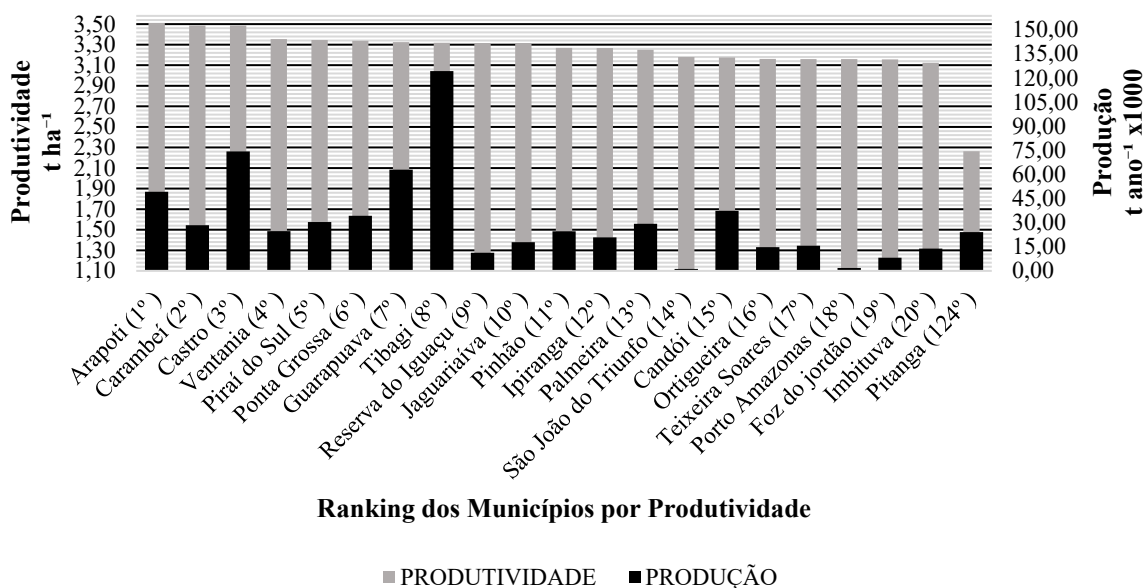
**Gráfico 1:** Ranking de produção média de trigo e área plantada entre 2008 e 2017 dos municípios do Paraná.



**Fonte:** DERAL (2021); Elaboração: DOBROVOLISKI (2021).

Quando a produtividade (t ha<sup>-1</sup>) entre os municípios é analisada, o ranking do Estado do Paraná muda de cenário. Pitanga apresentou rendimento de 2,26 t ha<sup>-1</sup>, e Arapoti, que estava cotada na 6ª posição em produção, agora assume a 1ª colocação em produtividade do Estado, com média de 3,51 t ha<sup>-1</sup>. Entre os 10 anos das safras 2008 a 2017, o rendimento das áreas cultivadas com trigo no Paraná é diferente dos resultados de produção; Pitanga, enquanto ocupa a 29ª posição em produção (t ano<sup>-1</sup>), no quesito produtividade (t ha<sup>-1</sup>), ficou com o 124º lugar (2,26 t ha<sup>-1</sup>), conforme elucidado no Gráfico 2 (DERAL, 2021; IBGE, 2017).

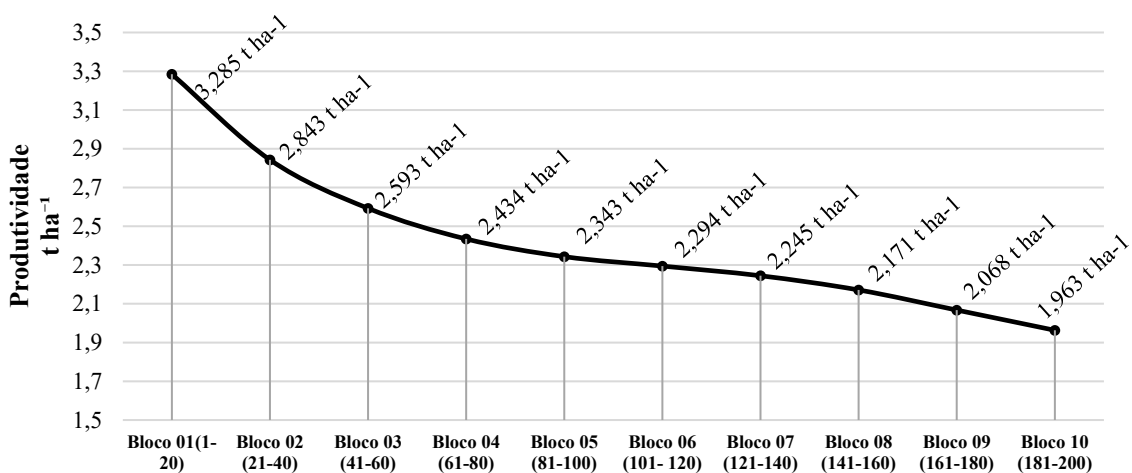
**Gráfico 2:** Ranking de produtividade de trigo ( $t\ ha^{-1}$ ) dos municípios do Paraná e Comparativo de Produção média entre os anos de 2008 a 2017.



Fonte: DERAL (2021); IBGE (2017); Elaboração: DOBROVOLISKI (2021).

Dos municípios do Paraná que cultivaram trigo entre o decênio 2008-2017, cada um, conforme o esperado, apresentou diferentes médias de produtividade, como observado no Gráfico 2, que representa os blocos produtores. A criação dos blocos permite que os municípios a serem analisados, sejam comparados com grupos de produtividade, ao invés de municípios isolados.

**Gráfico 3:** Ranking médio de produtividade de trigo - blocos a cada 20 municípios – ranking decrescente - decênio 2008-2017.



Fonte: DERAL (2021); Elaboração: DOBROVOLISKI (2021).

Quando os blocos são comparados estatisticamente é possível observar que não há diferenças de produtividade entre os municípios do 1º e do 2º bloco, no entanto há diferenças,

principalmente, quando comparados o 1º bloco com o 3º ao 10º bloco (Gráfico 3). O município de Pitanga, foi classificado no 7º bloco, com rendimento médio de 2,25 t ha<sup>-1</sup> e, enquanto o 1º bloco atingiu a marca de 3,28 t ha<sup>-1</sup> (Gráfico 3). Se o município de Pitanga tivesse atingido a média de produtividade do 1º bloco entre 2008 e 2017, teria saltado de uma produção de 24 mil toneladas para aproximadamente 34 mil t ano<sup>-1</sup>, ou seja, 167 mil sacas de trigo a mais por safra, alcançando faturamento aproximado de 25 milhões de reais (CEPEA, 2021).

## CARACTERÍSTICAS REGIONAIS

No Estado do Paraná, quando comparadas as diferenças entre o 1º bloco produtor e o município de Pitanga (Gráfico 3), não são identificados parâmetros que demonstrem distinções que possam justificar a situação do maior ou menor rendimento destes municípios. No quesito climático, as temperaturas médias, mínimas e máximas seguiram um mesmo patamar; os índices pluviométricos do período não apresentam desequilíbrios, variando um pouco mais que 150 mm durante todo o ciclo da cultura e o volume total atende às exigências do trigo (Brunetta et al., 2001). A altitude média dos municípios do bloco 1, apresentam média de 902 m de altitude e Pitanga está a 952 m, ou seja, existe uma similaridade climática e de relevo entre as regiões. (TOPOGRAPHIC, 2021; MINEROPAR, 2006).

Quanto ao solo, Pitanga, na grande maioria, é pertencente ao grande grupo dos Latossolos, assim como outros municípios do 1º Bloco (Gráfico 3). Neste mesmo bloco, também existem solos do tipo latossolos, cambissolos, nitossolos, argissolos e neossolos, sendo a maioria, principalmente entre os 10 municípios mais produtivos, assim como Pitanga, categorizados como latossólicos e/ou com características naturais de baixa fertilidade (Santos, 2011). Apesar das semelhanças, e mesmo que sejam consideradas as diferenças de fertilidade devido à formação dos solos, com a tecnologia disponível hoje, e compreendendo os recursos do manejo de solo, estas diferenças em textura, teores de argila, matéria orgânica, entre outros, poderiam ser consideradas de mínimo impacto, pois as medidas de correção, rotatividade, pousio, manejo e de fertilidade, trazem soluções claras para o bom uso destas áreas, permitindo resultados altamente produtivos nos mais diversos terrenos e de forma duradoura (PETRERE & CUNHA, 2010).

Quanto às correções de fertilidade do solo, além das tabelas convencionais, não existem dados disponíveis em bancos públicos sobre as regiões pesquisadas. Para minimizar esta situação, a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, na sua obra “Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná” traz alguns referenciais técnicos para a cultura do trigo, onde



recomenda que a saturação por bases deve ser elevada para 70% sempre que estiver abaixo de 60%; também, recomenda que sejam observadas se as cultivares apresentam variabilidade para tolerância a acidez, pois a dose de calcário poderá variar; o uso de NPK está relacionado às estimativas de produtividade desejada e ao potencial genético da cultivar, além de recomendar a observação do histórico da área, principalmente da cultura anteriormente implantada; recomenda atenção à adubação nitrogenada, onde deve-se parcelar a aplicação conforme a matéria orgânica do solo e a o tipo de cultivar que estava presente na área; O manual informa que o trigo exporta aproximadamente 20 kg t<sup>-1</sup> de Nitrogênio; 3,2 kg t<sup>-1</sup> de Fósforo; 3,5 kg t<sup>-1</sup> de Potássio; 2,4 kg t<sup>-1</sup> de Cálcio; 2,3 kg t<sup>-1</sup> de Magnésio e 3,5 kg t<sup>-1</sup> de Enxofre, valores estes que precisam ser avaliados para as próximas culturas. Para uma melhor tomada de decisão, além da análise de solo, recomenda-se que seja feita a análise foliar do trigo (PAULETTI & MOTTA, 2019).

## ENTREVISTAS: PERSPECTIVAS NEGATIVAS QUANTO AO TRIGO

Em entrevista realizada com produtores de trigo da região de Pitanga, os resultados das safras 2018-2020 foram demonstrados na Tabela 1. Os índices de produtividade, muitas vezes superiores à média municipal e estadual, demonstram que a região de Pitanga possui aptidão para um melhor rendimento da cultura do trigo, bastando então, serem considerados outros fatores que não sejam apenas numéricos, que serão apresentados a seguir.

**Tabela 1:** Rendimento de áreas tritícolas do município de Pitanga e Região, safras 2018, 2019 e 2020.

Responsável	Localização	Município	Safra/Ano	Cultivar	Área Plantada ha <sup>-1</sup>	Rendimento ton ha <sup>-1</sup>
Werner	Lagoa Verde	Pitanga-PR	2018	Toruk®	72,6	2,35
			2018	Sossego®	36,3	2,60
			2019	-	-	-
			2020	Sossego®	98,8	2,92
Lima	Faz. Leão	Pitanga-PR	2018		121,0	3,60
			2019	Toruk® e Sonic®	121,0	3,32
			2020		121,0	1,93
Santos	Sítio Iretama	Pitanga-PR	2018	Toruk®	19,3	3,24
			2018	Sossego®	24,2	3,17
			2018	Iguaçu®	24,2	3,14
			2019	Toruk®	41,1	3,17
			2019	Iguaçu®	36,3	3,07
			2020	Toruk®	48,4	3,34
			2020	Sossego®	36,3	3,07

Carmo	Rio Vorá de Baixo	Pitanga-PR	2018		36,3	1,98
			2019	Sossego®	41,1	2,30
			2020		50,8	2,48
Zampier	Faz. Cristo Rei	Boa V. S. Roque	2018	Toruk®	193,6	5,63
			2019	Toruk®	193,6	3,71
			2020	Toruk®	193,6	3,71
			<b>Média de Produtividade (t ha<sup>-1</sup>):</b>			

Fonte: Werner et al., 2021; Elaboração: O Autor.

Na contramão dos triticultores, existem uma gama de produtores que se recusam a plantar trigo e é importante compreender esta questão. Muitos optam por outras culturas de inverno, como a aveia ou azevém, em desaprovação ao trigo, ou àqueles que plantam trigo somente para aproveitar a adubação para as culturas de verão que são implantadas em sequência, pois existem muitos fatores que podem influenciar nesta tomada de decisão. Foram entrevistados alguns agricultores de Pitanga, como é o caso do produtor Eggers (2021), que afirma que *“o trigo é uma cultura muito delicada de se trabalhar e o custo é muito alto, beirando 100 sc/alg, dependendo do investimento que é feito na área, além do risco de geada e seca, o que torna o plantio até inviável em algumas safras”*. O produtor Zacalusny (2021) da região de Lagoa Verde, município de Pitanga, decidiu não mais investir em trigo devido a uma experiência negativa há 8 anos, em uma área de 19 hectares. O produtor afirma que colheu 107 sacas (total) e o que foi plantado somente foi suficiente para cobrir os custos de produção, ainda sendo necessário o acionamento do Proagro (Programa de amortização ou liquidação de custeios agrícolas do Governo Federal). O produtor Lukassievcz (2021) afirma que no município de Pitanga existem muitos riscos de geadas, portanto, explica que não considera rentável investir em trigo na região, preferindo plantar em áreas pertencentes ao município de Marquinho/PR, onde o clima demonstra ser mais favorável e os riscos de geadas são menores.

Os riscos climáticos que existem durante o inverno pitanguense, tem impactado negativamente nas decisões de plantios, já elucidados pelos produtores e que também pode ser observado na quantidade de acionamentos do Proagro, conforme demonstrado por Almeida (2016) e reafirmado por Mazur (2020), quando constataram que nas safras 2016/17 a 2018/19 a quantidade de acionamento de sinistro, somente em uma periciadora do município de Pitanga, foi de 35, unicamente para o trigo, contra 6 para o milho e 5 para a soja, ou seja, existem riscos que influenciam os produtores na tomada de decisão e no investimento no trigo como cultura rentável.

Mesmo atingindo produtividades expressivas em algumas propriedades, os custos operacionais se mostram muito altos. Os produtores entrevistados, na grande maioria, plantam trigo planejando o aproveitamento da rotação da área com a soja, que é o principal cereal cultivado na região e com maior valor agregado, pois alegam que os investimentos feitos durante o plantio do trigo, apenas minimizariam os custos da soja, questão esta, também discutida por Antunes (2016) e Almeida (2016), que explicam sobre a diluição dos custos e o aumento da produtividade de soja quando ocorre a sucessão trigo/soja.

## **RENTABILIDADE TRIGO X SOJA**

A Conab (2010), a Seab (2020) e o Deral (2021), desenvolveram um método para calcular os custos de produção agrícolas, que são divididos em Custos Variáveis, que abrange as despesas com combustíveis, manutenção, implementos, benfeitorias, mão de obra temporária, insumos, transporte, encargos e despesas gerais; e Custos Fixos, que contemplam, a longo prazo, a depreciação de máquinas, equipamentos e instalações, remunerações, seguros, entre outros. Em cada item, um percentual é atribuído na formação do custo, então, cria-se o valor médio do Custo de Produção, em  $sc.60kg.ha^{-1}$ .

Quando comparados os resultados da produção de Soja e de Trigo entre os anos de 2011 a 2021 no município de Pitanga, é possível observar claramente que a soja permite uma receita muito maior que o trigo e em todos os anos analisados, dentro das médias do município, exceto na safra 2012/2013 e nas estimativas para 2021, as colheitas de trigo não foram suficientes sequer para cobrir os custos operacionais, que em um diagnóstico pontual, levando-se em consideração apenas as estimativas dos departamentos agropecuários estaduais e federais, poderia ser considerada como uma cultura de prejuízos financeiros, conforme demonstrado na Tabela 2.

**Tabela 2:** Análise e comparativo de rentabilidade entre a cultura da soja e do trigo no município de Pitanga/PR.

Safr	Soja				Trigo			
	Rendimento Médio t há <sup>-1</sup>	Custos Totais de Produção em sc/60kg/ha	Receita Bruta em sc/60kg/ha	Lucro por há <sup>-1</sup>	Rendimento Médio t há <sup>-1</sup>	Custos Totais de Produção em sc/60kg/ha	Receita Bruta em sc/60kg/ha	Lucro por há <sup>-1</sup>
2010/2011	3,25	R\$ 34,37	R\$ 46,49	R\$ 656,50	2,23	R\$ 40,56	R\$ 28,72	-R\$ 440,09
2011/2012	3,00	R\$ 33,62	R\$ 66,11	R\$ 1.624,50	2,73	R\$ 43,01	R\$ 32,34	-R\$ 485,32
2012/2013	2,72	R\$ 36,75	R\$ 65,42	R\$ 1.299,71	1,98	R\$ 45,06	R\$ 48,94	R\$ 127,97
2013/2014	3,15	R\$ 42,85	R\$ 64,68	R\$ 1.146,08	2,00	R\$ 51,66	R\$ 40,76	-R\$ 363,26
2014/2015	3,15	R\$ 46,08	R\$ 68,34	R\$ 1.168,65	1,80	R\$ 55,93	R\$ 39,34	-R\$ 497,80
2015/2016	2,65	R\$ 49,10	R\$ 77,43	R\$ 1.251,24	3,40	R\$ 58,10	R\$ 45,41	-R\$ 718,91
2016/2017	3,55	R\$ 55,39	R\$ 66,20	R\$ 639,59	1,70	R\$ 65,53	R\$ 37,51	-R\$ 793,93
2017/2018	3,65	R\$ 55,41	R\$ 78,55	R\$ 1.407,68	2,45	R\$ 64,79	R\$ 51,11	-R\$ 558,44
2018/2019	3,79	R\$ 57,63	R\$ 76,79	R\$ 1.210,27	2,08	R\$ 66,87	R\$ 52,32	-R\$ 504,50
2019/2020	3,53	R\$ 64,08	R\$ 115,86	R\$ 3.046,39	2,75	R\$ 75,97	R\$ 71,02	-R\$ 227,00

Fonte: DERAL, 2021; CONAB, 2021; SEAB, 2021; Elaboração: O autor.

Com a análise da Tabela 2, é possível perceber que não é apenas uma questão de aumento de produtividade que iria mudar o cenário do trigo na região, mas também do preço de comercialização, uma vez que os custos operacionais continuarão seguindo as tendências de preços do mercado. Segundo Costa & Vieira Filho (2018), o aumento da produtividade no Brasil se dará pelo bom uso dos instrumentos de políticas agrícolas nacionais, de modo que o produtor tenha acesso à política de crédito rural, seguro rural, à PGPM (Política de Garantia de Preços Mínimos) e ao planejamento agrícola, somente com isso poderá associar o aumento da produtividade ao investimento produtivo. Cunha (2004), explica que a diferença de rendimento das propriedades tritícolas do Brasil pode estar associada a diversas variáveis, que vão desde as questões climáticas até o emprego de mais ou menos tecnologia nas áreas plantadas. Como observado no parágrafo anterior, o trigo sofre com alguns riscos climáticos, mas a preocupação maior está relacionada ao custo produtivo, que influencia muito na tomada de decisão e, conseqüentemente, se não houver um bom investimento no solo e um combate preventivo às doenças inerentes à cultura, a tendência é que a produtividade seja afetada.

Outro ponto que pode ser considerado na Tabela 2, diz respeito à safra 2015/2016, que se observa que a soja teve baixa produtividade na região (2,65 t ha<sup>-1</sup>), comparado ao trigo no mesmo período (3,40 t ha<sup>-1</sup>). Como o trigo é implantado posteriormente à safra de soja na região



e, tendo em vista que neste período as perdas de soja foram significativas, é possível creditar parte do aumento da produtividade no trigo, justamente pelo grande investimento em adubação realizado na soja, que devido a problemas climáticos, teve o rendimento impactado, em contrapartida, parte desta adubação disponibilizada, tendo em vista a menor exportação de nutrientes pela soja, pode ter favorecido o aumento de produtividade do trigo no mesmo período.

## **ENTREVISTAS: PERSPECTIVAS POSITIVAS QUANTO AO TRIGO**

Mas nem todos têm uma visão negativa com o trigo, como o produtor Iagla (2021), que possui sua propriedade na região distrital de Barra Bonita e informa que a área de aproximadamente 20 hectares era utilizada para o manejo de gado de corte e que neste ano de 2021, a área foi preparada para o plantio de trigo, tendo em vista as expectativas de melhores preços para o cereal, mas também pensando na cobertura de solo e no aproveitamento dos investimentos em adubo para o plantio da soja no início do verão, que segundo ele, traz grandes benefícios ao sistema, conforme ratificado por ALMEIDA (2016).

O produtor e Eng.º. Agrônomo, Zampier (2021), que há 35 anos planta mais de 190 hectares de trigo em todas as safras, em entrevista, discorda da visão que o trigo é uma cultura de prejuízos ou de baixa lucratividade, porque os custos de produção previstos precisam ser diluídos ao longo das safras e o trigo é mais uma cultura que favorece esta diluição. Ele afirma que é necessário haver um planejamento anual dentro da propriedade para a implantação das culturas e a adubação daquele ciclo, respeitando sempre o zoneamento agrícola, a escolha de boas cultivares, além do conhecimento do microclima da área em que o trigo será implantado, pois se monitorado todos anos, será possível observar que existe um comportamento climático para a incidência de geadas e de estiagens, tornando a data do plantio e a previsão dos períodos críticos do trigo menos sujeitos aos riscos climáticos. Zampier afirma que nunca perdeu dinheiro com trigo, e mesmo em uma situação de geada intensa, que ocorreu em uma determinada safra, ainda assim colheu uma média de 3 t ha<sup>-1</sup> e diz que o maior prejuízo é deixar a “terra parada”, não investir em adubação e rejeitar as aplicações necessárias, o que impacta diretamente no rendimento final, além de estar sempre com as operações programadas, como a colheita do trigo e o plantio da próxima cultura iniciando imediatamente. Giovani Facco (2021), gerente de experimentação da Biotrigo, afirmou que o plantio do trigo, além da colheita em si, “favorece o ambiente para a cultura sequente, geralmente soja”, ainda diz: “aqui no RS, o “carro-chefe” da propriedade é o trigo”, explicando que em algumas propriedades, nem sempre as culturas de verão são as mais rentáveis.

O que sabemos é que o trigo tem certas exigências, e quando não atingidas podem causar limitações no crescimento e no desenvolvimento (Filho, 2008). O trigo não suporta temperaturas superiores a 35°C por longos períodos (Behl et al., 1993), principalmente na época de granação (Al-Khatib e Pausen, 1984), uma vez que o estresse térmico nesta fase pode levar à redução de matéria seca do grão (Filho, 2008). Também não suporta exposição a temperaturas menores do que 4°C durante o estágio de emborrachamento ou menores do que -7°C nas demais fases, além de geadas nas fases iniciais ou no espigamento (Cook e Veseth, 1991; Loss e Siddique, 1994). Quanto à necessidade hídrica, para uma produção plena, o trigo necessita de aproximadamente 130 dias de ciclo (conforme a cultivar) e entre 420 a 486 mm de disponibilidade hídrica, variando segundo o melhoramento genético envolvido no processo (Schlehuber e Tucker, 1967; McKenzie e Woods, 2011). O ponto crítico do trigo está relacionado aos estresses, como a deficiência hídrica, que pode causar esterilidade do pólen (Stanhill, 1969; Saini e Lalonde, 1997) e redução na capacidade fotossintética (Beadle et al., 1985); e o excesso de chuvas no espigamento pode causar quebra de colheita, devido principalmente à incidência de doenças (FILHO, 2008).

Outro fator que pondera no insucesso do trigo, está relacionado ao abandono ou ao mal manejo de pragas e doenças durante o ciclo da cultura, situação esta, que muitas vezes ocorre por decisão do produtor, preponderando, na maioria das vezes, a alegação de cortes nos custos de produção. Esta decisão pode acarretar em menor produtividade, havendo relatos de perdas de até 62% no rendimento, somente com casos de oídio (*Blumeria graminis*) (Costamilan, 2019); desvalorização do produto final e até mesmo a rejeição da carga, pois em casos de incidência de DON (Desoxinivalenol), que ocorre quando não há combate eficaz ao fungo *Fusarium graminearum* nas espigas do trigo, em níveis muito altos (>3000 µg/kg, trigo para posterior processamento), toda a colheita poderá ficar sem destinação final (ANVISA, 2011; BERNARDI & RESENDE, c2021).

Ainda, existem outras formas de rentabilizar mais o trigo, como indica a pesquisa do Agrônomo Giovani Faé (2021), que afirma que os lucros no trigo podem ser maximizados com a adoção de novas medidas, como a redução do estande de plantas, que normalmente tem sido feita com até 400 plantas por m<sup>2</sup>, porém nesta pesquisa, Faé afirma que está sendo possível verificar uma economia de aproximadamente R\$140,00/ha, apenas reduzindo a densidade para 250 plantas por m<sup>2</sup>, isso sem prejudicar em nada a produtividade, pelo contrário, facilitando a ação dos fungicidas, inclusive com reduções nas aplicações, o que aumenta ainda mais a rentabilidade, oferecendo economias de até R\$400,00 por hectare.

## NOTAS SOBRE O ANO SAFRA 2020/21 NA REGIÃO DE PITANGA-PR

Para uma análise mais precisa do potencial produtivo do município de Pitanga, foram acompanhadas as colheitas de trigo de alguns dos produtores que cederam entrevista para este trabalho, tendo os resultados da safra 2021 expostas na Tabela 3.

**Tabela 3:** Rendimento de áreas tritícolas do município de Pitanga e Região, safra 2021.

Responsável	Localização	Município	Cultivar	Área Plantada ha <sup>-1</sup>	Rendimento ton ha <sup>-1</sup>
Iula Werner	Lagoa Verde	Pitanga-PR	Toruk®	72,6	2,92
			Sossego®	36,3	2,61
			-	-	-
			Sossego®	98,8	2,92
			Toruk®	19,3	3,09
Santos	Sítio Iretama	Pitanga-PR	Sossego®	24,2	2,23
			Iguaçu®	24,2	3,29
			Toruk®	41,1	3,11
			Iguaçu®	36,3	3,19
			Toruk®	48,4	3,38
			Sossego®	36,3	3,19
Carmo	Rio Vorá de Baixo	Pitanga-PR	Audaz®	36,3	2,47
			Astro®	41,1	2,72
			Astro®	50,8	2,83
<b>Média de Produtividade (t ha<sup>-1</sup>):</b>				<b>2,91</b>	

Fonte: Werner et al., 2021; Elaboração: O Autor.

O que foi observado, é que os produtores que continuaram investindo em adubação e na aplicação correta de fungicidas, além de uma janela de plantio com base no microclima, mantiveram as produtividades em alta, apesar da incidência de geadas, estiagens e chuvas próximas a colheita que atingiram o município de Pitanga no ano de 2021. Aqueles que tentaram soluções alternativas, buscaram economias na mitigação de fungicidas ou na adubação de base e cobertura, até mesmo antecipando o plantio do trigo para que houvesse prioridade no plantio sucessor (soja), mantendo produtividades inferiores à média do município, mas apesar de todas as variáveis positivas e negativas, as expectativas no aumento da produtividade são grandes, conforme dados disponibilizados pela Conab (2021), em que afirmam que neste ano a estimativa é de 8,19 milhões de toneladas.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo permitiu observar que a região central do Estado do Paraná apresenta grande potencial para o aumento da produtividade de trigo, com médias que podem atingir e até superar os valores encontrados no 1º Bloco Produtor.

Quanto à rentabilidade, é possível observar que o trigo dilui os custos dentro do sistema produtivo anual, tornando-se lucrativo justamente pela sua capacidade em compor o ano/safra da propriedade.

Para o aumento da produtividade, o estudo permitiu compreender que são necessários investimentos em adubação, manejo de pragas e doenças, além da observância nas janelas de plantio, evitando as predisposições às geadas e estiagens, típicas da região.

## REFERÊNCIAS

AEN-PARANÁ. Agência Estadual de Notícias do Paraná (org.). **Paraná colhe a maior safra de grãos da história: 38 milhões de toneladas**: colheita está quase encerrada e o resultado indica aumento de 6% sobre a safra anterior. 2015. Editoria Agricultura. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=87301>. Acesso em: 28 ago. 2021.

ALMEIDA, T. F.. **Julgamento de Seguro Agrícola na Cooperativa Sicredi**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrônômica). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2016. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/158977>. Acesso em 01 set. 2021.

ALMEIDA, J. L.. **Estratégias de sucessão trigo/cevada/aveia preta/soja para sistemas de produção de grãos no Centro-Sul do Paraná**. Embrapa Trigo, Circular Técnica online, Passo Fundo, 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/144794/1/ID43669-2016CTO31.pdf> - Acesso em 11 out. 2021.

ANTUNES, J. M.. **Sucessão trigo-soja produz mais grãos**. Embrapa Trigo, Passo Fundo, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/16301931/sucessao-trigo-soja-produz-mais-graos> - Acesso em 08 out. 2021.

ANVISA. Resolução nº 7, de 18 de fevereiro de 2011. Dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos.. **Resolução Nº 7, de 18 de Fevereiro de 2011(\*)**. Brasília, DF: Anvisa, Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2011/res0007\\_18\\_02\\_2011\\_rep.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2011/res0007_18_02_2011_rep.html). Acesso em: 07 set. 2021.

ASSENG, S.; GUARIN, J. R.; RAMAN, M.; MONJE, O.; KISS, G.; DESPOMMIER, D. D.; MEGGERS, F. M.; GAUTHIER, P. P. G. **Wheat yield potential in controlled-environment vertical farms**. Proceedings Of The National Academy Of Sciences, [S.L.], v. 117, n. 32, p. 19131-19135, 27 jul. 2020. Proceedings of the National Academy of Sciences. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.2002655117>.

BEADLE, C. L. et al. **Photosynthesis in relations plant production in terrestrial environments**. Oxford: UNEP, 1985. p. 156. In: MANFRON, P. A.; LAZZAROTTO, C.; MEDEIROS, S. L. P. TRIGO - Aspectos agrometeorológicos. Ciência Rural, [S.L.], v. 23, n.



2, p. 233-239, ago. 1993. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84781993000200021>.

BEHL, R. K.; NAINAWATEE, H. S.; SINGH, K.P.. High Temperature Tolerance in Wheat. **International Crop Science I**, [S.L.], p. 349-355, 2 nov. 2015. Crop Science Society of America. <http://dx.doi.org/10.2135/1993.internationalcropscience.c54>. P.349-355.

BERNARDI, C. M. G.; RESENDE, D. O. **Cartilha do Agricultor: micotoxinas no trigo**. Empraba & Abitrigo, c2021. Disponível em: [http://www.abitrigo.com.br/wp-content/uploads/2019/08/cartilha\\_do\\_agricultor\\_micotoxinas.pdf](http://www.abitrigo.com.br/wp-content/uploads/2019/08/cartilha_do_agricultor_micotoxinas.pdf) Acesso em 07 set. 2021.

BIOTRIGO (Tibagi). **Dia de Campo em Tibagi mostra como colher mais trigo em menos tempo**. 2017. Disponível em: <https://biotrigo.com.br/bionews/dia-de-campo-em-tibagi-mostra-como-colher-mais-trigo-em-menos-tempo/1327>. Acesso em: 30 ago. 2021.

BRUNETTA, D.; DOTTO, S. R.; TAVARES, L. C. V.. **Pluviosidade e rendimento de trigo no norte do Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 20p. – (Boletim de Pesquisa / Embrapa Soja, ISSN 1518-1642; n.4).

BRUNS, C.; DIGIOVANI, M. S. C.; BRUNETTA, D.; RIEDE, C. R.; ARALDI, A.; HUBNER, O. **Estudos das cadeias produtivas: trigo**. Londrina: IAPAR, 1999. p. 10

CANAL RURAL. **Trigo: agricultor obtém produtividade três vezes maior que a média nacional; veja os segredos**: em área semeada com cultivar da embrapa, produtor de goiás colheu 142,4 sacas por hectare. Em área semeada com cultivar da Embrapa, produtor de Goiás colheu 142,4 sacas por hectare. 2020. CANAL RURAL. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/trigo/trigo-recorde-productividade/>. Acesso em: 05 ago. 2021.

CAR (org.). **Cadastro Ambiental Rural**. 2021. Malhas para uso no aplicativo Google Earth e construção de mapas. Disponível em: <https://www.car.gov.br/>. Acesso em: 11 ago. 2021.

CARMO, J. C. L.. [Você planta trigo no município de Pitanga? Se sim, qual é a cultivar, área plantada e o rendimento? Se não planta, quais são os motivos?]. Whatsapp: [Conversa com o autor]. 28 ago. 2021. 09h16. 5 mensagens de Whatsapp.

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Brasil). Cepea. **Preço Médio do Trigo CEPEA/ESALQ – Paraná**. 2021. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/trigo.aspx>. Acesso em: 18 ago. 2021.

CLIMATEMPO. **Histórico Climatológico por município**. 2021. Disponível em <https://www.climatempo.com.br/climatologia/4308/reboucas-pr>. Acesso em 11/07/2021.

CODAPAR, Ministério da Agricultura e do Abastecimento – Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. **7: Regulamento técnico de identidade e de qualidade do trigo**.. 1 ed. Curitiba: Codapar, 2001. 15 p. Disponível em: <http://www.codapar.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/trigo.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2021.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2016/2017**. Brasília: Conab, 2016. v. 4, n. 3,156 p.

\_\_\_\_\_. **A cultura do trigo** / organizadores Aroldo Antonio de Oliveira Neto e Candice Mello Romero Santos. – Brasília: Conab, 2017, p. 72-73.

\_\_\_\_\_. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2017/2018**. Brasília: Conab, 2018. v. 5, n. 12, 148 p.

\_\_\_\_\_. **A Cultura do Trigo: Análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos-safra 2009 a 2017**. Brasília: Conab, 2016. v.1, 60 p. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/compendio-de-estudos-da-conab/item/download/20148\\_ba43e23421f262fc476c89bda17a0f97](https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/compendio-de-estudos-da-conab/item/download/20148_ba43e23421f262fc476c89bda17a0f97) Acesso em 31 ago. 2021.

\_\_\_\_\_. **Custos de produção agrícola: a metodologia da Conab**. Brasília: Conab, 2010., 60 p. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/images/arquivos/informacoes\\_agricolas/metodologia\\_custo\\_producao.pdf](https://www.conab.gov.br/images/arquivos/informacoes_agricolas/metodologia_custo_producao.pdf) Acesso em 31 ago. 2021.

\_\_\_\_\_. **Estoques**. 2019a. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/abastecimento-social/vendas-em-balcao/estoques-e-precos-por-ua/item/download/29238\\_56b42da1e9a428755d7e1a0ae8b78e53](https://www.conab.gov.br/abastecimento-social/vendas-em-balcao/estoques-e-precos-por-ua/item/download/29238_56b42da1e9a428755d7e1a0ae8b78e53). Acesso em: 5 ago. 2021.

\_\_\_\_\_. **Portal de informações agropecuárias**. 2019b. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/produtos-360.html> . Acesso em: 18 ago. 2021.

\_\_\_\_\_. **Resumo de leilões**. 2019c. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/comercializacao/leiloes-publicos/resumo-de-leiloes?start=10>. Acesso em: 6 ago. 2021.

\_\_\_\_\_. **Série Histórica das Safras**. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/item/download/38694\\_bca874ed76d8e3b8d0e36116f87930bd](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/item/download/38694_bca874ed76d8e3b8d0e36116f87930bd). Acesso em: 14 ago 2021.

\_\_\_\_\_. **Estimativa indica aumento na produção de grãos na safra 2021/22, com previsão em 288,61 milhões de toneladas**. Gerência de Imprensa., 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4316-estimativa-indica-aumento-na-producao-de-graos-na-safra-2021-22-com-previsao-em-288-61-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 21 out 2021.

COOK, R. J.; VESETH, R. J. **Limiting effects o the physical and chemical environmental**. In: Wheat health management. St. Paul: American Phytopathological Society, 1991. P-21-39.

COSTA, M. E.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Choque de oferta no crédito rural e seu impacto produtivo na agricultura brasileira**. In: SACHSIDA, A. (Org.). Políticas públicas: avaliando mais de meio trilhão de reais em gastos públicos. 1. ed. Brasília: Ipea, 2018. v. 1, p. 207-224.

COSTAMILAN, L. M.. **Artigo - Momento de observar o oídio em trigo**. 2019. Embrapa Trigo. Disponível em: <http://sinditrigopr.com.br/blog/2019/07/26/limites-mais-rigidos-da-micotoxina-don-no-trigo-demandam-estrategias-no-campo-e-na-industria/>. Acesso em: 07 set. 2021

COURLET, B. A.. **Identidades em uma zona de fronteira: a região do prata no período colonial.** c2021. FEE – Fundação de Economia e Estatística. Porto Alegre - RS. Disponível em: <http://cdn.fee.tche.br/jornadas/2/H4-03.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2021.

CSO (org.). **Area, yield and production of crops 2019 - 2020.** Disponível em: <https://www.cso.ie/en/releasesandpublications/er/aypc/areayieldandproductionofcrops2019/>. Acesso em: 16 ago. 2021. CUNHA, G. R. da.; **Lidando com riscos climáticos: clima, sociedade e agricultura.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. 400 p.

DALL'AGNOL, A.; MOREIRA, P.; Embrapa Soja in: **Parece mentira, mas o agro da Holanda supera o do Brasil em exportação,** Canal Rural, 2019. Disponível em <https://blogs.canalrural.com.br/embrapasoja/2019/03/06/parece-mentira-mas-o-agronegocio-da-holanda-supera-o-do-brasil/>. Acesso em 21 ago. 2021.

DE MORI, C.; **Aspectos Econômicos da Produção e Utilização in: Trigo: do plantio à colheita;** BORÉM, A.; SCHEEREN, P. L., Viçosa, MG, UFV, 2015.

DER – Departamento de Estradas e Rodagens; **Programa Estratégico de Infraestrutura e Logística do Paraná BID I – Integração: Síntese do Projeto Executivo PR-239 Pitanga – Mato Rico.** Curitiba: DER-BID, 2017, p.27. Disponível em: [http://www.der.pr.gov.br/sites/der/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-02/sinteseimatorico.pdf](http://www.der.pr.gov.br/sites/der/arquivos_restritos/files/documento/2020-02/sinteseimatorico.pdf) Acesso em 19 ago 2021.

DERAL – Departamento de Economia Rural. **Levantamento da Produção Agrícola: produção agrícola por município. Produção Agrícola Por Município.** 2019. Disponível em: [https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos\\_restritos/files/documento/2019-10/cprbr.xls](https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2019-10/cprbr.xls). Acesso em: 21 jul. 2021

DERAL – Secretaria de Estado de Agricultura e do Abastecimento do Paraná – Departamento de Economia Rural. **Metodologia de coleta de dados da Previsão Subjetiva de Safras (PSS).** 2019. Disponível em: [https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos\\_restritos/files/documento/2019-09/metodologia\\_pss.pdf](https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2019-09/metodologia_pss.pdf). Acesso em: 05 set. 2021.

\_\_\_\_\_. **Custos de Produção e Preços Pagos pelo Produtor: Histórico (94-atual),** c2021. Disponível em: [https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-03/nhistorico\\_94.xls](https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-03/nhistorico_94.xls) Acesso em 31 ago. 2021.

DIAS, J. C.. **O grão rei: os caminhos do trigo no Brasil do campo à mesa.** São Paulo: Barleus, 2012.

EGGERS, J. B.. **[Motivos para se evitar o plantio do trigo na região de Pitanga-PR].** Whatsapp: [Conversa com o autor]. 28 ago. 2021. 09h27. 4 mensagens de Whatsapp.

EMBRAPA SOLOS. **Mapa de solos do estado do Paraná:** SiBCS, 2006; 2020. GEOINFO. Disponível em: [http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Aparana\\_solos\\_20201105](http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Aparana_solos_20201105). Acesso em: 08 ago. 2021.

FACCO, G.. BIOTRIGO. **Produtividade de Trigo.** [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <eltonpaulo.agro@gmail.com>. em: 02 set. 2021.



FAÉ, G.. Novo Rural. **Opinião: Mais lucro por hectare com o cultivo do trigo**. 2021. Disponível em: <https://novorural.com/noticia/5172/opiniao-mais-lucro-por-hectare-com-o-cultivo-do-trigo>. Acesso em: 31 ago. 2021.

FELDMAN, M.; KISLEV, M. E.. Domestication of emmer wheat and evolution of free-threshing tetraploid wheat. **Israel Journal Of Plant Sciences**, [S.L.], v. 55, n. 3, p. 207-221, 1 dez. 2007. Laser Pages Publishing Ltd.. <http://dx.doi.org/10.1560/ijps.55.3-4.207>. P.120-8.

FILHO, D. F.. **Manual da Cultura do Trigo**. Jaboticabal: Funep, 2018. 338 p., p. 71–85.

FOLONI, J. S. et al. (org.). **Indicações fitotécnicas para cultivares de trigo da Embrapa no Paraná**. Londrina: Embrapa, 2016. 24 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/147150/1/CT117-OL.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2021.

GEOHACK. 2021. **Global/Trans-national services**. Disponível em: [https://geohack.toolforge.org/geohack.php?pagename=Pitanga\\_\(Paran%C3%A1\)&ms=24\\_45\\_25\\_S\\_51\\_45\\_39\\_W\\_type:city\\_region:BR](https://geohack.toolforge.org/geohack.php?pagename=Pitanga_(Paran%C3%A1)&ms=24_45_25_S_51_45_39_W_type:city_region:BR). Acesso em: 16 ago. 2021.

HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D.. 2001. **Past: Paleontological Statistics software package for education and data analysis**. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9 pp. Disponível em: <https://www.nhm.uio.no/english/research/infrastructure/past/>

HECHT, A.. **Trigo, a Commodity Mais Política do Mundo Dispara**. 2021. Investing.com. Disponível em: <https://br.investing.com/analysis/trigo-a-commodity-mais-politica-do-mundo-dispara-200441949>. Acesso em: 06 ago. 2021.

IAGLA, H.. **[Motivos para se evitar o plantio do trigo na região de Pitanga-PR]**. Whatsapp: [Conversa com o autor]. 28 ago. 2021. 10h12. 1 mensagens de Whatsapp.

IAPAR. **Atlas climático do Estado do Paraná**. Londrina - Pr: Iapar - Instituto Agronômico do Paraná, 2019. 210 p. P. 26-213. Disponível em: <http://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/agrometeorologia/atlas-climatico/atlas-climatico-do-parana-2019.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2021.

IAT – Instituto de Águas e Terras do Paraná. **Relatório de Totais Mensais de Precipitação**. 2021. Disponível em: <http://www.sih-web.aguasparana.pr.gov.br/sih-web/gerarRelatorioTotaisMensaisPrecipitacao.do?action=carregarInterfaceInicial>. Acesso em: 13 ago. 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017: resultados definitivos**. Resultados Definitivos. 2017. Disponível em: <https://censos.IBGE.gov.br/agro/2017/resultados-censo-agro-2017.html>. Acesso em: 20 ago. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Clima do Brasil**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2018. Disponível em: <http://www.visualizador.inde.gov.br>. Acesso em: 16 ago. 2021.

INMET. **Tabela de Dados das Estações**. 2021. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/>. Acesso em: 18 ago. 2021.



IPARDES. **Caderno Estatístico Município de Pitanga**: Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. 2021. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/cadernos/MontaCadPdf1.php?Municipio=85200&btOk=ok>. Acesso em: 27 ago. 2021.

IPARDES. **Lista dos 399 municípios do Estado ordenados segundo mesorregiões e microrregiões geográficas do IBGE – Paraná – 2000**: Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Disponível em: [https://mppr.mp.br/arquivos/File/subplan/gempar/relacao\\_mun\\_micros\\_mesos\\_parana.pdf](https://mppr.mp.br/arquivos/File/subplan/gempar/relacao_mun_micros_mesos_parana.pdf). Acesso em: 27 ago. 2021.

KNOEMA (United States). **Area, yield and production of crops**. 2021. Disponível em: <https://knoema.com/atlas/sources/FAO>. Acesso em: 22 jul. 2021.

\_\_\_\_\_. **Wheat Production**. 2021. Disponível em: <https://knoema.com/atlas/topics/Agriculture/Crops-Production-Quantity-tonnes/Wheat-production>. Acesso em: 22 jul. 2021.

\_\_\_\_\_. **Yield Production**. 2021. Disponível em: <https://knoema.com/atlas/topics/Agriculture/Crops-Production-Yield/Wheat-yield>. Acesso em: 22 jul. 2021.

\_\_\_\_\_. **Cereals Food Supply**. 2021. Disponível em: <https://knoema.com/atlas/topics/Agriculture/Food-Supply-Total-Quantity-kgcapitayr/Cereals-food-supply>. Acesso em: 22 jul. 2021.

LIMA, P. de. **[Você planta trigo no município de Pitanga? Se sim, qual é a cultivar, área plantada e o rendimento? Se não planta, quais são os motivos?]**. Whatsapp: [Conversa com o autor]. 27 ago. 2021. 22h59. 4 mensagens de Whatsapp.

LINHARES, A. G.; FAÉ, G. S.. **Trigo – Contra a Vontade de Deus?** [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <eltonpaulo.agro@gmail.com>. em: 26 nov. 2021.

LOSS, S. P.; SIDDIQUE, K.H.M.. **Morphological and Physiological Traits Associated with Wheat Yield Increases in Mediterranean Environments**. Advances In Agronomy Volume 52, [S.L.], p. 229-276, 1994. Elsevier. [http://dx.doi.org/10.1016/s0065-2113\(08\)60625-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0065-2113(08)60625-2).

LUKASSIEVCZ, J. M. P.. **[Motivos para se evitar o plantio do trigo na região de Pitanga-PR]**. Whatsapp: [Conversa com o autor]. 28 ago. 2021. 09h58. 3 mensagens de Whatsapp.

MAPA, Ministério da Pecuária e da Agricultura. **Zoneamento Agrícola de Risco Climático**. 2021. Disponível em: <https://indicadores.agricultura.gov.br/zarc/index.htm>. Acesso em: 19 ago. 2021

MAZUR, L.. **Acionamentos de Proagro nas safras 2016/17, 2017/18 e 2018/19: um estudo de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrônoma). UCP – Faculdades do Centro do Paraná. 2020. Disponível em: <http://repositorio.ucpparana.edu.br/index.php/engagro/article/view/106/105>. Acesso em 01 set. 2021.

McKENZIE, R. H.; WOODS, S. A.. **Crop water use and requirements**; Alberta Agriculture and Rural Development; in: Agri-Facts; Alberta – CA; 2011. Agdex 100/561-1; p. 4. Disponível em: <https://open.alberta.ca/dataset/9a017865-5692-464d-92ac-93b5d50558db/resource/c0d20e0c-9f14-4f6d-8144-b8a6bc3452ba/download/5485851-2011-agri-facts-crop-water-use-requirements-revised-100-561-1-2011-11.pdf> Acesso em 14 ago. 2021.

MENDES, J. T. G.; PADILHA JUNIOR, J. B.. **Agronegócio**: uma abordagem econômica. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. 370 p.

MINEROPAR. Minérios do Paraná. **Atlas geomorfológico do Estado do Paraná**. Escala 1:250.000 modelos reduzidos Minerais do Paraná. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006. Disponível em: [http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-04/atlas\\_geomorforlogico\\_parana\\_2006.pdf](http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-04/atlas_geomorforlogico_parana_2006.pdf) Acessado em: 25 ago de 2021.

ONU NEWS. Eleutério G.. **População mundial atingiu 7,6 bilhões de habitantes**. 2017. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2017/06/1589091-populacao-mundial-atingiu-76-bilhoes-de-habitantes>. Acesso em: 10 ago. 2021.

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V.. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**, 2ª ed. – Curitiba: Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – NEPAR-SBCS, 2019, p. 104-106.

PETRERE, V. G.; CUNHA, T. J. F. (org.). **Características dos solos cultivados com videira no Submédio do Vale do São Francisco**. 2010. EMBRAPA-SEMIÁRIDO. Disponível em: [http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema\\_producao/spuva/manejo.html](http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spuva/manejo.html). Acesso em: 06 set. 2021.

RABELO, P. M.. **Mercado de trigo**. In: OLIVEIRA, N. A. A.; SANTOS, C. M. R. (Orgs.). **A cultura do trigo**. Brasília: Conab, 2017. p. 182-212.

REAVIS, G. H.. **The Animal School**. 2. ed. Peterborough Usa: Crystal Springs Books, 1940. 25 p. Ed. 1999. Disponível em: <https://madalen.files.wordpress.com/2009/09/14037268-the-animal-school.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2021.

SAINI, H. S.; LALONDE, S.. **Injuries to Reproductive Development Under Water Stress, and Their Consequences for Crop Productivity**. Journal Of Crop Production, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 223-248, 8 out. 1997. Informa UK Limited. [http://dx.doi.org/10.1300/j144v01n01\\_10](http://dx.doi.org/10.1300/j144v01n01_10).

SANTOS, A. A.. **[Você planta trigo no município de Pitanga? Se sim, qual é a cultivar, área plantada e o rendimento? Se não planta, quais são os motivos?]**. Whatsapp: [Conversa com o autor]. 28 ago. 2021. 08h32. 6 mensagens de Whatsapp.

SANTOS, H. G.. **O novo mapa de solos do Brasil**: legenda atualizada / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2011. 67 p.

SCHEEREN, P. L.; CASTRO, Ricardo Lima de; CAIERÃO, E. (Viçosa). Embrapa. **Botânica, Morfologia e Descrição Fenotípica**. In: SCHEEREN, P. L.; CASTRO, R. L.; CAIERÃO, E.. **Trigo do Plantio à Colheita**. Viçosa: Embrapa, 2015. Cap. 2. p. 35-55. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128602/1/ID-43066-2015-trigo-do-plantio-a-colheita-cap2.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2021.

SCHLEHUBER, A. M.; TUCKER, B.B. **Culture of wheat**. In: QUISENBERRY, K. S.; REITZ, L.P. (Eds.) *Wheat and wheat improvement*. Madison: American Society Agronomy, 1967. P. 117-179.

SEAB – Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. **Histórico Sima**. 2021; Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/Pagina/Historico-Sima> Acesso em 31 ago. 2021.

SECRETARIA DE AGRICULTURA DE PITANGA. **Departamento Prefeitura Municipal de Pitanga - PR**. 2021.

SIMEPAR. Sistema Meteorológico do Paraná Disponível em: <http://www.simepar.br>. Acesso em 16 ago. 2021.

SOUZA, R. G.; FILHO, J. E. R. V.. **Produção de Trigo no Brasil: Indicadores Regionais e Políticas Públicas**. IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília : Rio de Janeiro, 2020.

STANHILL, G.. **Crop Responses to Water at Different Stages of Growth**. In: Salter, P. J.; Goode, J. E.. *The Quarterly Review Of Biology*, [S.L.], v. 44, n. 4, p. 421-422, dez. 1969. University of Chicago Press. <http://dx.doi.org/10.1086/406296>.

TAGUCHI, V.. **Prêmio Mulheres do Agro encerra inscrições no dia 20 de agosto**, Revista Globo Rural, Rio de Janeiro, Ed. Globo, 2021. Disponível em <https://revistagloborural.globo.com/Premio-Mulheres-do-Agro/noticia/2021/08/premio-mulheres-do-agro-encerra-inscricoes-no-dia-20-de-agosto.html>. Acesso em 25 ago. 2021.

TAKEITI, C. Y. (Brasília). Embrapa. **Trigo**. c2021. Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia\\_de\\_alimentos/arvore/CONT000girlwnqt02wx5ok05vadr1qrnof0m.html#](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/CONT000girlwnqt02wx5ok05vadr1qrnof0m.html#). Acesso em: 30 ago. 2021.

TOPOGRAPHIC-MAP in: Yamazaki, D. D.; Ikeshima, R.; Tawatari, T.; Yamaguchi, F.; O'Loughlin, J.C.; Neal, C.C.; Sampson, S.; Kanae, P.D.. **Bates A high accuracy map of global terrain elevations** *Geophysical Research Letters*, vol.44, pp.5844-5853, 2017 doi: 10.1002/2017GL072874. Disponível em: <https://pt-br.topographic-map.com/maps/gw21/Pitanga/>. Acesso em 19 ago. 2021.

WALENDORFF, R.. **Lavoura em Goiás alcança maior produtividade nacional de trigo em 2020**, Revista Valor, ed. Globo, Rio de Janeiro – RJ, 2020; Disponível em: <https://valor.globo.com/agronegocios/noticia/2020/10/03/lavoura-em-gois-alcana-maior-produtividade-nacional-de-trigo-em-2020.ghtml>

WERNER, O. L.. **[Você planta trigo no município de Pitanga? Se sim, qual é a cultivar, área plantada e o rendimento? Se não planta, quais são os motivos?]**. Whatsapp: [Conversa com o autor]. 27 ago. 2021. 22h43. 4 mensagens de Whatsapp.

WORLD BANK GROUP, **The Population Total in World**. 2021. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?end=2020&locations=1W&start=1960&view=chart>. Acesso em: 10 ago. 2021.

YOSHIDA, E.. (Amsterdã). Revista Exame. **Como a Holanda virou uma potência do agronegócio**. 2019. Disponível em: <https://exame.com/revista-exame/muito-alem-da-porteira/>. Acesso em: 11 ago. 2021.

ZACALUSNY, J.. **[Motivos para se evitar o plantio do trigo na região de Pitanga-PR]**. Whatsapp: [Conversa com o autor]. 28 ago. 2021. 09h18. 2 mensagens de Whatsapp.

ZAMPIER, L. C.: depoimento (02 set. 2021). Entrevistador: o autor. Pitanga/PR – Producerta, 2021. Gravação em formato mp3. Entrevista concedida para levantamento de dados e opinião técnica para o **Trabalho de Conclusão de Curso “Análise do Potencial de Rendimento e Rentabilidade do Trigo para a Região Central do Estado do Paraná – Metanálise”**.



# CAPÍTULO 14

## TRATAMENTO AERÓBIO E ANAERÓBIO DA BIOMASSA: DO DESPERDÍCIO À OBTENÇÃO DE MATÉRIAS-PRIMAS QUE RECICLAM NUTRIENTES E ENERGIA<sup>10</sup>

Érika Flávia Machado Pinheiro  
Adriana Paulo de Sousa Oliveira  
Camila Ferreira Matos  
Sayonara Costa de Araújo  
Izabela Gouveia Nascimento  
David Villas Boas Campos

### RESUMO

O termo biomassa refere-se ao material orgânico de origem vegetal ou animal, constituída de carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, entre outros elementos químicos. O termo *biomassa* é muito utilizado visando o seu uso na produção de energia. O uso da biomassa para a produção de energia não é recente e, atualmente, um maior destaque tem ocorrido devido às preocupações com o aquecimento global e a contribuição de combustíveis fósseis não-renováveis nas emissões de gases de efeito estufa. Ao considerar o uso da biomassa para a produção de energia, deve considerar se esse fim compete com a produção de alimentos para o consumo humano ou se é para a produção de energia de segunda geração, a qual utiliza material vegetal que não interfere com a cadeia de fornecimento de alimentos (por exemplo, o uso de resíduos de plantas ou produtos residuais). No país é crescente a utilização da palhada da cana-de-açúcar para a produção de energia de segunda geração. Mas, a retirada total da palhada da cana da superfície do solo para a produção de energia também pode comprometer a segurança do solo. O setor de produção de alimentos, fibras e energias, junto com a agroindústria, constitui um dos principais segmentos da economia brasileira. Essas atividades geram resíduos que, se não forem reaproveitados e reconduzidos a cadeia produtiva, representam desperdícios energéticos e econômicos para o setor produtivo e oferecem riscos ecológicos e sociais. Uma utilização direta dos resíduos agrícolas, de forma racional e viável econômica e ambientalmente, é a produção animal visando a alimentação (ração). Na pecuária também são gerados resíduos líquidos e sólidos que devem ser tratados visando à sua reutilização na cadeia agrícola. Um tratamento recomendado para tratar os resíduos da agropecuária é a digestão anaeróbia. Nesse tratamento é obtido como produto final energia (biogás), fertilizante ou substrato. Outra forma de tratamento utilizada visando a estabilização do material orgânico é a digestão aeróbia. Nesse capítulo serão abordadas essas duas formas de tratamento de resíduos agrícolas, com exemplos práticos de aplicação de cada técnica.

**PALAVRAS-CHAVE:** biomassa, economia circular, digestão aeróbia e anaeróbia, energia.

<sup>10</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

## INTRODUÇÃO

A agricultura teve início com a recessão do período glacial, em torno de 10.000 anos a.C., quando a população do mundo era de apenas 3 milhões de habitantes (MAZOYER & ROUDART, 2010; STEFFEN, 2015). A atual população mundial, de 7,7 bilhões, está projetada para crescer e alcançar cerca de 10 bilhões em 2050, de acordo com o relatório lançado pelas Nações Unidas (UNITED NATIONS, 2019), que aponta que o crescimento será maior nos países em desenvolvimento. A pergunta que fica, então, é como alimentar uma população crescente, aliado à capacidade de produzir alimentos de forma sustentável, garantindo a segurança alimentar, do solo, hídrica e energética, e ainda mitigar as mudanças do clima?

Nos séculos XVIII e XIX, com a modernização da agricultura e da pecuária, a produção de alimentos ampliou-se para uma escala muito maior. Os sistemas agrícolas ficaram mais intensivos e foi estimulado o uso de tecnologias nos países em desenvolvimento das regiões tropicais, processo conhecido como a Revolução Verde, que teve seu auge nos anos 70 no Brasil. Hoje, o setor de produção primária de alimentos, fibras e energias, junto com a agroindústria, constitui um dos principais segmentos da economia brasileira, com importância tanto no abastecimento interno quanto no externo. Essas atividades geram resíduos sólidos e líquidos (efluentes) que, se não forem reaproveitados e reconduzidos a cadeia produtiva, representam desperdícios para o setor produtivo e oferecem riscos ecológicos e sociais. O termo ‘resíduo agrícola’ é utilizado para se referir as substâncias orgânicas descartadas no processo de produção agrícola. Incluem os resíduos de plantas (folhas, talos, ponteiros, raízes) e de animais (estrupe de aves, bovinos, suínos), os produtos agrícolas deteriorados ou não aproveitados na etapa de pós-processamento, e outros produtos marginalizados pelo processamento industrial.

Uma utilização racional e viável econômica e ambientalmente dos resíduos sólidos gerados no setor agrícola é a produção animal, com o intuito de atender a nutrição animal. Na produção animal também são gerados resíduos que devem ser tratados visando o reuso da água, a obtenção de energia (biogás), produção de fertilizantes orgânicos ou substratos para a produção de mudas. Com relação aos resíduos líquidos, uma rota que deve ser seguida é o tratamento primário (filtros orgânicos), secundário (lagoas de estabilização, alagados construídos) e terciário (osmose reversa), antes do lançamento desses efluentes nos solos (fertirrigação) e corpos hídricos.

A recondução dos resíduos agropecuários na cadeia produtiva do setor primário é o principal objetivo. Enfatizam-se a possibilidade de se produzir energia através da produção de biogás, e biofertilizante a partir do reuso de matéria-prima, que até então era desperdiçada na propriedade, é uma realidade na atualidade em diversas propriedades rurais. O manejo de dejetos animais para aproveitamento do gás metano para a geração de energia é uma atividade com grande potencial, especialmente por já existir metodologia aprovada. Tudo isso visando sempre o ganho energético, econômico e ambiental da atividade agropecuária, objetivando tornar o balanço do ciclo de vida da produção agropecuária positivo.

## **PRODUÇÃO DE BIOMASSA NA AGROPECUÁRIA E POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA**

Até meados do século 19, o uso da madeira das florestas e resíduos agrícolas foi a fonte dominante de energia usada no mundo para a cocção de alimentos e o aquecimento do ambiente (SILVA & ARBILLA, 2018). Atualmente, o uso da biomassa está se destacando, devido às preocupações com o aquecimento global e a contribuição de combustíveis fósseis não renováveis nas emissões de gases de efeito estufa. O Brasil possui situação privilegiada para a produção de biomassa em larga escala, pois existem extensas áreas cultiváveis e condições climáticas favoráveis ao longo do ano.

A biomassa é a matéria orgânica de origem vegetal (fonte primária) ou animal (fonte secundária) que possui energia solar armazenada e que pode ser usada na produção de energia. Nem toda a produção primária passa a incrementar a biomassa vegetal, pois parte dessa energia acumulada é empregada pelo ecossistema na sua própria manutenção. As plantas, por exemplo, absorvem a energia solar e a transforma em energia química, num processo denominado fotossíntese. Quando a biomassa é queimada, a energia química armazenada é liberada na forma de calor. A biomassa pode ser queimada diretamente, ou convertida em biocombustíveis líquidos ou biogás que podem ser queimados como combustíveis. Suas vantagens são o baixo custo, é renovável, permite o reaproveitamento de resíduos e é menos poluente que outras formas de energias, como aquela obtida a partir de combustíveis fósseis. Como exemplos de biomassa e seus respectivos usos para a produção de energia, destacam-se:

- **Resíduos agrícolas:** podem ser queimados como combustível ou serem convertidos em biocombustíveis líquidos, ou podem ser utilizados para produção de fertilizantes orgânicos;
- **Resíduos de madeira e processamento de madeira (briquetes):** queimados para aquecer edifícios, produzir energia térmica para uso industrial e gerar eletricidade;

- **Restos de alimentos, restos de podas e varrição de quintal:** queimados para gerar eletricidade em usinas elétricas ou convertidos em biogás;
- **Esterco animal e esgoto humano:** convertido em biogás, que pode ser queimado como combustível.
- **Água residuária:** composta por fezes, urina, resíduos de ração, pelos, cama animal, produtos de limpeza e desinfecção. Possui grande potencial poluidor devido a elevada carga orgânica, altas concentrações de microrganismos patogênicos e metais pesados (PEREIRA, DEMARCHI & BUDIÑO, 2009). Pode ser tratada para ser usada como água de reuso para limpeza das baias e produção de fertilizante orgânico. Também pode ser matéria-prima para alimentar os biodigestores aeróbios e anaeróbios, com produção de fertilizantes e biogás.

Entre as diversas opções de utilização da biomassa, a mais interessante, do ponto de vista tecnológico e de maior significado econômico para o Brasil, é a produção de etanol da cana-de-açúcar, que é cultivada no país há quase 500 anos para a produção de açúcar. A matriz energética brasileira utiliza mais fontes renováveis de energia que no resto do mundo. Somando lenha e carvão vegetal, hidráulica, derivados de cana e outras renováveis, totalizam 41,1%, quase metade da nossa matriz energética.

## TRATAMENTO DA BIOMASSA PARA A AGRICULTURA

Os dejetos animais podem ser reciclados e reintegrados a cadeia produtiva após tratamento por processos de estabilização química, tais como: compostagem, vermicompostagem, biodigestão aeróbia e anaeróbia.

O tratamento de água residuária é basicamente dividido em quatro níveis: preliminar (remoção de sólidos grosseiros, gorduras e areia); primário (remoção de sólidos suspensos sedimentáveis); secundário (predomínio de mecanismos biológicos, visa a remoção de demanda de oxigênio) e terciário ou avançado (remoção de nutrientes, organismos patogênicos, metais pesados, sólidos inorgânicos dissolvidos e compostos não biodegradáveis) (VON SPERLING, 2014; VESILIND & MORGAN, 2015).

A seguir será discutido o tratamento de resíduos utilizando digestão anaeróbia e aeróbia, e apresentados alguns estudos desenvolvidos pelos autores.



## DIGESTÃO ANAERÓBIA

A digestão anaeróbia é um processo microbiológico anaeróbio, na qual toda a matéria orgânica é degradada produzindo uma mistura de gases como o metano, o dióxido de carbono, hidrogênio, amônia e o ácido sulfídrico, entre outros produtos (CHERNICARO, 1997).

A principal vantagem em se adotar sistemas de tratamento anaeróbio de dejetos está relacionada à produção de energia, com a obtenção do biogás. O biogás é composto, principalmente, pelo gás metano e por uma mistura de outros gases (AMARAL et al., 2004), como o dióxido de carbono, hidrogênio, nitrogênio, gás sulfídrico e amônia (PERMINIO, 2013). Outro ponto importante da biodigestão anaeróbia é a estabilização química dos materiais orgânicos. Os resíduos orgânicos não estabilizados, se dispostos de forma inadequada, podem liberar odores atraindo vetores que podem causar doenças (moscas, ratos), emitir gases poluentes para a atmosfera e ainda, contaminar os solos e os aquíferos com organismos patogênicos (SARNIGHAUSEN & NARDI JÚNIOR, 2016). Sendo assim, o ciclo de produção de biogás e biofertilizante representa um sistema integrado de produção de energia renovável, tratamento de resíduos orgânicos, bem como a reciclagem e redistribuição de nutrientes.

Os pontos negativos da digestão anaeróbia consistem, principalmente, nos custos de implantação do sistema. A instalação e a manutenção dos biodigestores, assim como a necessidade de um técnico qualificado demanda um custo inicial elevado. Outro fator é o processo em si, onde os microrganismos metanogênicos, responsáveis pelo processo de digestão anaeróbia, são muito sensíveis às variações de temperatura. Isso demanda um constante monitoramento do sistema de digestão anaeróbia.

Uma variedade de matérias-primas biodegradáveis pode ser utilizada como substratos no processo de digestão anaeróbia, tais como: o esterco animal, os resíduos agrícolas, águas residuária, os efluentes industriais, os resíduos alimentares, o lodo de esgoto, a vinhaça, o soro de leite, dentre outros (SAWATDEENARUNAT et al., 2015) (Figura 1). Como material base para produção de biofertilizantes utiliza-se o esterco animal, uma vez que se encontra prontamente disponível para uso nas propriedades rurais, além de ser rico em macro e micronutrientes na sua composição e possuir microrganismos que atuaram no processo de digestão (PROBST, 2009).

O manejo adotado na produção animal também influencia na qualidade do biogás e do biofertilizante produzido. Um trabalho que constatou esse efeito foi realizado por Matos et al. (2017a) ao avaliarem a produção de biogás proveniente da digestão anaeróbia de dejetos

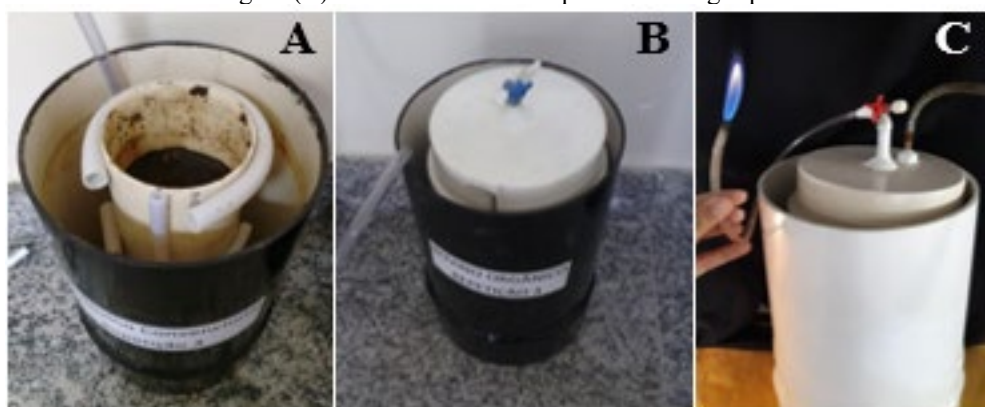
bovinos leiteiros, sob sistema orgânico (DBSO) e convencional (DSBC) de produção (Tabela 1 e Figura 2). Os autores observaram uma produção acumulada de biogás de 6,18 L para os dejetos bovinos provenientes do sistema orgânico e quase o dobro (11,14 L) quando o biodigestor era alimentado com dejetos bovinos oriundos do manejo convencional (Figura 2). O potencial médio de produção de biogás também foi maior quando se utilizava esterco animal sob sistema convencional de produção. Os autores destacaram que a nutrição animal, diferente entre os sistemas de manejo, foi um fator importante na diferença da produção de biogás produzido. No tratamento DBSC, os animais eram alimentados com uma combinação de concentrado e volumoso e no tratamento DBSO, os animais alimentavam-se apenas de volumoso.

**Figura 1:** Detalhamento da biomassa vegetal e animal que pode ser utilizada no processo de biodigestão anaeróbia e, seus respectivos produtos.



Fonte: Adaptado de Tanigawa (2017).

**Figura 2:** Detalhe do interior (A) e do exterior (B) dos protótipos de biodigestores de bancada utilizados. A última figura (C) refere-se ao teste de queima do biogás produzido.



Fonte: Matos (2017).

**Tabela 1:** Potencial médio de produção de biogás (por kg de substrato, de ST e de SV adicionado) de esterco bovino sob manejo orgânico e convencional de produção de leite, com tempo de retenção hidráulica (TRH) de 210 dias.

Tratamentos	Potencial médio de produção de biogás		
	Substrato (L de biogás/kg substrato)	Sólidos Totais (L de biogás/kg ST)	Sólidos Voláteis (L de biogás/kg SV)
DBSO	0,1 B	1,6 B	1,75 B
DBSC	0,2 A	2,6 A	3,05 A

\* DSBO - digestão anaeróbia de dejetos bovinos leiteiros, sob sistema orgânico e DSBC - digestão anaeróbia de dejetos bovinos leiteiros, sob sistema convencional de produção. Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t ( $P=0,05$ ). Fonte: Matos et al. (2017).

Os autores Matos et al. (2017b) também avaliaram se o manejo animal (orgânico e convencional) influenciava na qualidade química do biofertilizante produzido. Tendo em vista os diferentes sistemas de manejos, o material de entrada no biodigestor (afluente) dos diferentes tratamentos já apresentava características distintas entre si. Os autores observaram um aumento nos valores de pH para os dois tratamentos após o processo de digestão anaeróbia, demonstrando poder haver transformação dos ácidos contidos nos afluentes em produtos gasosos (SILVA et al., 2007; SOARES et al., 2017). Observaram, também, uma redução da condutividade elétrica, indicando uma possível diminuição na quantidade de sais dissolvidos durante o processo de digestão anaeróbia. Os biofertilizantes produzidos a partir de DBSO e DBSC não apresentaram elevadas concentrações de metais pesados, não ultrapassando os limites estabelecidos pela Legislação do CONAMA N° 375/06. Porém, com relação ao DECRETO N° 4.954 que diz respeito à máxima concentração de contaminantes permitidas nos fertilizantes orgânicos, o DBSC apresentou teores de Cd acima do permitido pela lei (Tabela 2). O biofertilizante oriundo de DBSO apresentou menores teores dos metais pesados Pb e Cd, o que confere a esse biofertilizante maiores vantagens em relação ao DBSC (Tabela 2).



Os maiores níveis de metais pesados apresentados no DBSC podem ser justificados pelo uso de ração comercial, além da presença de vacinação (prevenção de raiva, carbúnculo assintomático e aftosa) e uso de antibióticos, quando necessário no manejo. Apesar de também receberem as vacinas necessárias na criação animal devido à obrigatoriedade das leis, os animais pertencentes ao sistema orgânico de produção de leite não recebem antibiótico, sendo tratados por homeopatia (FLORIÃO, 2013). Esse tipo de tratamento não elimina resíduos presentes em medicamentos utilizados em sistemas convencionais, favorecendo, assim, como observado nos resultados, uma melhor qualidade nos dejetos de bovinos sob sistema orgânico. Além disso, a alimentação é feita com o uso de pasto orgânico, sem a utilização de rações comerciais, que apresentam elevados teores de metais pesados.

**Tabela 2:** Valores médios de micronutrientes e metais pesados nos biofertilizantes oriundos de dejetos de bovinos, sob sistema orgânico e convencional de produção. E, a concentração máxima permitida pela Legislação do CONAMA N° 375/06 e os limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos pelo DECRETO N° 4.954.

Metais	DBSO	DBSC	CONAMA 375/06	DECRETO 4.954
(mg/kg)				
Bário	138, 81 A	83,56 B	1300	-
Cádmio	0,04 B	8,22 A	39	3
Chumbo	22,06 B	28,40 A	300	150
Cobre	13,83 B	50,03 A	1500	-
Níquel	4,96 B	8,22 A	420	70
Ferro	1.423,73 A	617,34 B	-	-
Manganês	626,38 B	636,16 A	-	-
Zinco	110, 86 B	240, 23 A	2800	-

\*Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t (P= 0,05).

Fonte: Matos et al. (2017b).

Outros estudos destacam a mudança na composição química do biofertilizante produzido após a digestão anaeróbia, enfatizando sua potencialidade com adubo orgânico. Em um estudo de digestão anaeróbia de dejetos de suínos com e sem separação da fração sólida em diferentes tempos de retenção hidráulica, Orrico Jr. et al. (2009) verificaram um acréscimo na concentração dos macros e micronutrientes no efluente em comparação com o afluente, com exceção dos teores de N, Fe, Zn e Cu para o substrato com separação da fração sólida, demonstrando a eficiência do processo de digestão anaeróbia. Os autores justificam esse fato em função da redução da fração orgânica por meio da produção de biogás, que acarreta a concentração dos constituintes inorgânicos.

Em estudo para verificar a influência da aplicação de biofertilizante bovino sobre a produtividade do capim Mombaça, Simonetti et al. (2016) observaram que os tratamentos que



receberam a maior dosagem de biofertilizante ( $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) apresentaram maiores valores para a produtividade de matéria seca, matéria verde e no teor de proteína.

Tratando-se da redução de patógenos após a digestão anaeróbia, vários estudos evidenciam a eficiência na sua diminuição. AMARAL et al. (2004) observaram reduções de bactérias dos grupos coliformes totais e fecais (acima de 99,0%), demonstrando a eficiência do processo de digestão anaeróbia de dejetos de aves de postura. Amorim et al. (2004) observaram redução do número de coliformes totais (99,99%) e coliformes fecais (100%) ao avaliarem a digestão anaeróbia de dejetos de caprinos obtidos nas diferentes estações do ano.

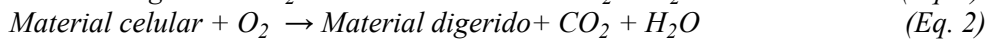
A caracterização do substrato é um passo inicial e fundamental para a digestão anaeróbia. Devido ao crescente interesse nos estudos da digestão anaeróbia, as questões envolvendo o tema constituem um campo importante de desafios a serem solucionados (NEVES, 2014). O futuro do tratamento de resíduos deve, além de atender objetivos de melhorar a qualidade do ar, do solo e da água, da saúde humana e animal, abordar a recuperação de nutrientes, o aproveitamento da energia e a conservação da água (LEITÃO & SILVA, 2018). Os modelos de produção sustentáveis conduzem mudanças nos sistemas tradicionais de produção, além de proporcionarem incrementos de lucro à atividade, através da geração de biogás e biofertilizante (LEITÃO & SILVA, 2018).

Dependendo do objetivo de se utilizar a digestão anaeróbia, ou seja, para a produção de biogás ou biofertilizante, deve-se avaliar a matéria-prima e o manejo em que a mesma foi gerada, pois pode-se encontrar um produto final com características adequadas ou não para aplicação no solo. Sendo assim, estudos que abordem mudanças no manejo animal, condições ambientais e demais fatores externos que possam influenciar são necessários para otimizar o processo de digestão anaeróbia.

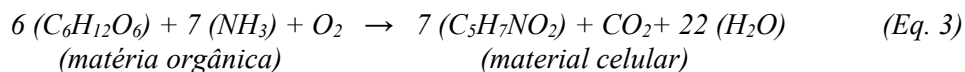
## **DIGESTÃO AERÓBIA**

A digestão aeróbia é um tratamento biológico onde o resíduo é submetido à aeração por um determinado período de tempo até que ocorra a estabilização do material orgânico e a oxidação do material microbiano (WEF, 2007; SHAO et al., 2013). Dessa forma, a digestão aeróbia ocorre em um reator biológico onde o resíduo orgânico é submetido à aeração suficiente para atender a demanda de oxigênio dos microrganismos, já presentes nos resíduos ou inseridos por meio de inóculo. Com elevada fonte de C e nutrientes, fornecidos pelo material orgânico, e oxigênio para a respiração, são criadas condições propícias para a intensificação da atividade microbiana enquanto o material orgânico é consumido. O material orgânico presente na água

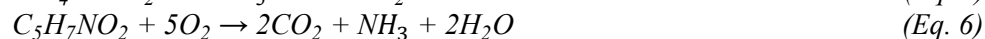
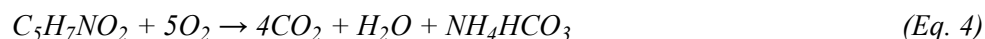
residuária é utilizado como fonte de energia pelos microrganismos. À medida que esse consumo aumenta, ocorre uma redução significativa nos teores de substrato e como consequência, os microrganismos metabolizam o próprio material celular o que promove uma oxidação da biomassa. As Equações 1 e 2 descrevem de forma genérica essas reações (SHAMMAS & WANG, 2007).



A digestão aeróbia pode então ser resumida em duas etapas principais, a primeira é caracterizada por um metabolismo predominante de síntese, onde o material orgânico presente na água residuária é utilizado como fonte de energia pelos microrganismos ocorrendo a estabilização do material biodegradável (Equação 3) (WEF, 2007).



Na etapa seguinte, predomina a respiração endógena. No início dessa fase a população de microrganismos é máxima, porém ocorre uma baixa disponibilidade de substrato. Como consequência, os microrganismos menos resistentes não sobrevivem e liberam polissacarídeos oriundos da membrana plasmática. Esses polissacarídeos são utilizados como matriz onde os microrganismos se aglomeram formando flocos. À medida que o substrato se torna ainda mais escasso, a principal fonte de alimento disponível é o próprio protoplasma celular ocorrendo a oxidação do material microbiano (WEF, 2007). As Equações 4, 5 e 6 descrevem as reações que ocorrem na respiração endógena. Nessa fase ocorre a liberação do íon amônio ( $NH_4^+$ ) que, combinado com o dióxido de carbono ( $CO_2$ ), forma o bicarbonato de amônio ( $NH_4HCO_3$ ) podendo aumentar a alcalinidade (Equação 4). Durante a conversão do  $NH_4^+$  para nitrato ( $NO_3^-$ ), no processo denominado de nitrificação, a reação consome a alcalinidade e pode tornar o meio ácido (Equação 5). No final do processo, o material celular é oxidado a  $CO_2$ ,  $H_2O$  e também  $NH_3$  que pode ser utilizada na nitrificação (Equação 6) (WEF, 2007).



A redução dos teores do substrato e da biomassa verificados no decorrer da digestão aeróbia podem ser inferidos por meio dos teores de sólidos voláteis (SV). A variação na concentração dos SV biodegradáveis em um digestor aeróbio de mistura completa pode ser descrita por uma cinética de primeira ordem, onde a taxa de reação é diretamente proporcional

à concentração de substrato (METCALF & EDDY, 2015). Para um bom desempenho da digestão aeróbia são necessários estudos preliminares para a determinação, por exemplo, dos coeficientes cinéticos e da biodegradabilidade do material a ser tratado. Mas, de forma geral, é recomendado adotar algumas condições (BRASIL, 2006; MATOS, 2014; JORDÃO & PESSÔA, 2014; METCALF & EDDY, 2015):

– **Temperatura:** quanto maior a temperatura, maior é a taxa de conversão do material orgânico. Para garantir as condições mínimas de digestão, a temperatura deve ser da ordem de 20 °C. Em temperaturas inferiores a 10°C o processo de estabilização praticamente cessa.

– **Potencial hidrogeniônico (pH):** deve ser mantido próximo da neutralidade (entre 6,5 e 7,5), pois é nesta faixa que o meio se torna favorável ao crescimento dos microrganismos decompositores da matéria orgânica e favorece as reações químicas e bioquímicas.

– **Idade do lodo:** na digestão aeróbia, sem recirculação de lodo, a idade do lodo é igual ao tempo de detenção, podendo variar de 12 a 60 dias. Quando se objetiva a remoção de organismos patogênicos é recomendado um tempo de detenção maior que 40 dias.

– **Agitação:** a agitação no interior do reator é um fator importante que tem por finalidade a não deposição de sólidos que podem favorecer as condições anaeróbias. No caso de aeração mecânica, sugere-se de 20 a 40 W m<sup>-3</sup> por volume do reator e no caso de ar difuso de 0,02 a 0,04 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> minuto<sup>-1</sup>.

– **Concentração de oxigênio:** deve estar na faixa de 1 a 2 mg L<sup>-1</sup>, valores maiores que esses indicam uma aeração excessiva e, conseqüentemente, um maior consumo de energia e maior custo de operação. Por outro lado, valores inferiores conferem uma baixa margem de segurança caso o consumo de oxigênio seja intensificado. Além disso, lodos digeridos nessas condições apresentaram melhor desidratabilidade.

– **Potencial de oxirredução:** deve ser positivo para garantir um ambiente oxidante. Valores de potencial de oxirredução próximos de zero favorecem as condições anóxicas e abaixo de zero indicam anaerobiose e pode provocar a emissão de odores desagradáveis.

– **Concentração de sólidos:** a concentração de sólidos totais acima de 3% compromete a transferência do oxigênio, dificultando a assimilação pelos microrganismos. Para sistemas que utilizam o oxigênio puro, a concentração de sólidos pode atingir 5%.

– **Redução dos sólidos voláteis:** é desejada uma eficiência acima de 38%. Também é recomendado que a razão entre os sólidos voláteis e os sólidos totais (SV/ST) seja inferior a 0,7.

A literatura brasileira referente à digestão aeróbia é escassa, provavelmente, devido aos custos de operação do sistema. No entanto, é notável o elevado desempenho da técnica. Os estudos conduzidos por Oliveira (2018) demonstraram que a digestão aeróbia da água residuária da suinocultura (ARS), gerada no Setor de Suinocultura da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), promoveu a estabilização do material orgânico e reduziu significativamente os teores de coliformes termotolerantes, adequando a fração sólida sedimentada para a aplicação no solo, enquanto que a fração líquida pode ser utilizada na fertirrigação ou como água de limpeza dos ambientes.

Para alcançar essas características, a ARS foi submetida à aeração por um período de 32 dias. Devido às temperaturas mais elevadas verificadas no decorrer do tratamento (média de 30,2°C), esse período foi inferior aos 40 dias recomendados. Os resultados da pesquisa mostraram a formação de flocos biológicos (Figura 3) e mostram, ainda, uma alteração da coloração do efluente com a possível formação de ácidos fúlvicos (Figura 3 e 4), esse componente das substâncias húmicas apresenta uma elevada capacidade de troca de cátions, o que potencializa a utilização do resíduo tratado na adubação do solo (CARON et al., 2015; OLIVEIRA, 2018). Resultados semelhantes foram reportados por outros autores, sendo verificada a formação de substâncias húmicas no lodo digerido aerobicamente, em alguns casos, em quantidades acima do observado para os processos anaeróbios (SHAO et al., 2013; DU & LI et al., 2017). Também foi verificada uma elevada taxa de evaporação, com valor médio de 0,42 L dia<sup>-1</sup>, o que promoveu uma concentração dos sólidos (Figura 4) (OLIVEIRA, 2018).

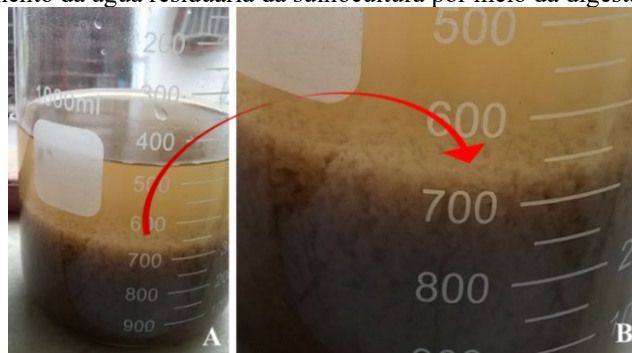
Com relação aos flocos observados (Figura 3), Morales et al. (2013) também verificaram flocos granulares após nove dias de tratamento dos dejetos de suínos em sistema aeróbio. Os flocos formam-se após a escassez de substrato, utilizando os polissacarídeos oriundos dos microrganismos menos resistentes como matriz de suporte. Enquanto a matéria nutritiva está disponível, os microrganismos mantem energia para locomoção o que favorece a dispersão dos mesmos. Por esses motivos só foi possível verificar a formação dos flocos decorridos dez dias de tratamento. Nesse estudo conduzido por Oliveira (2018) conclui-se que o período de 32 dias de tratamento foi suficiente para alcançar os resultados almejados. Devido às temperaturas mais elevadas verificadas no decorrer do tratamento, esse período foi inferior aos 40 dias, que é o recomendado na Resolução CONAMA N° 375/2006, reduzindo assim, os custos de operação. A fração líquida, resultado da digestão aeróbia da ARS, apresentou remoção significativa de sólidos suspensos, demanda química de oxigênio, coliformes termotolerantes e



metais, porém a remoção de N total não foi suficiente para adequar o efluente aos padrões estabelecidos para lançamento nos corpos hídricos. Outra alternativa de disposição seria a fertirrigação com a possibilidade de fornecer água e nutrientes para as culturas. Para a fração sólida, foram verificados acréscimos nas concentrações de N total e ST, o que potencializa a utilização do resíduo na adubação do solo. Também foram verificadas remoções significativas de metais, coliformes termotolerantes e redução da relação SV/ST, que indica a estabilização dos compostos orgânicos, adequando a fração sólida aos limites estabelecidos na Resolução CONAMA N° 375/2006 para a aplicação no solo (OLIVEIRA, 2018).

Oliveira (2018) recomendou para a digestão aeróbia o uso de inóculo, a análise de estruvita na fração sólida e a investigação da desidratabilidade utilizando, por exemplo, o geotêxtil. A autora conclui que a utilização da digestão aeróbia como única etapa de tratamento para a ARS deve ser feita com cautela devido aos custos de operação, mas a técnica pode ser utilizada pós-tratamento, dessa forma é possível reduzir o consumo de energia que demandam os dispositivos de aeração e obter um efluente clarificado.

**Figura 3:** Formação de flocos biológicos (A) e um maior detalhamento dos mesmos (B) observados após 10 dias de tratamento da água residuária da suinocultura por meio da digestão aeróbia.



Fonte: Oliveira (2018).

**Figura 4:** Redução do volume e alteração da cor da água residuária da suinocultura durante a digestão aeróbia. No início do processo de digestão aeróbia, o efluente apresentava coloração preta (A), após os 12 dias (B) e 23 dias (C) de tratamento o efluente apresentou coloração mais clara.



Fonte: Oliveira (2018).

Em outro estudo, também conduzido na UFRRJ, foi aplicado o coagulante tanino como um pré-tratamento da ARS. O lodo sedimentado após a coagulação foi submetido aos processos de digestão aeróbia e anaeróbia. Os resultados mostraram que, após 30 dias de tratamento, foi possível observar uma maior redução da condutividade elétrica no processo de digestão aeróbia se comparada com a anaeróbia, com valores médios de  $2,12 \text{ dS cm}^{-1}$  e  $3,19 \text{ dS cm}^{-1}$ , respectivamente. Esses resultados foram atribuídos a volatilização da amônia uma vez que o pH permaneceu básico no decorrer do tratamento aeróbio e a aeração foi constante. A aplicação de resíduos com elevada condutividade elétrica provoca problemas osmóticos às culturas e a salinização do solo, por esses motivos, reduzir os valores desse parâmetro é fundamental para possibilitar o aproveitamento de resíduos agrícolas e efluentes na adubação do solo.

Os resultados desses estudos indicam que a digestão aeróbia é adequada para o tratamento de efluentes para uma posterior aplicação no solo. No entanto, acredita-se que a utilização da digestão aeróbia, como única etapa de tratamento para os efluentes gerados no meio rural, é inviável devido aos custos de operação. A técnica pode ser utilizada em conjunto

com a digestão anaeróbia. Dessa forma, é possível reduzir o consumo de energia que demandam os dispositivos de aeração e, ao mesmo tempo, é possível obter produtos de interesse para o produtor rural como o efluente clarificado e um composto para adubação do solo e, assim, promover arranjos produtivos mais sustentáveis.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo relata uma apresentação dos sistemas de tratamento de resíduos comumente utilizados. A escolha da técnica de tratamento está relacionada aos objetivos do produtor rural, ou seja, se o produtor almeja reciclar a biomassa visando a produção de energia a ser utilizada na propriedade rural ou se o produtor objetiva a produção de fertilizante orgânico. O sistema de manejo animal influencia as características dos resíduos gerados e, conseqüentemente, o fim a que se destina.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, C. M. C. do.; AMARAL, L. A. do; JUNIOR, J. de L; NASCIMENTO, A. A.; FERREIRAS, de S. D.; MACHADO, M. R. F. Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n.6, 2004.

AMORIM, A. C.; LUCAS JÚNIOR, J.; RESENDE, K. T. Efeito da estação do ano sobre a biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.16-24, 2004.

BRASIL. Conselho Nacional Do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília-DF, 30 de agosto de 2006.

CARON, V. C.; GRAÇAS, J. P.; CASTRO, P. R. C. **Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos**. Série Produtor Rural, nº 58. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 46p. 2015.

CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; reatores anaeróbios**. 1ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, v. 5, 1997.

DU, H.; LI, F. Characteristics of dissolved organic matter formed in aerobic and anaerobic digestion of excess activated sludge. **Chemosphere**, 168:1022-1031, 2017.

FLORIÃO, M. M. **Boas práticas em bovinocultura leiteira com ênfase em sanidade preventiva**. Niterói: Programa Rio Rural. Manual Técnico; 38, 2013. 50 p.



JORDÃO, E. P; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 7ª Edição. Synergia: Rio de Janeiro, 1050p. 2014.

LEITÃO, F. O.; DA SILVA, W. H. Geração de energia e renda a partir do tratamento dos resíduos da suinocultura. **Informe Gepec.**, 22:116-132, 2018.

MATOS, A. T. **Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos**. 1ª Edição. Universidade Federal de Viçosa: Viçosa, 241p. 2014.

MATOS, C. F.; PAES, J. L.; PINHEIRO, E. F. M.; CAMPOS, D. V. B. Biogas production from dairy cattle manure, under organic and conventional production systems. **Eng. Agríc.**, ;37:1081-1090, 2017a.

MATOS, C. F.; PINHEIRO, E. F. M.; PAES, J. L.; LIMA, E.; CAMPOS, D. V. B. Avaliação do potencial de uso de biofertilizante de esterco bovino resultante do sistema de manejo orgânico e convencional da produção de leite. **Revista Virtual de Química**, 9:1957-1969, 2017b.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: Do neolítico à crise contemporânea**. 1ª.ed., UNESP: São Paulo, 2010.

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos**. 5ª Edição. New York: McGraw Hill. 1819 p. 2003.

MORALES, N.; FIGUEROA, M.; FRA-VÁZQUEZ, A.; VAL DEL RÍO, A.; CAMPOS, J. L.; MOSQUERA-CORRAL, A.; MÉNDEZ, R. Operation of an aerobic granular pilot scale SBR plant to treat swine slurry. **Process Biochemistry**, v. 48, p. 1216–1221. 2013.

NEVES, V. T. C. **Digestão anaeróbia da biomassa residual de microalgas pós-extração de lipídios**. 2014. 91p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) – Universidade Federal da Bahia, 2014.

OLIVEIRA, A. P. S. **Tratamento da água residuária da suinocultura utilizando filtro orgânico e digestão aeróbia**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2018.

ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JUNIOR, J. Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos com e sem separação da fração sólida em diferentes tempos de retenção hidráulica. **Eng. Agríc.**, 29: 474-482, 2009.

PEREIRA, E. R.; DEMARCHI, J. J. A. A.; BUDIÑO, F. E. L. Biodigestores - Tecnologia para o manejo de efluentes da pecuária. **Infobibos - Informações Tecnológicas**, Campinas - SP, v. único, p. 1 - 5, nov. 2009.

PERMINIO, G. B. **Viabilidade do uso de biodigestor como tratamento de efluentes domésticos descentralizado**. 2013. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Formas Alternativas de Energia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

PROBST, R.; QUADROS, S. A. F.; ERPEN, J. G.; VINCENZI, M. L. Produção de mudas de espécies forrageiras no sistema hidropônico de leito flutuante (floating) com solução nutritiva à base de biofertilizante ou adubo solúvel. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 31, n. 4, p. 349-355, 2009.



SARNIGHAUSEN, V. C. R.; NARDI JUNIOR, G. Potencial de produção de metano em sistemas de tratamento e de biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos. **Tekhne e Logos**, Botucatu, v.7, n.2, 2016.

SAWATDEENARUNAT, C.; SURENDRA, K. C.; TAKARA, D.; OECHSNER, H.; KHANAL, S. K. Anaerobic digestion of lignocellulosic biomass: challenges and opportunities. **Bioresour. Technol.**, 178:178-186, Feb 2015.

SHAO, L.; WANG, T.; LI, T.; LÜ, F.; HE, P. Comparison of sludge digestion under aerobic and anaerobic conditions with a focus on the degradation of proteins at mesophilic temperature. **Bioresource Technology**, 140:131-137, 2013.

SHAMMAS, N.K.; WANG, L.K. Aerobic Digestion. In: WANG, L. K.; SHAMMAS, N. K.; HUNG, Y. T. (eds) **Biosolids Treatment Processes**. Handbook of Environmental Engineering, vol 6. Humana Press, 2007.

SILVA, W. T. L.; FAUSTINO, A. S.; NOVAES, A. P. **Eficiência do processo de biodigestão em fossa séptica biodigestora inoculada com esterco de ovino**. Documentos Embrapa Instrumentação Agropecuária. 2007.

SILVA, C. M.; ARBILLA, G. Antropoceno: Os Desafios de um Novo Mundo. **Revista Virtual de Química**, 10 (6), 1619-1647, 2018.

SIMONETTI, A.; MARQUES, W. M.; COSTA, L. V. C. Produtividade de Capim-Mombaça (*Panicum Maximum*), com diferentes doses de Biofertilizante. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering.**, 10:107-115, 2016.

SOARES, M. T. S.; CALHEIROS, D. F. F.; GALVANI, F.; FEIDEN, A.; CAMPOLIN, A. I.; DA SILVA, W. T. L. Parâmetros físico-químicos e eficiência de fossa séptica biodigestora na redução da carga orgânica de esgoto originado de água doce ou salobra, na Borda Oeste do Pantanal. *Cadernos de Agroecologia*. 2017.

STEFFEN, W.; BROADGATE, W.; DEUTSCH, L.; GAFFNEY, O.; LUDWIG, C. The trajectory of the Anthropocene: The great acceleration. **The Anthropocene Review**, v. 2, n. 81, 2015.

TANIGAWA, S. **Fact Sheet - Biogas: Converting Waste to Energy**. Environmental and Energy Study Institute (EESI), Washington, DC, Oct. 2017.

UNITED NATIONS – Department of Economic and Social Affairs: Population Division. **World Population Prospects 2019: Highlights** (ST/ESA/SER.A/423), 2019.

VESILIND, P. A.; MORGAN, S. M. **Introdução a Engenharia Ambiental**. Tradução da 2ª ed. Norte – Americana. Editora: Cengage Learning Nacional, 2015. 456p.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias)**. v. 1., 4ª ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. 472p.

WEF – Water Environment Federation: **Operation of Municipal Wastewater Treatment Plants, Manual of Practice**. No. 11, Volume III: Solids Processes, Sixth Edition, Chapter 31 Aerobic Digestion. 2007.

# CAPÍTULO 15

## A UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS COMO TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL NA SORÇÃO DE METAIS PESADOS EM ÁGUAS RESIDUÁRIAS<sup>11</sup>

Izabela Gouveia Nascimento  
Erica Souto Abreu Lima  
Érika Flávia Machado Pinheiro  
David Villas Boas Campos

### RESUMO

Devido ao aumento populacional no mundo, atividades, especialmente, dos setores agrícola, pecuário e industrial, tem se intensificado no decorrer dos anos. O Brasil possui uma grande área de produção agropecuária e agroindustrial que, apesar da importância econômica, promovem a geração de resíduos sólidos e líquidos (efluentes) com alto teor poluente. Dentre os principais poluentes observados nestes efluentes, os metais, na forma de íons metálicos dissolvidos em água, se afiguram como extremamente nocivos ao ambiente e são uma das grandes preocupações dos órgãos de proteção ambiental. A adoção de tecnologias sustentáveis para o tratamento de efluentes permite o conhecimento acerca das características químicas e físicas destes resíduos e, por meio disso, é possível determinar o melhor tratamento a ser aplicado para a remoção de contaminantes. Dentre as tecnologias utilizadas, pode-se citar a exploração de resíduos de origem vegetal ligno-celulósico oriundos dos setores agrossilvícolas e agroindustriais como fontes alternativas com bons desempenhos quando utilizados, principalmente, na retenção de íons metálicos por meio do processo de biossorção. Este tratamento faz uso da biomassa de qualquer origem no processo de adsorção de poluentes. É considerado de fácil operacionalização, eficiente, de boa relação custo-benefício. A adsorção é um fenômeno de superfície, que se baseia na retenção de substâncias na área superficial de um determinado biossorvente. Por isso, é de suma importância o conhecimento sobre as características da biomassa a ser utilizada, assim como o mecanismo de adsorção para que se possa avaliar o potencial de uso do adsorvente escolhido. Esse capítulo aborda a composição química do material adsorvente, os fatores que afetam o processo de biossorção de metais e finaliza apresentando os principais modelos utilizados para descrever a adsorção de metais.

**PALAVRAS-CHAVE:** biomassa, biossorção, efluentes, tecnologias sustentáveis.

### INTRODUÇÃO

O mundo contemporâneo tem encarado ameaças que demandam uma grande transformação no sistema agroalimentar de forma a garantir a sustentabilidade do mesmo. No tocante a isso, este é um tema que tem recebido bastante atenção devido aos impactos negativos provocados ao longo dos anos, sobretudo, através da Revolução Industrial (FAO, 2022; TIOSSI & SIMON, 2021).

<sup>11</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Em meio a temática ambiental, é sabido que estamos vivenciando a década da Agenda 2030 da ONU que tem como missão “fornecer suporte técnico e institucional às ações governamentais para a formulação e reformulação de políticas públicas e programas nacionais de desenvolvimento.” (IPEA, 2018). Essa agenda preza pela implantação, desenvolvimento e monitoramento dos dezessete Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) que, de acordo com as Nações Unidas – Brasil (2022), “são um apelo global para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima”, de forma a contribuir, por meio de pesquisas e tecnologias, com a sustentabilidade mundial.

É conhecido que uma atividade que gere resíduos, principalmente os líquidos, detenham de uma alternativa de tratamento para que este não seja despejado diretamente no meio ambiente, promovendo, assim, impactos diretos ao solo e aos corpos d’água, além da emissão de gases de efeito estufa (GEE) e geração de odores desagradáveis, colocando em risco a saúde pública. O uso de ‘tecnologias verdes’ apropriadas e avançadas para a utilização no tratamento de efluentes permitem que os setores da economia conheçam as características de seus resíduos e, por meio disso, possam determinar o melhor tratamento para eliminação de contaminantes.

Acerca disso, a busca por técnicas ambientalmente sustentáveis, para o tratamento de efluentes com alta carga poluidora em sua composição, vem sendo cada vez mais explorada. Dentre elas, podemos citar o uso de resíduos dos setores agrossilvícolas e agroindustriais como fontes alternativas que apresentam bons desempenhos quando utilizados, principalmente, na retenção de íons metálicos presentes em diversos tipos de efluentes.

O Brasil produz grandes quantidades destes resíduos, que podem ser reutilizados na recuperação de diversos recursos energéticos, além de mitigar a poluição, promover o uso sustentável dos recursos naturais disponíveis e, por fim, agregar valor a biomoassa orgânica gerada (MORAIS et al., 2021). A exploração dos resíduos agrícolas surge como uma tecnologia alternativa sustentável que, ao ser objeto de estudos, acaba por estimular a utilização dos mais variados tipos de matérias-primas de baixo custo, agregando-lhes valor e mostrando, de maneira científica, outros usos que resíduos mal aproveitados podem ter.

O conhecimento e as tecnologias de que se dispõe para o tratamento de resíduos agrícolas podem reduzir consideravelmente os impactos ambientais. No entanto, a utilização desses tratamentos continuará sendo pouco abrangente enquanto o conceito de que os ecossistemas são fornecedores de recursos gratuitos e ilimitados continuar sendo reforçado, ou enquanto não houver uma fiscalização ampla para o cumprimento da Política Nacional de

Resíduos Sólidos – PNRS (Lei N° 12.305/2010). Dito isto, é preciso reconhecer que esse modo de olhar para a natureza necessita ser revisto. Nesse capítulo serão tratados os aspectos ligados à composição química bem como a influência da biomassa vegetal quando submetida a um tratamento; e as possibilidades de reutilização dos resíduos orgânicos por meio de tratamento *low cost* são assuntos abordados nesse Capítulo.

A biomassa vegetal (ou animal) também pode ser utilizada como bioissorvente, no processo de adsorção de, por exemplo, metais pesados, corantes, gases e microrganismos patogênicos. Os procedimentos baseados na adsorção têm a vantagem de serem versáteis e acessíveis, entretanto, o material adsorvente pode encarecer o processo. Além disso, muitos adsorventes não podem ser reutilizados e acabam se tornando outra forma de resíduo. No sentido de reduzir gastos e ampliar a utilização destes processos pela indústria, fontes alternativas de sorção têm sido investigadas, como os denominados bioissorventes, os quais são adsorventes eficientes, sustentáveis, de baixo custo e de fácil operacionalização. Os bioissorventes de origem vegetal são constituídos basicamente por macromoléculas como substâncias húmicas, lignina, celulose, hemicelulose e proteínas, as quais possuem sítios de adsorção, tais como grupos carbonilas, carboxilas, aminas e hidroxilas, capazes de adsorverem as espécies metálicas por processos de troca iônica ou de complexação.

Os resíduos agrícolas, quando modificados, podem ter um efeito ainda melhor na adsorção. Os autores acreditam que o desenvolvimento de tecnologias verdes eficientes será a direção no desenvolvimento da adsorção biológica. A utilização dos resíduos agrícolas como adsorventes pode não apenas reduzir o descarte do mesmo no ambiente de forma inadequada, mas também atingir o objetivo de reciclar e tratar os resíduos sólidos orgânicos, conforme a PNRS (Lei N° 12.305/2010).

## **COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA BIOMASSA**

A biomassa de origem vegetal que pode ser utilizada no processo de adsorção compreende o material resultante das colheitas das culturas e produções agrícolas. São constituídos basicamente das folhas e as hastes das plantas, comumente chamados de palha. A retirada desses resíduos orgânicos do terreno de cultivo para utilização em outros fins deve ser realizada de maneira racional, pois quando permanecem na área de plantio exercem importante papel agrícola, contribuindo para a proteção dos solos, entre os períodos de colheita e novo plantio, retendo a umidade do solo, protegendo a biota, evitando a erosão e restaurando os nutrientes que foram extraídos pela planta.



Essencialmente, dois constituintes da biomassa vegetal que alcançam a superfície do solo para decomposição são utilizados para a produção de energia e podem ser utilizadas para tratar água residuária: os tecidos do parênquima e os tecidos lenhosos. As células do parênquima são observadas no tecido verde das folhas e no córtex das raízes finas. Os tecidos lenhosos formam o xilema e o tecido de suporte, o esclerênquima. As diferentes camadas da parede celular lenhosa (lamela média, parede primária, parede secundária e parede terciária) podem ser diferenciadas na estrutura e na composição química (KÖGEL, 2002). A lamela média, que atua como substância cimentante ou ligante entre as células, é constituída de pectina e, nos tecidos lenhosos, também possui lignina (KÖGEL, 2002). A parede primária e a lamela média possuem a maior concentração de lignina (40-60%), enquanto que, na parede secundária a concentração é de 20-30% (FENGEL & WEGENER, 1984). O principal composto orgânico da biomassa vegetal são os polissacarídeos e a lignina, mas há também a presença de biopolímeros alifáticos e taninos (KÖGEL, 2002).

A lignina é uma macromolécula de alto peso molecular, consistindo de unidades fenil propano (KÖGEL, 2002). Também pode contribuir com carga negativa na superfície, por possuírem grupamentos funcionais ácidos, como o fenol (STEVENSON, 1982). Após os polissacarídeos, a lignina é o mais abundante biopolímero na natureza e um grande fornecedor de resíduos para a biomassa terrestre. As unidades primárias de construção da lignina são o álcool coniferil, sinapil e cumaril. (KÖGEL, 2002). Uma parte da celulose ou da hemicelulose está ligada a lignina, formando o complexo ligno-celulose ou ligno-polissacarídeo (KÖGEL, 2002).

Os compostos derivados de carboidratos, aminoácidos e proteínas, lipídeos, ácidos orgânicos, compostos fenólicos e ligninas, provenientes da biomassa vegetal, são chamados de biomoléculas. Esses compostos orgânicos, já identificados na química orgânica, possuem influência nas reações ácido-base, na complexação de metais e na agregação e/ou floculação das partículas do solo ou do efluente. A acidez de um composto orgânico depende da natureza do grupo funcional reativo envolvido e da conformação estrutural do grupamento na molécula (STEVENSON, 1982). As cargas negativas geradas na superfície de uma biomolécula são balanceadas com cátions (cálcio, magnésio, sódio, potássio) que se encontram na solução do solo (STEVENSON, 1982) ou num efluente a ser tratado.

Como biomassa de origem animal pode-se destacar os esterco ou dejetos animais, que é uma mistura de urina e fezes, mas o esterco animal também pode conter outros materiais

(CHRISTENSEN & SOMMER, 2013). O estrume animal depositado na cama animal é uma mistura de fezes e urina com cama (palhada de resíduos vegetais), alimentos e água derramados.

O conteúdo e a composição química da matéria orgânica no esterco animal dependem inteiramente: (i) da espécie animal, (ii) da nutrição animal e (iii) do sistema de produção animal (intensivo ou extensivo, incluindo o manejo do esterco). Os dois primeiros influenciam a matéria orgânica excretada na forma de fezes e urina, pois existe uma grande diferença da dieta dada aos ruminantes e aos monogástricos. A urina contém nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) que não foi incorporado no tecido animal, no leite ou ovos, ou excretados como fezes. As fezes contêm material celular do estômago e intestinos, microrganismos e nutrientes vegetais, e matéria orgânica que não foi absorvida pelo animal (CHRISTENSEN & SOMMER, 2013).

Os carboidratos constituem a maior fração do material orgânico do esterco animal, seguidos por proteínas, lipídios, lignina e ácidos graxos voláteis. Os componentes orgânicos incluem compostos com os grupos funcionais carboxila, hidroxila, tiol e fenol (ERIKSEN, 2010 *apud* SOMMER et al., 2013), que no intervalo de pH do esterco contribuirão com carga negativa da matéria orgânica. A composição dos componentes orgânicos e o pH influenciam a carga das partículas e isso pode afetar a floculação e também a adsorção de cátions nas partículas de matéria seca no líquido e no esterco sólido (JENSEN & SOMMER, 2013).

## **BIOSSORÇÃO: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA REMEDIAÇÃO DE METAIS PESADOS**

A qualidade dos recursos hídricos é constantemente comprometida devido à lançamentos impróprios de efluentes industriais e fertilizantes. Esses efluentes podem conter elevados níveis de metais pesados, e com isso, provocar sérios danos ao meio ambiente e a saúde humana (BURGS et al., 2018). Neste contexto, a busca por novas tecnologias para o tratamento de diversos compartimentos ambientais contendo substâncias tóxicas e cumulativas, tais como os metais pesados, vêm ganhando espaço.

A biossorção surgiu como uma alternativa sustentável para a remediação de áreas contaminadas por metais pesados, já que é caracterizada como um processo viável, limpo, menos impactante e de baixo custo (HLIHOR et al., 2017; LU et al., 2017). O processo ocorre em diferentes etapas, que engloba as seguintes fases: a adsorção, uma separação sólido-líquido e uma possível regeneração da biomassa carregada com o metal. (KYZAS et al., 2013; SILVA et al., 2014).

A captura dos íons metálicos pela biomassa é um processo relativamente rápido, independente de energia, podendo ser reversível, que se dá por interações físico-químicas entre os íons e os grupos funcionais presentes na superfície da biomassa (PODSTAWCZYK et al., 2015). Dessa forma, o uso de resíduos agroindustriais para a remoção de metais pesados em águas residuais tem se mostrado uma alternativa promissora devido a afinidade que compostos naturais tem com elementos metálicos (PINO & TOREM, 2011). Essa afinidade ocorre devido aos diferentes grupos funcionais existentes na superfície da partícula, tais como, carboxila, hidroxila, aminas, sulfetos e fosfatos, grande superfície de contato e boa porosidade (SILVA et al., 2013; GUPTA et al., 2020). Além dos grupos funcionais citados anteriormente, subprodutos agrícolas geralmente são compostos por lignina e celulose, que são substâncias que também possuem a capacidade de se ligarem aos metais pesados formando complexos que os imobilizam (RODRIGUES et al., 2017).

Diferentes mecanismos estão envolvidos no processo de bioissorção, podendo ocorrer individualmente ou de forma simultânea, eles são diferenciados de forma qualitativa e quantitativa, dependendo da origem da biomassa e do seu processamento. Segundo Silva et al. (2014), seis mecanismos funcionam em sinergismo, que são: (i) Complexação: formação de um complexo por meio da associação de duas espécies; (ii) Coordenação: ligação covalente de um átomo central com outros átomos; (iii) Quelação: os complexos formados por um composto orgânico são unidos por pelo menos dois sítios; (iv) Troca iônica: formação de complexos a partir do intercâmbio de íons; (v) Adsorção: sorção através da superfície do tecido orgânico; e (vi) Precipitação inorgânica: modificação no meio aquoso levando a precipitação do despejo.

O uso de resíduos naturais como adsorventes apresenta grandes vantagens por exigirem pouco processamento e serem abundantes na natureza, sendo considerados de baixo custo, além de, apresentar alta capacidade de acumular contaminantes e suportar vários ciclos de sorção e dessorção (GONÇALVES JR. et al., 2012). Além disso, uma das principais vantagens do uso desses resíduos como bioissorventes se encontra na possibilidade de sua reutilização, através de um processo relativamente simples de dessorção. A possibilidade de regeneração de um bioissorvente oferece uma economia no método, porém para que seja uma realidade, a dessorção deve manter o bioissorvente eficaz, o eluente deve ser não poluente e o processo deve ser barato. A atratividade do processo também se encontra na possibilidade da recuperação do metal bioissorvido (GHASEMI et al., 2011; ABBAS et al., 2014). No entanto, estudos como o de Barquilla et al. (2019), evidenciaram que após a dessorção do metal pode ocorrer perda de

eficiência do bioissorvente, que pode ser atribuída à perda de massa, alterações nos locais dos sítios ativos e a formação de ligações irreversíveis entre  $H^+$  e o bioissorvente.

Abbas et al. (2014) ainda incluem como vantagens do processo de bioissorção em comparação com os métodos convencionais de remoção de metais pesados, a capacidade de tratar grandes volumes de águas residuais devido à rápida cinética; alta seletividade em termos de remoção e recuperação de metais pesados específicos; capacidade de lidar com vários metais pesados e resíduos mistos; alta afinidade, reduzindo metais residuais abaixo de 1 ppb (parte por bilhão) em muitos casos; investimento de capital relativamente baixo e baixo custo operacional; e grande redução do volume de resíduos perigosos produzidos.

Dentre os desafios encontrados no processo de bioissorção, destacam-se a seleção do bioissorvente mais adequado para cada tipo de metal pesado presente, em um meio de resíduos agroindustriais bastante amplo e de baixo custo, bem como, a combinação com outras técnicas físicas, químicas, ou biológicas visando melhorar o rendimento (EL-SAYED & EL-SAYED, 2014).

### **Fatores que afetam a bioissorção de metais**

A bioissorção é afetada por diversos fatores, onde alguns desses fatores estão relacionados à biomassa e ao metal e outros, às condições ambientais (ABBAS et al., 2014; BENI & ESMAEILI, 2020). Segundo Abbas et al. (2014), os principais fatores que afetam o processo de bioissorção são: o pH do meio, a temperatura, as características da biomassa, quantidade de biomassa, concentração inicial de íons metálicos, e a afinidade do metal pelo adsorvente. A forma como esses fatores afetam a adsorção de metais pesados em bioissorventes é descrita a seguir:

#### ***– pH do meio***

O pH do meio é um parâmetro fundamental em processos de adsorção, pois proporciona alterações tanto no bioissorvente como no íon metálico. O pH influencia a natureza dos locais de ligação da biomassa e a solubilidade do metal; afeta a química de solução dos metais, que está relacionada à especiação e ao grau de ionização das espécies em solução; a disponibilidade dos grupos funcionais presentes na biomassa, alterando sua atividade no processo de adsorção (OMRI et al., 2016; LI et al., 2019; LIMA et al., 2020). Além disso, em valores extremos de pH, a elevada concentração dos íons  $H^+$  ou  $OH^-$ , respectivamente, promove a competição entre espécies catiônicas ou aniônicas nos processos de adsorção (JING et al., 2017).



A intensidade desse efeito pode ser maior ou menor conforme o adsorvente, uma vez que as cargas da superfície do adsorvente dependem da sua composição e das características da superfície. Para valores de pH inferiores ao  $pH_{PZC}$  (pH referente ao ponto de carga zero), a carga superficial é positiva e a adsorção de ânions é favorecida; e para valores de pH superiores ao  $pH_{PZC}$ , a carga superficial é negativa e a adsorção de cátions é favorecida (SPOSITO, 2008; NASCIMENTO et al., 2014).

Dessa forma, com o aumento do valor de pH do meio ocorre o aumento da adsorção de íons metálicos, devido ao aumento de cargas negativas, gerando sítios ativos para esta interação (SPOSITO, 2008). No entanto, valores muito elevados de pH podem causar a precipitação dos complexos metálicos, devendo ser evitados nos ensaios de sorção (KLEINUBING et al., 2010).

#### – *Temperatura*

A influência da temperatura no processo de biossorção varia de acordo com o tipo de reação, endotérmica ou exotérmica (ZERAATKAR et al., 2016). Já que a maioria dos processos de biossorção são endotérmicos, uma temperatura mais alta poderia melhorar os resultados do coeficiente de transferência de massa, e com isso aumentar a eficiência da biossorção (GUPTA et al., 2020).

De acordo com Silva et al. (2014), em processos de adsorção, o efeito da temperatura sobre o sistema, afeta principalmente a constante de velocidade de adsorção. Caso a reação seja endotérmica, o aumento na temperatura pode ocasionar aumento de energia cinética e da mobilidade das moléculas do adsorvato, e ainda provocar um aumento na taxa de difusão intrapartícula do adsorvato, disponibilizando mais sítios ativos, além de afetar a solubilidade e o potencial químico do adsorvato. Sendo assim, o aumento da temperatura acelera o processo de adsorção, melhorando o rendimento do processo (EL-SAYED & EL-SAYED, 2014).

Ao realizar uma ampla revisão sobre o tema biossorção, Abbas et al. (2004), evidenciaram que a eficiência da biossorção, geralmente, permanece inalterada na faixa de 20-35 °C, porém em altas temperaturas, por exemplo, 50 °C, pode ocorrer um aumento da eficiência de remoção do metal. Apesar desse aumento de eficiência, Gupta et al. (2020), afirmam que a temperatura deve ser mantida dentro de uma faixa específica, que varia de acordo com as características do biossorvente, pois altas temperaturas podem causar danos permanentes levando à degradação das biomoléculas e a perda de porcentagem de remoção.

### ***– Tamanho da partícula e Área de superfície específica***

A intensidade da adsorção é proporcional à área superficial específica, visto que a adsorção é um fenômeno de superfície. Partículas de menor diâmetro, podem resultar em aumento da capacidade de adsorção, devido à maior área superficial específica e ao acesso mais fácil aos sítios ativos (HUANG et al., 2018). Para partículas maiores, a resistência à difusão é menor e grande parte da superfície interna da partícula não é disponibilizada para adsorção, ou seja, menor será a taxa de desenvolvimento da reação (SEKAR et al., 2004, BARROS et al., 2017).

### ***– Quantidade de biomassa***

A quantidade de massa de bioadsorvente usada influencia diretamente na eficiência da bioadsorção, visto que, com o aumento do bioadsorvente ocorre o aumento da superfície de contato e da disponibilidade de sítios ativos, até que seja atingida a condição de saturação (SHABAN et al., 2017). No entanto, a eficiência do processo tende a decrescer com o aumento da dosagem de material adsorvente, pois em quantidades elevadas pode ocorrer uma sobreposição dos sítios ativos, que impossibilita a saturação completa do adsorvente, reduz a área superficial e aumenta a competição dos íons pelos locais de ligação disponíveis (TRAN et al., 2016).

### ***– Concentração inicial de íons metálicos***

Segundo Tang e colaboradores (2019), aumentar a concentração de adsorvato na solução tende a resultar em maior capacidade de adsorção do material adsorvente. Uma elevada concentração inicial, exerce uma poderosa força motriz que consegue superar a resistência de transferência de massa do metal entre as fases aquosa e sólida, bem como propicia maior probabilidade de colisão entre os íons metálicos e a biomassa (ABBAS et al., 2014; BULUT & KARAER, 2015).

## **CINÉTICA DE ADSORÇÃO**

O processo de adsorção pode ser descrito tanto pelo seu estado de equilíbrio, através das isotermas de adsorção, quanto pela cinética de adsorção.

A cinética de adsorção pode ser descrita como a taxa de remoção do adsorvato na fase aquosa em relação ao tempo, envolvendo a transferência de massa de um ou mais componentes contidos na fase líquida externa para o interior da partícula do adsorvente (VIDAL et al., 2014).

Os estudos cinéticos são realizados avaliando a influência dos fatores como: massa de adsorvente, concentração inicial do metal, velocidade de agitação, pH e temperatura. Dessa

forma, é possível identificar as condições operacionais ótimas para a elaboração de projetos de sistemas de adsorção. Os modelos cinéticos comumente utilizados para descrever os processos de adsorção de metais pesados são os de pseudo primeira ordem, pseudo segunda ordem e difusão intrapartícula.

#### – Pseudo primeira ordem

O modelo de pseudo primeira ordem proposto por Lagergren em 1898, considera que a velocidade de ocupação dos sítios ativos é proporcional ao número de sítios disponíveis (COELHO, 2014). Este modelo parte do pressuposto que a reação é reversível, logo descreve uma adsorção física entre metal e biossorvente (ASUQUO & MARTIN, 2016).

$$\frac{dq_t}{dt} = K(q_e - q_t)$$

Onde: K - Constante da taxa de adsorção ( $\text{g mg}^{-1}\text{min}^{-1}$ );  $q_e$  e  $q_t$  - quantidades adsorvidas por grama de adsorvente no equilíbrio e no tempo ( $\text{mg g}^{-1}$ ).

A desvantagem de aplicação desse modelo está no fato de não se ajustar bem aos resultados experimentais em toda faixa de tempo, sendo aplicável somente para os 20-30 minutos iniciais do processo de biossorção (SILVA et al., 2014).

#### – Pseudo segunda ordem

O modelo de adsorção de pseudosegunda ordem, assume que o processo é de natureza química, logo envolve forças de valência e troca de elétrons (ASUQUO & MARTIN, 2016; COELHO, 2014). Diferente do modelo de pseudoprimera ordem, este descreve melhor o processo sobre toda a faixa de tempo (COELHO, 2014; SILVA et al., 2014).

$$\frac{dq_t}{dt} = K (q_e - q_t)^2$$

Onde: K - Constante da taxa de adsorção ( $\text{g mg}^{-1}\text{min}^{-1}$ );  $q_e$  e  $q_t$  - quantidades adsorvidas por grama de adsorvente no equilíbrio e no tempo ( $\text{mg g}^{-1}$ ).

O modelo de pseudosegunda ordem assume que a biossorção ocorre em duas etapas, a primeira seria uma etapa rápida, e a segunda seria a etapa limitante do processo que pode durar muito tempo até atingir o equilíbrio (MANGWANDI et al., 2020). A etapa rápida pode ser explicada devido ao encontro primário entre os metais pesados e os sítios ativos “expostos”, enquanto o processo lento corresponde ao rearranjo dos contaminantes em sítios ativos de mais

difícil acesso, o processo lento pode ser explicado também pela etapa de difusão que ocorre em paralelo ao longo dos poros (ASUQUO & MARTIN, 2016).

### – Difusão Intrapartícula

Quando a etapa controladora é a difusão intrapartícula, a cinética de bioadsorção pode ser descrita pelo modelo proposto por Weber e Morris em 1963.

$$q_t = K_{id} t^{1/2} + C_i$$

Onde:  $q_t$  - quantidade de adsorvato adsorvida na fase sólida ( $\text{mg g}^{-1}$ );  $t$  - tempo em min;  $K_{id}$  - coeficiente de difusão intrapartícula ( $\text{mg g}^{-1}\text{min}^{-0.5}$ );  $C_i$  - constante relacionada com a resistência à difusão ( $\text{mg g}^{-1}$ ).

Se for considerado que o adsorvato é provavelmente transportado da solução para a fase sólida através de difusão, os modelos de pseudo-primeira e segunda ordem não se ajustam e, portanto, o modelo da difusão intrapartícula seria o mais adequado para ser empregado (JUANG et al., 2002).

## ISOTERMAS DE ADSORÇÃO

A bioadsorção pode ser avaliada quantitativamente através das isotermas de adsorção, que são modelos empíricos que descrevem a relação entre a quantidade de determinado elemento químico adsorvido (adsorbato) à fase sólida (adsorvente) e sua quantidade remanescente na solução de equilíbrio a uma determinada temperatura (SPOSITO, 2008)

A obtenção de uma isoterma de adsorção é um processo simples, onde uma massa de adsorvente é adicionada a um determinado volume de uma série de soluções com concentrações iniciais diferentes e conhecidas do metal. Quando o equilíbrio de adsorção é atingido, obtêm-se a concentração final de soluto na solução em equilíbrio e a capacidade de adsorção do adsorvente (MELO et al., 2014).

$$q = \frac{(C_i - C_e) V}{m}$$

Onde:  $q$  - capacidade de adsorção do adsorvente;  $C_i$  - concentrações iniciais do metal;  $C_e$  - concentração final de soluto na solução em equilíbrio;  $V$  - volume da solução;  $m$  - massa de adsorvente.

Na literatura são descritos diversos modelos ou equações que descrevem a adsorção de metais pesados no solo. Modelos matemáticos são adotados devido à dificuldade de se representar as condições reais de um fenômeno complexo, como a bioadsorção. Cada modelo



assume pressupostos e parâmetros diferentes, por isso para que se obtenha resultados fiéis é necessário escolher o modelo que melhor se aplica ao caso estudado (COUTINHO, 2014). Na Tabela 5 são apresentados os principais modelos utilizados para descrever a adsorção de metais encontrados na literatura.

**Tabela 5:** Principais modelos de isotermas encontrados na literatura.

Isotermas	Equação	Parâmetros	Pressupostos
Langmuir	$q = \frac{Q_{\max} K_L C_e}{(1 + K_L C_e)}$	$K_L$ - constante relacionada com a afinidade do adsorvente pelo adsorbato; $Q_{\max}$ - capacidade máxima de adsorção, estima o número de sítios reativos em uma monocamada.	(i) os íons são adsorvidos em camada única na superfície, e ocorre adsorção máxima assim que a superfície é preenchida; (ii) a adsorção ocorre em posições específicas e só existe uma molécula por posição ou sítio; (iii) todas as posições ou sítios são idênticos, e a superfície é homogênea; (iv) a energia de adsorção é constante; (v) as espécies adsorvidas não interagem.
Freundlich	$q = K_f C_e^{\frac{1}{n}}$	$K_f$ - capacidade de adsorção do sólido; $n$ - intensidade de adsorção.	(i) a adsorção ocorre em multicamadas; (ii) a superfície de adsorção é heterogênea; (iii) a energia de adsorção decresce logaritmicamente à medida que a superfície é coberta.
Linear	$K_d = q/C_e$	$K_d$ - coeficiente de distribuição	Baseia-se na equação de Freundlich, onde $n = 1$ , ou seja, quando há alta afinidade do solo pelo íon ou composto, e a isoterma de Freundlich assume forma linear
Redlich-Peterson	$q = \frac{K_{RP} C_e}{(1 + a_{RP} C_e^{\beta})}$	$K_{RP}$ e $a_{RP}$ são constantes de Redlich-Peterson; e $\beta$ é expoente adimensional que varia de 0 a 1	Pode ser aplicada para amplas faixas de concentração e para sistemas homogêneos e heterogêneos.
BET	$q = \frac{Q_{\max} K C_e}{(C_s - C_e) [1 + (K_L - 1) (C_e/S_w)]}$	“q” e “Qmax” têm o mesmo significado que a de Langmuir; $K$ - está relacionado com a saturação em todas as camadas; $S_w$ - é a concentração do soluto na saturação de todas as camadas	(i) homogeneidade da superfície do sólido; (ii) o número de camadas pode ser infinito; (iii) o número de sítios assim como o tamanho da superfície é constante para cada camada; (iv) todos os sítios de uma mesma camada são energeticamente equivalentes; (v) cada molécula da primeira camada atua como um local potencial para a adsorção na segunda camada, e assim por diante.

Fonte: Adaptado de Abbas et al. (2014)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo relata sobre a composição química matéria orgânica de origem vegetal. Essas características são destacadas como importantes indicadores para o uso e manejo dos resíduos agrícolas.

O destaque neste capítulo foi o método conhecido como biossorção, bastante explorado como uma técnica que visa a remoção de poluentes presentes em efluentes. Tal método submete o resíduo líquido a um processo de adsorção, que é um dos métodos mais conhecidos na redução da concentração de metais (ou corantes, gases, microrganismos patogênicos) contidos em um meio líquido (ou gasoso). Essa técnica é acessível aos pequenos produtores por utilizar materiais abundantes e de fácil aquisição no meio rural e urbano, além de ser de baixo custo de investimento e de simples operação, não necessitando de profissional qualificado para implementação.

Neste capítulo também foram explorados os fatores que afetam o processo de adsorção de íons metálicos em biossorbentes; bem como a forma como o processo de adsorção pode ser descrito, seja por seu estado de equilíbrio – por meio das isotermas de adsorção, ou pela cinética de adsorção, que é um dos parâmetros mais importantes para avaliação de eficiência.

## REFERÊNCIAS

ABBAS, S. H.; ISMAIL, I. M.; MOSTAFA, T. M.; SULAYMON, A. H. Biosorption of heavy metals: A review. **Journal of Chemical Science and Technology**, v.3, n.4, p.74-102, 2014.

ASUQUO, E. D.; MARTIN, A. D. Sorption of cadmium (II) ion from aqueous solution onto sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) peel adsorbent: characterisation, kinetic and isotherm studies. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 4, n. 4, p. 4207-4228, 2016.

BARQUILHA, C. E. R.; COSSICH, E. S.; TAVARES, C. R. G.; SILVA, E. A. Biosorption of nickel (II) and copper (II) ions by *Sargassum* sp. in nature and alginate extraction products. *Bioresource Technology Reports*, v. 5, p. 43-50, 2019.

BARROS, D. C.; CARVALHO, G.; RIBEIRO, M. A. Processo de biossorção para remoção de metais pesados por meio de resíduos agroindustriais: uma revisão. *Revista Biotecnologia & Ciência*, v.6, n.1, p.01-15, 2017.

BENI, A. A.; ESMAEILI, A. Biosorption, an efficient method for removing heavy metals from industrial effluents: a review. *Environmental Technology & Innovation*, v. 17, p. 100503-100546, 2020.

BUGS, L. C.; CUPERITINI, P. M.; WOLF, T. C.; TREICHEL, H. Uso da biomassa de algas como biossorvente para remoção de metais pesados: uma revisão. **Revista CIATEC-UPF**, v.10, n.1, p.53-67, 2018.

BULUT, Y.; KARAER, H. Adsorption of methylene blue from aqueous solution by crosslinked chitosan/bentonite composite. **Journal of Dispersion Science and Technology**, v. 36, n. 1, p. 61-67, 2015.

COELHO, G. F.; GONÇALVES JR, A. C.; SOUSA, R. F. B.; SCHWANTES, D.; MIOLA, A. J.; DOMINGUES, C. V. R. Uso de técnicas de adsorção utilizando resíduos agroindustriais na remoção de contaminantes em águas. **Journal of Agronomic Sciences**, v.3, p.291-317, 2014.

COUTINHO, I. B. **Sorção de Zinco, Cádmio, Cobre e Chumbo em Organossolos**. 2014. 97f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2014.

CHRISTENSEN, M. L.; SOMMER, S. G. Animal Production and Animal Manure Management. 2013. In: SOMMER, S. G.; JENSEN, L. S.; CHRISTENSEN, M. L.; SCHMIDT, T. Animal manure: recycling, treatment, and management. John Wiley & Sons, 2013. p. 5-23.

CHRISTENSEN, M. L.; SOMMER, S. G. **Manure Characterisation and Inorganic Chemistry**. 2013. In: SOMMER, S. G.; JENSEN, L. S.; CHRISTENSEN, M. L.; SCHMIDT, T. Animal manure: recycling, treatment, and management. John Wiley & Sons, 2013. p. 41-63.

EL-SAYED, H. E. M.; EL-SAYED, M. M. H. Assessment of Food Processing and Pharmaceutical Industrial Wastes as Potential Biosorbents: A Review. **BioMed Research International**, v. 2014, 24 p., 2014.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Marco estratégico de la FAO para 2022-2031**. 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/strategic-framework/es>. Acesso em: 21 Abril.2022.

FENGEL, D.; WEGENER, G. **Wood: Chemistry Ultrastructure, Reactions**. De Gruyter Berlin, 1984.

GHASEMI, M; KESHTKAR, A. R; DABBAGH, R; SAFDARI, S. JR. Biosorption of Uranium (VI) from aqueous solutions by Ca-pretreated *Cystoseira indica* alga: breakthrough curves studies and modeling. **Journal of Hazardous Materials**, v. 189, n. 1-2, p. 141-149, 2011.

GONÇALVES JR., A. C.; STREY, L.; LINDINO, C. A.; NACKE, H.; SCHWANTES, D.; SEIDEL, E. P. Aplicabilidade da casca de pinus (*Pinus elliottii*) para adsorção de metais pesados tóxicos de soluções aquosas. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 34, n. 1, p. 79-87, 2012.

GUPTA, S; SIREESHA, S; SREEDHAR, I; PATEL, C. M.; ANITHA, K. L. Latest trends in heavy metal removal from wastewater by biochar based sorbents. **Journal of Water Process Engineering**, v. 38, p. 101561, 2020.

HLIHOR, R. M.; FIGUEIREDO, H.; TAVARES, T.; GAVRILESCU, M. Biosorption potential of dead and living *Arthrobacter viscosus* biomass in the removal of Cr (VI): batch and column studies. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 108, p.44–56, may. 2017.



HUANG, J.; KANKANAMGE, N. R.; CHOW, C.; WELSH, D. T.; LI, T.; TEASDALE, P. R. Removing ammonium from water and wastewater using cost-effective adsorbents: A review. **Journal of Environmental Sciences**, v. 63, p. 174-197, 2018.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **AGENDA 2030 - ODS – Metas Nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Brasília. 2018. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=33895&Itemid=433](https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=33895&Itemid=433). Acesso em: 10 Jun.2021.

JENSEN, L. S.; SOMMER, S. G. **Animal Production and Animal Manure Management**. 2013. In: SOMMER, S. G.; JENSEN, L. S.; CHRISTENSEN, M. L.; SCHMIDT, T. Animal manure: recycling, treatment, and management. John Wiley & Sons, 2013. p. 67-90.

JING, Q. X.; CHAI, L. Y.; HUANG, X. D.; TANG, C. J.; HUAN, G. U. O.; WEI, W. A. N. G. Behavior of ammonium adsorption by clay mineral halloysite. **Transactions of Nonferrous Metals Society of China**, v. 27, n. 7, p. 1627-1635, 2017.

JUANG, R-S; WU, F-C; TSENG, R-L. Characterization and use of activated carbons prepared from bagasses for liquid-phase adsorption. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 201, n. 1-3, p. 191-199, 2002.

KLEINUBING, S. J.; VIEIRA, R. S.; BEPPU, M. M.; GUIBAL, E.; SILVA, M. G. C. D. Characterization and evaluation of copper and nickel biosorption on acidic algae *Sargassum filipendula*. **Materials Research**, v. 13, n.4, p.541-550, 2010.

KÖGEL, I. K. The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as input to soil organic matter. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 34, p. 139-162, 2002.

KYZAS, G. Z.; FU, J.; MATIS, K. A. The change from past to future for adsorbent materials in treatment of dyeing wastewaters. **Materials**, v.6, n.11, p. 5131-5158, 2013.

LI, L.; ZOU, D.; XIAO, Z.; ZENG, X.; ZHANG, L.; JIANG, L.; WANG, A.; GE, D.; ZHANG, G.; LIU, F. Biochar as a sorbent for emerging contaminants enables improvements in waste management and sustainable resource use. **Journal of cleaner production**, v.210, p. 1324-1342, 2019.

LIMA, L. R; COSTA, O. F.; ALVES, B. S. F.; DANTAS, K. G. F.; LEMOS, V. P.; PINHEIRO, M. H. T. Remoção de Cu(II), Zn(II) e Ni(II) utilizando resíduo de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) como bioissorvente em solução aquosa. **Revista Virtual de Química**, v. 12, n. 5, p. 1-13, 2020.

LU, K.; CHAI, K.; LIANG, Q.; XU, Z.; LI, G.; JI, H. Biosorption and selective separation of acetophenone and 1-phenylethanol with polysaccharide-based polymers. **International Journal of Chemical Engineering**, v. 317, p. 862-872, jun. 2017.

MANGWANDI, C; KURNIAWAN, T. A; ALBADARIN, A. B. Comparative biosorption of chromium (VI) using chemically modified date pits (CM-DP) and olive stone (CM-OS): kinetics, isotherms and influence of co-existing ions. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 156, n. 1, p. 251-262, abr. 2020.

MELO, D. DE Q.; LIMA, A. C. A. DE; BARROS, A. L. DE; VIDAL, C. B.; RAULINO, G. S. C.; NASCIMENTO, R. F. do. **Equilíbrio de adsorção**. In: Nascimento, R. F. do; Lima, A. C.



A. de; Vidal, C. B.; Melo, D. de Q.; Raulino, G. S. C. (Eds.) Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014. p. 23-50.

NASCIMENTO, R. F. do; LIMA, A. C. A. DE; VIDAL, C. B.; MELO, D. de Q.; RAULINO, G. S. C. **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014. 256p.

OMRI, A.; WALI, A.; BENZINA, M. Adsorption of bentazon on activated carbon prepared from Lawsonia inermis wood: Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies. **Arabian journal of chemistry**, v. 9, p. S1729-S1739, 2016.

PINO, G. H; TOREM, M. L. Aspectos fundamentais da biossorção de metais não ferrosos estudo de caso. **Tecnologia em Metalurgia e Materiais**, v. 8, n. 1, p. 57-63, 2011.

PODSTAWCZYK, D.; WITEK-KROWIAK, A.; DAWIEC, A.; BHATNAGAR, A. Biosorption of copper (II) ions by flax meal: empirical modeling and process optimization by response surface methodology (RSM) and artificial neural network (ANN) simulation. **Ecological Engineering**, Netherlands, v. 83, p. 364–379, 2015.

RODRIGUES, A. C. D.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; SANTOS, F. S.; SANTOS, A. M.; PEREIRA, A. C. C.; LIMA, E. S. A. Biosorption of Toxic Metals by Water Lettuce (*Pistia stratiotes*) Biomass. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 228, p. 156-166, 2017.

SEKAR, M.; SAKTHI, V.; RENGARAJ, S. Kinetics and equilibrium adsorption study of lead (II) onto activated carbon prepared from coconut shell. **Colloid and Interface Science**, v. 279, p. 307-313, 2004.

SHABAN, M.; ABUKHADRA, M. R.; NASIEF, F. M.; EL-SALAM, H. A. Removal of ammonia from aqueous solutions, ground water, and wastewater using mechanically activated clinoptilolite and synthetic zeolite-a: kinetic and equilibrium studies. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 228, n. 11, p. 450, 2017.

SILVA, J. L. B. C; PEQUENO, O. T. B. d. L; ROCHA, L. K. S; ARAÚJO, E. C. O; MARCIEL, T. A. R; BARROS, A. J. Biossorção de metais pesados: uma revisão. **Revista Saúde & Ciência Online**, v. 3, n. 3, p. 137-149, dez. 2014.

SILVA, K. M; REZENDE, L. C. S. H; BERGAMASCO, R; SILVA, C. A; GONÇALVES, D. S. Caracterização físico-química da fibra de coco verde para a adsorção de metais pesados em efluente de indústria de tintas. **Engevista**, v. 15, n. 1, p. 43-50, 2013.

SOMMER, S. G.; JENSEN, L. S.; CHRISTENSEN, M. L.; SCHMIDT, T. Animal manure: recycling, treatment, and management. **John Wiley & Sons**, 2013. 384 p.

SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. 2. ed. New York: Oxford University Press, 2008.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: Genesis, composition, reactions**. John Wiley and Sons, Inc., New York, NY, 1982.

TANG, Y.; ALAM, M. S.; KONHAUSER, K. O.; ALESSI, D. S.; XU, S.; TIAN, W.; LIU, Y. Influence of pyrolysis temperature on production of digested sludge biochar and its application for ammonium removal from municipal wastewater. **Journal of cleaner production**, v. 209, p. 927-936, 2019.

TRAN, H. T; VU, NGO D; MATSUKAWA, M; OKAJIMA, M; KANEKO, T; OHKI, K; YOSHIKAWA, S. Heavy metal biosorption from aqueous solutions by algae inhabiting rice paddies in Vietnam. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 4, n. 2, p. 2529-2535, 2016.

VIDAL, C. B.; LIMA, A. C. A. de; MELO, D. de Q.; RAULINO, G. S. C.; NASCIMENTO, R. F. do. **Cinética de Adsorção**. In: Nascimento, R. F. do; Lima, A. C. A. de; Vidal, C. B.; Melo, D. de Q.; Raulino, G. S. C (Eds.) Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014. p.51-72.

ZERAATKAR, A. K; AHMADZADEH, H; TALEBI, A. F; MOHEIMANI, N. R; MCHENRY, M. P. Potential use of algae for heavy metal bioremediation, a critical review. **Journal of Environmental Management**, v. 181, p. 817-831, 2016.

# CAPÍTULO 16

## SELÊNIO COMO MITIGADOR DE ESTRESSE EM PLANTAS

**Luciana Fernandes Gonçalves**  
**Daniele Monteiro Ribeiro**  
**Jéssica Corrêa Albuquerque Medeiros**  
**Kamilla Melo de Jesus**  
**Glauco André dos Santos Nogueira**  
**Cândido Ferreira de Oliveira Neto**

### RESUMO

As práticas e os meios insustentáveis de produção vegetal, vêm ocasionando uma série de problemas relacionados aos sistemas edáficos, climáticos, atmosférico, vegetal e animal. Os solos estão cada vez mais sem água e sem vida, as temperaturas estão mais quentes, e os gases atmosféricos mais nocivos, e os vegetais menos suscetíveis a essas mudanças, interferindo diretamente no reino animal. Aumento dos gases de efeito estufa é uma comprovação das mudanças causadas por ações antrópicas, trazendo consequências preocupantes para governos e iniciativa privada, o aumento acentuado de estresses abióticos. A salinidade, deficiência hídrica, contaminação por metais pesados são as mais expressivas e, contudo, as mais estudadas. A interferência desses estresses aos vegetais ocasiona redução da produção e produtividade no mundo todo. Estratégias como aplicação de selênio (Se) surgem como ferramentas para mitigar os estresses, melhorando o desenvolvimento da cultura e alavancando a produtividade. Mas, contudo, é necessário um aprofundamento do conhecimento desse elemento para mitigar tais estresses, muitas lacunas ainda não estão preenchidas, levando ao mundo científico a uma corrida para afirmar que esse elemento benéfico aos vegetais possui características fitorremediadora as condições estressantes. Essa revisão tem por objetivo informar a importância desse elemento nas atividades agrícolas e florestais como um possível remediador de estresses abióticos, partindo da apresentação do elemento e suas constituições e formas, mostrando as suas principais funções dentro dos vegetais e suas relações com elementos tóxicos como os metais pesados. evidências essas que ainda são superficiais carecendo de um avanço mais profundo como características genéticas, enzimáticas de vegetais frente as relações com o selênio.

**PALAVRAS CHAVES:** Abióticos, Fitorremediação, Salinidade, Metais pesados.

### INTRODUÇÃO

As diferentes formas de produção vegetal são extremamente dependentes das variações atmosféricas, como quantidade de chuvas, temperatura, umidade do ar e outros elementos climáticos, de maneira que o clima interfere diretamente na produção desses vegetais. A ameaça da mudança climática global pode afetar a produção agrícola de todo o mundo por alterar os regimes de temperaturas e chuvas, comprometendo a segurança alimentar tanto local quanto mundial (AGUIAR et al, 2010). Diante das condições ambientais adversas intensificadas, e das

agudas atividades humanas, os estresses abióticos, estão cada vez mais preponderante como a seca, a salinidade, a luminosidade, a temperatura e a contaminação por metais pesados (AHMAD, 2016).

Visando atenuar esses tipos de estresses, o estudo de elementos químicos que apresentem características mitigadoras é essencial para o avanço das pesquisas científicas em culturas agrícolas e florestais. O selênio vem sendo alvo de pesquisas que abordam essas características, contudo, em plantas, a essencialidade do Se na ação de estresse ainda não é um fato concreto. Entretanto, estudos relatam efeitos benéficos do Se em baixas concentrações, promovendo o crescimento e auxiliando as plantas a se manterem por mais tempo fisiologicamente ativas nessas condições (HAWRYLAK-NOWAK et al, 2015).

O Se está disponível na natureza em diferentes formas inorgânicas, tais como:  $\text{Se}^0$  (elementar),  $\text{Se}^{2-}$  (seleneto),  $\text{HSeO}_3^{2-}$  (tioselenato),  $\text{SeO}_4^{2-}$  (selenato) e  $\text{SeO}_3^{2-}$  (selenito), sendo as duas últimas preferencialmente absorvidas pelas plantas (EL-RAMADY, et al, 2014). Contudo, em solos agricultáveis ele é escasso pois suas formas e concentrações e modificam de acordo com a geologia das rochas primárias, variando entre 0,01 a 2,0 mg de Se  $\text{kg}^{-1}$  de solo, em áreas litorâneas possuem maiores concentrações desse mineral, sendo classificados como seleníferos aqueles que possuem concentrações de 2,0 a 1200 mg Se  $\text{kg}^{-1}$  (FORDYCE, 2013).

O Se é considerado elemento benéfico para as plantas, dentre os aspectos benéficos, destacam-se a atenuação do estresse oxidativo (SHAHID et al., 2019), resistência a patógenos e herbivoria (SCHIAVON; PILON SMITS, 2017), estresse induzido por cádmio (LIMA et al., 2019), e estresse por déficit hídrico (ANDRADE et al., 2018). Por outro lado, o Se é tóxico aos vegetais quando aplicado em altas concentrações, devido à sua ação pró-oxidante (REIS et al., 2017; SILVA et al., 2018).

Portanto, visando conhecer o comportamento desse elemento químico nos vegetais o objetivo dessa revisão é identificar as características do Se e como este pode atuar como mitigador em diferentes tipos de estresse.

## SELÊNIO

No início do século XIX, o selênio foi descoberto (Se) pelo químico sueco Jons Jacob Berzelius (RAYMAN, 2000). Do início dos anos 30 até meados dos anos 60, a imagem do selênio evoluiu muito rapidamente, passando de um elemento altamente tóxico e cancerígeno no início até a um elemento essencial e possivelmente anti-cancerígeno. No entanto, a Organização Mundial de Saúde (OMS) considerou o selênio um oligoelemento essencial para



o homem ((MALAGOLI et al., 2015) apenas, após os trabalhos independentes de (FLOHÉ et al, 1973), que mostraram que o elemento é um componente da glutathione peroxidase.

Nos seres humanos, as funções nutricionais do selênio são obtidas a partir de 25 selenoproteínas que contêm selenocisteína no seu centro ativo. A inserção de selenocisteína para formar uma selenoproteína é especificado pelo codão UGA do mRNA sob condições específicas (RAYMAN, 2012), através dessa inserção o selênio é incorporado às proteínas por um processo de co-tradução como divisão de aminoácidos cisteína (SeCys), a maior parte, principalmente as famílias de glutamina peroxidases (GPxs) e redutases de tiorredoxina (TrxsRs), auxiliam tanto na defesa antioxidante quanto no ajustamento do estado redox. Não obstante, outras proteínas além de executarem específicos papéis, tais como desidrogenases de iodotironina (DIOs) estando relacionado com o metabolismo do hormônio da tireoide e o GPx4, essencial para a espermatogênese e selenosfosfato sintetases 2 (SPS2) na qual participam da biossíntese de proteínas, podem também estar incluídos em importantes processos biológicos não sendo eles totalmente compreendidos (ROMAN et al., 2014). Mas que apresenta funções muito importantes nos seres humanos.

Em animais a importância do selênio, em um caso específico no frango, o Se orgânico que é depositado no peito é reciclado pelo organismo e concentrado no fígado e plasma, aumentando a atividade enzimática da glutathione peroxidase, promovendo, com isso, a redução da peroxidação lipídica nas células dos animais (REIS *et al*, 2014). Neles, a deficiência de Se provoca a doença do músculo esquelético e/ou cardíaco, para suprir tal deficiência, aumenta-se o conteúdo de Se em vegetais, haja vista que, eles são uma importante fonte de ingestão de selênio tanto para os animais quanto para os seres humanos (MALAGOLI et al., 2015).

## **SELÊNIO NAS PLANTAS**

A absorção de selênio pelas plantas no solo acontece, principalmente, por meio de duas formas inorgânicas oxidadas: selenato e selenito. Ambos são metabolizados pelas mesmas vias que seus semelhantes de enxofre (S), promovendo a agregação de Selênio em todos os metabólitos de S, englobando proteínas e outros compostos (HAWRYLAK-NOWAK et al, 2015). O selenito em comparação com o selenato apresenta maior toxicidade e é transportado por vias de fosfato (WHITE e BROADLEY, 2009). Mas geralmente é convertido em compostos organoselênio, que permanecem dentro do sistema radicular (HUANG et al. 2017).

No entanto, o selenato, por ser mais solúvel é transportado através da membrana plasmática por transportadores de sulfato de alta afinidade, sendo facilmente translocado para

parte aérea das plantas, ficando disponível para as mesmas. Com isso, o efeito de ambas as formas de selênio, sejam elas separadas ou juntas, devem ser considerados ao avaliar os mecanismos que promovem ou previnem a toxicidade das plantas de Se, podendo também estar relacionada com o potencial redox do solo. Portanto, o estado de oxidação do Se é dependente do Ph e do potencial redox do solo, parâmetros esses que são fortemente dependentes dos fatores sazonais tais como: matéria orgânica, atividade de bactérias, composição do solo e teor de água (GUERRERO et al., 2014). Assim como, pelo conteúdo de óxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al) e argila, além da competição com outros elementos químicos (MEHDI et al., 2013). Não obstante, propriedades físicas do solo como grau de compactação, aeração e disponibilidade hídrica podem, de certa forma, influenciar no transporte de Se para as raízes (PRAUCHNER, 2014).

O Se pode controlar a superprodução de espécies reativas de oxigênio (ERO), atuando na regulação da atividade antioxidante, mecanismo fundamental para combater o estresse ambiental nas plantas (FENG et al, 2013). Em condições normais, a produção de ERO em células de plantas é mantida em níveis baixos. No entanto, em condições de estresse os níveis de ERO são aumentados, afetando os processos metabólicos e, por fim, o crescimento e produção das plantas. A aplicação de Se em baixas concentrações em plantas submetidas a diversos estresses ambientais pode reduzir o excesso de ERO produzido na célula, especialmente das espécies superóxido ( $O_2^{\cdot-}$ ) e/ou peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) (FENG et al, 2013).

As baixas concentrações de Se também contribuem na eficiência do processo fotossintético, devido ao aprimoramento da atividade antioxidante nas células, o que afeta positivamente a fotossíntese, os pigmentos fotossintéticos (ZHANG et al., 2014; FENG et al., 2015), a condutância estomática, concentração de  $CO_2$  intercelular e eficiência de transpiração (JIANG et al., 2015).

Um papel muito importante e fundamental do selênio nos vegetais após seu acúmulo nos seus tecidos, é que as plantas podem volatilizar esse elemento, disponibilizando-o na atmosfera. Tal característica torna viável o cultivo de culturas capazes de reduzir os níveis de Se tanto nos solos quanto em águas residuais da agricultura e da indústria, mediante volatilização do Se (LINE, 2003). Assim, muitos esforços têm sido envidados buscando maior compreensão e a possibilidade de manipulação do metabolismo de Se em plantas. Ele revela um efeito positivo nas plantas, embora boa parte das plantas sejam sensíveis ao Se, algumas,

quando crescendo em solos seleníferos, podem, mesmo que em baixa concentração, beneficiar-se de selênio. (FENG *et al.* 2015).

## **EFEITOS DO SELÊNIO NAS PLANTAS SOB ESTRESSE HÍDRICO**

A água é um recurso de extrema importância para o desenvolvimento das plantas, pois atua em vários processos fisiológicos, dentre eles o processo fotoquímico da fotossíntese, no transporte e absorção de nutrientes, sendo, portanto, um recurso indispensável para o desenvolvimento dos vegetais e está presente desde os primórdios da agricultura. É considerada como fundamental constituinte vegetal, pois compreende cerca de 90 a 95% da biomassa verde das plantas, e se faz significativa para a manutenção funcional dos tecidos, células e organismo (CHAVARRIA e SANTOS 2012). A falta de água nos vegetais, gera um déficit hídrico e gera impactos no desenvolvimento e produtividade dos vegetais (MONTEIRO *et al.*, 2014). Processos germinativos de sementes e crescimento inicial de plântulas são alguns dos processos dependentes da disponibilidade de água (TSUKAMOTO FILHO *et al.*, 2013).

Evidências tem apontado que o Selênio além de regular o status hídrico vegetal (AHMAD *et al.*, 2015), também possui a capacidade de aumentar a produção de biomassa (NAWAZ *et al.*, 2013). Tal fato se deve, muito possivelmente, ao aumento na atividade do metabolismo antioxidativo em plântulas sob déficit hídrico (YAO ET AL., 2013). Alguns estudos tem sugeridos que os efeitos do Se na mitigação dos impactos de estresses deva ser mais evidente em estresses moderados e em plântulas ou plantas jovens (OLIVEIRA, 2016).

A participação do selênio na osmorregulação celular garante o equilíbrio hídrico na condição de estresse hídrico, esse mecanismo é considerado o principal efeito protetor em condições de seca (SIEPRAWSKA *et al.*, 2015). Estresse hídrico reduz as taxas de troca de gasosa na maioria vegetais e o selênio tem proporcionado aumentos significantes na fotossíntese líquida ( $P_n$ ) e condutividade estomática ( $g_s$ ) em condições normais e irrigação restrita, o que pode estar relacionado ao papel do selênio na proteção do sistema fotossintético (NAWAZ *et al.*, 2015).

Alguns trabalhos científicos comprovam que o selênio ajuda na função protetora dos vegetais na condição de deficiência hídrica. HABIBI *et al.* (2013) registrou um maior teor relativo de água em plantas de cevada tratados com selênio, que atribuíram ao seu efeito melhorar a integridade da membrana e reduzir a fotooxidação. De acordo com Jozwiak *et al.* (2019), a análise do efeito do selênio em lâminas de irrigação sob estresse hídrico, mostraram maiores concentrações de polifenóis quando o selênio foi aplicado, o mesmo autor informou

que na adição de selênio em raízes de pepino, ocorreram aumentos de compostos bioativos sob estresse da seca. O efeito do selênio na mitigação do estresse ambiental ainda não foi totalmente elucidado, embora sua influência nas relações planta-água, trocas gasosas, atividades osmoprotetoras e propriedades antioxidantes está bem documentado (NAWAZ et al., 2015).

### **EFEITOS DO SELÊNIO NAS PLANTAS SOB ESTRESSE SALINO**

O estresse salino possui maior incidência em regiões áridas e semiáridas, as quais sofrem com a baixa pluviosidade e alta evaporação (LEITE et al, 2017). Entretanto, o manejo inadequado do solo pode torná-lo salino, como exemplo disso, a irrigação com solução salina pode acarretar este efeito ou iniciá-lo se for realizada de forma inapropriada, este método de irrigação é um fator limitante à produção agrícola, além de reduzir a produtividade das culturas economicamente. A água salobra pode ocasionar efeitos adversos na relação solo-água-planta, o que causa restrição nas atividades fisiológicas e no potencial produtivo do cultivo (DIAS et al, 2016). Ademais, se houver altos níveis de salinidade no solo, o crescimento, a expansão foliar e o metabolismo da planta serão afetados de forma negativa. Diante dessa adversidade dos vegetais, esforços consideráveis têm sido feitos para aumentar a tolerância ao sal das plantas incluindo o uso de moléculas de sinalização como selênio (JIANG et al., 2017).

Informações científicas vem mostrando que o Selênio quando utilizado em pequenas quantidades, pode evitar a toxicidade do cloreto de sódio ( $\text{Na}^+\text{Cl}^-$ ), além, de promover o desenvolvimento e produtividade da planta (DESOKY et al, 2020). Esse elemento químico melhora a capacidade fotossintética e o sistema de defesa antioxidante, aumentando as atividades das enzimas superóxido dismutase (SOD) e ascorbato peroxidase (APX). Assim como na manutenção do turgor celular e da integridade da membrana (RADY et al. 2020). O selênio participa do processo de regeneração de enzimas de membrana e reativa o transporte de metabolitos para os cloroplastos que sofrem com o estresse salino (FENG et al, 2013).

Relatos científicos mostram que o Se participa ativamente na atenuação do crescimento de vegetais em condição de estresse salino, no trabalho desenvolvido por (MAJEED et al, 2019), mostraram que esse micronutriente aumentou o comprimento da parte aérea, a área foliar e o número de folhas por plantar quando tratadas com selênio. Em termos fisiológicos o Se aumenta o teor relativo de clorofila, o valor SPAD e a eficiência da fluorescência da clorofila sincronizado com o aumento da condutância estomática, isso caracteriza um ajustamento do aparelho fotossintético na condição de estresse por salinidade (MELO et al, 2017).



Um papel primordial do Se na condição de salinidade é que esse elemento atua na estabilização da integridade da membrana e mantém o turgor celular sob esse estresse (PROIETTI et al, 2013). Plantas estressadas com excesso de sal, geram distúrbios osmóticos, contudo quando ocorre aplicação do selênio o mesmo aumenta significativamente seu conteúdo de colina e glicina betaína e isso pode estar relacionado como o Se regula positivamente a biossíntese da enzima colina/colina monooxigenase, que catalisa a síntese desse aminoácido (KHATTAB et al, 2014).

### **SELÊNIO COMO MITIGADOR DE METAIS PESADOS**

A contaminação de ambientes aquáticos e terrestres por compostos químicos perigosos é um dos graves problemas decorrentes da industrialização e do uso intensivo de agrotóxicos no mundo. Essa contaminação pode ocorrer por descarte e derrame proposital ou acidental de resíduos provenientes de atividades agrícolas, industriais, domésticas ou por deposição atmosférica, que modificam as características naturais da água e do solo, produzindo impactos e limitando seus usos (MARQUES et al., 2011). Muitos destes efluentes apresentam em sua composição metais pesados (chumbo, cobre, cádmio, zinco, cromo e mercúrio) que são altamente tóxicos para os seres vivos (ACOSTA, 2016).

Diante desta perspectiva, faz-se necessário alcançar o equilíbrio entre o avanço industrial e o impacto sobre o meio ambiente (SILVA e PIRES, 2014). Nesse contexto, a fitorremediação desponta como uma técnica acessível e de fácil aplicação, sendo muito utilizada em projetos de remediação de ambientes contaminados. Essa técnica consiste na utilização de plantas para remover, tornar inerte ou minimizar os riscos causados por poluentes dissolvidos nesse ambiente (PIO et al., 2013).

### **SELÊNIO COMO MITIGADOR DO CÁDMIO**

O cádmio (Cd) é um dos metais pesados mais tóxicos do meio ambiente e afeta animais e plantas (WANG et al., 2020). O acúmulo de Cd pode induzir efeitos tóxicos nas culturas, como inibição da divisão celular, redução da fotossíntese, assim como aumento da peroxidação lipídica da membrana celular e inibição da atividade da enzima antioxidante (RIZWAN et al., 2018). Todos esses efeitos inibem o crescimento normal das plantas e reduzem o seu rendimento. Visando encontrar soluções para amenizar os efeitos tóxicos desse metal nos vegetais, pesquisas científicas tem mostrado que o selênio tem sido um elemento muito promissor nesse papel, contudo, informações sobre a interação desse microelemento essencial

e seu efeito no alívio da toxicidade do Cd permanecem limitada, e os mecanismos relacionados ainda não estão claros.

O selênio (Se) tem muitos efeitos nos desenvolvimentos e crescimento da planta, atuando na regulação de vários processos fisiológicos e mitiga os efeitos tóxicos dos metais pesados e radicais livres (FAROOQ et al, 2019). No trabalho desenvolvido por WU et al. (2018) com repolho, a pulverização foliar com Se permitiu uma redução significativa de Cd nos órgãos das raízes e folhas. Alyemeni et al (2017), trabalhando com tomate mostraram que o selênio melhorou o metabolismo antioxidante quanto o acúmulo de osmólitos e proporcionaram melhorias significativa na oxidação de estresse, concedendo melhor potencial às plantas de tomates.

O malondialdeído (MDA) é um produto da reação de peroxidação em condições de estresse em vegetais e ocorre principalmente nas membranas celulares e é um forte indicativo de dano oxidativo, para HUSSAIN et al., (2017), a aplicação de Se sob essa condição reduz drasticamente a concentração de MDA. O Se pode preservar as atividades das enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e glutathione peroxidase (GPx), diminuem a concentração de ascorbato peroxidase (APX) nas plantas (MALIK et al., 2012), reconstruir cloroplastos e recuperar a integridade da membrana celular. Os mecanismos relevantes de desintoxicação do Cd pelo Se podem ser atribuídos a inibição da captação e translocação de Cd das raízes para parte aérea e/ou a transformação da especiação em espécies não tóxicas (SAIDI, 2014).

Para evitar o acúmulo de Cd nos tecidos da parte aérea, plantas podem restringir a entrega de Cd ao xilema a partir do simplasto produzindo quelatos de Cd no citoplasma das células radiculares e sequestrando quelatos de Cd no vacúolo (LUX et al., 2011). Um dos possíveis mecanismos de proteção está no papel do Se em diminuir o transporte de Cd das raízes para brotos alterando as espécies de Cd ou distribuições subcelulares em raízes.

## **SELÊNIO COMO MITIGADOR DO CROMO**

O cromo (Cr) é amplamente relatado como causador de toxicidade para as plantas, afetando a morfologia das plantas, inibindo o crescimento, causando alterações anatômicas e ultraestruturais irreversíveis e interferindo na nutrição (DO NASCIMENTO et al., 2018; REALE et al., 2016). O aumento do teor de Cr no solo e uma vez ele podendo ser absorvido e acumulado nas plantas, pode danificar direta ou indiretamente a saúde humana via cadeia alimentar (GIRI e SINGH, 2017). Portanto, é necessário investir em tecnologias e métodos de

gestão para diminuir a absorção desse metal pelas plantas que crescem em ambiente contaminado com Cr e, portanto, reduzir os riscos à saúde humana.

A ação do selênio em plantas contaminadas por Cr é diversa, ele melhora a oxidação das plantas quando estressadas por Cr (HANDA et al., 2017). Como as raízes é o primeiro órgão a entrar em contato com o Cr alterações morfológicas são uma consequência desse contato, contudo, no estudo desenvolvido por (QIN et al., 2018), verificaram que o Se melhora o desenvolvimento da morfologia radicular quando expostas com Cr, foi possível observar aumentos do comprimento da raiz primária e da quantidade de raiz lateral, aumentando a concentração de auxina nas raízes desses vegetais (JIA et al., 2018). Outra função importante do Se na condição de estresse por Cr, está na redução das espécies reativas de oxigênio (EROs) e isso proporciona manutenção da integridade da estrutura e função da membrana e aumentando estabilidade da membrana e, assim, melhorando o crescimento das plantas (ALYEMENI et al., 2018).

A função nutricional dos vegetais é fortemente afetada pelo Cr, contudo o Se mostrou potencial para aumentar o acúmulo de elementos essenciais em diferentes plantas sob estresse por esse metal (GOLUBKINA et al., 2017). Fisiologicamente, o Se aumentou a síntese de clorofilas refletindo em uma maior produção de biomassa (CHAUHAN et al. 2017).

## CONCLUSÃO

O selênio é considerado benéfico aos vegetais e apresenta essencialidade aos humanos e animais, e essas características o tornam objeto de estudo em diferentes linhas de pesquisa. As mudanças ambientais afetam sobremaneira as atividades agrícolas no mundo todo, as principais causas são os estresses em vegetais que trazendo prejuízos irreparáveis, como diminuição da produção e produtividade, o não fechamento do ciclo da cultura, produtos de baixa qualidade entre outros, logo, a busca por soluções para amenizar esses estresses e as suas consequências é fundamental.

Nas áreas das ciências agrárias o selênio vem sendo estudado muito em função de atenuar estresse bióticos e abióticos. O selênio tem se mostrado promissor em estresses hídricos, salino, e por metais pesados, em virtude de melhor a condição vegetal nesses estresses, atividades fisiológicas, bioquímicas e morfoanatômicas, são amplamente melhoradas quando o selênio é aplicado na condição de estresse, isso depende muito das concentrações desse elemento, mas contudo, a quantidade de informação ainda é insuficiente para indicar em

programas governamentais esse elemento como um aliado a diminuição efetiva contra estresse ambientais.

## REFERÊNCIAS

ACOSTA, B.; I, JUNIOR; V. S. A.; SILVA, F., E., CARDOSO, F., T., CALDAS, S., J., JARDIM, D., J., CORCINI, D., C. Effects of exposure to cadmium in sperm cells of zebrafish, *Danio rerio*. **Toxicology Reports**, v.3, p. 696-700, 2016. DOI: 10.1016/j.toxrep.2016.08.002.

AGUIAR, M. I.; MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A.; OLIVEIRA, T. S. Sediment, nutrient and water losses by water erosion under agroforestry systems in the semi-arid region in northeastern Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 79, n. 3, p. 277-289, 2010. DOI: 10.1007/s10457-010-9310-2.

AHMAD, P.; LATEF, A. A.H. A.; RASOOL, S.; AKRAM, N. A.; ASHRAF. M.; GUCEL, S. Role of Proteomics in Crop Stress Tolerance. **Frontiers in Plant Science**. v. 7, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01336>.

AHMAD, R. WARAICH, E.A. NAWA, F. ASHRAF, M.Y. KHALID, M. Selenium (Se) improves drought tolerance in crop plants— a myth or fact?. **Journal of the science of food and agriculture**, 96: 372-380. 2015. DOI: 10.1002/jsfa.7231.

ALYEMENI, M.N., AHANGER, M.A., WIJAYA, L., ALAM, P., BHARDWAJ, R., AHMAD, P. Selenium mitigates cadmium-induced oxidative stress in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants by modulating chlorophyll fluorescence, osmolyte accumulation, and antioxidant system. **Protoplasma** 255 (2), 459–469. 2018. DOI: 10.1007/s00709-018-1231-3.

ANDRADE, F.R.; DA SILVA, G.N.; GUIMARÃES, K.C.; BARRETO, H.B.F.; DE SOUZA, K.R.D.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; REIS, A.R. Selenium protects rice plants from water deficit stress. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v. 164, p. 562-570, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.08.022>.

CHAUHAN, R., AWASTHI, S., TRIPATHI, P., MISHRA, S., DWIVEDI, S., NIRANJAN, A., MALLICK, S., TRIPATHI, P., PANDE, V., TRIPATHI, R.D. Selenite modulates the level of phenolics and nutrient element to alleviate the toxicity of arsenite in rice (*Oryza sativa* L.). **Ecotoxicol. Environ. Saf.** 138, 47–55. 2017. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2016.11.015.

CHAVARRIA, G; SANTOS, H.P. Cultivo de videira em ambiente protegido. In: CHAVARRIA, G.; SANTOS, H.P. (Ed.). **Fruticultura em ambiente protegido**. Brasília: Embrapa, 2012. 278p.

DESOKY, E.M.; EL-MAGHRABY, L.M.M.; AWAD, A.E.; ABDO, A.I.; RADY, M.M.; SEMIDA, W.M. Fennel and ammi seed extracts modulate antioxidant defence system and alleviate salinity stress in cowpea (*Vigna unguiculata*). **Sci. Hortic.** 2020, 272, 109576. DOI:10.1016/j.scienta.2020.109576.

DIAS, N. S. *et al.* Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade (Salinity effects on plants and tolerance of crops to salinity). **Book Chapter**, p. 151-162, 2016.



EL-RAMADY, H.R., DOMOKOS-SZABOLCSY, É., ABDALLA, N.A. *et al.* Selenium and nano-selenium in agroecosystems. **Environ Chem Lett** 12, 495–510 (2014). <https://doi.org/10.1007/s10311-014-0476-0>

FAROOQ, M.A., NIAZI, A.K., AKHTAR, J., SAIFULLAH, FAROOQ, M., SOURI, Z., KARIMI, N., RENGEL, Z. Acquiring control: the evolution of ROS-Induced oxidative stress and redox signaling pathways in plant stress responses. **Plant Physiol. Biochem.** 141, 353–369.2019. DOI: 10.1016/j.plaphy.2019.04.039.

FENG, *et al.* The roles of selenium in protecting plants against abiotic stresses. **Environmental and experimental botany**, v. 87, p. 58-68, 2013. DOI:10.1016/j.envexpbot.2012.09.002.

FENG, T.; CHEN, S. S.; GAO, D. Q.; LIU, G. Q.; BAI, H. X.; LI, A.; PENG, L. X.; REN, Z. Y. Selenium improves photosynthesis and protects photosystem II in pear (*Pyrus bretschneideri*), grape (*Vitis vinifera*), and peach (*Prunus persica*). **Photosynthetica, Prague**, v. 53, n. 4, p. 609–612, 2015. DOI: 10.1007/s11099-015-0118-1.

FLOHE, L. GÜNZLER, W.A, SCHOCK, H.H. Glutathione peroxidase: a selenoenzyme. **FEBS Lett** 32: 132–134.1973. DOI: 10.1016/0014-5793(73)80755-0.

FORDYCE, F. M. **Essentials of medical geology: revised edition**, in: O. Selinus, B. Alloway, J.A. Centeno, R. Finkelman, R. Fuge, U. Lindh, P.L. Smedley (Eds.). Selenium deficiency and toxicity in the environment, Springer, Dordrecht, 2013, pp. 375–416.

GIRI, S. SINGH, A.K. Human health risk assessment due to dietary intake of heavy metals through rice in the mining areas of Singhbhum Copper Belt, India. **Environ Sci Pollut Res Int.** 2017 Jun;24(17):14945-14956. DOI: 10.1007/s11356-017-9039-9

GOLUBKINA, N.A.; KOSHELEVA, O.V.; KRIVENKOV, L.V.; DOBRUTSKAYA H.G.; NADEZHKIN S.; CARUS, G. Intersexual differences in plant growth, yield, mineral composition and antioxidants of spinach (*Spinacia oleracea* L.) as affected by selenium form. **Sci. Hortic.**, 225: 350-358. 2017. DOI: 10.1016/j.scienta.2017.07.001

GUERRERO, B.; LLUGANY, M.; PALACIOS, O.; VALIENTE, M. Dual effects of different selenium species on wheat. **Plant Physiology and Biochemistry**, New Delhi, v. 83, p. 300–307, 2014. DOI: 10.1016/j.plaphy.2014.08.009

HABIBI, G. Effect of drought stress and selenium spraying on photosynthesis and antioxidant activity of spring barley/Ucinek susnega stresa in skropljenja s selenom na fotosintezo in antioksidativno aktivnost jarega jecmena. **Acta Agriculturae Slovenica**, v. 101, n. 1, p. 31-39, 2013. DOI: 10.2478/acas-2013-0004.

HANDA, N., KOHLI, S.K., THUKRAL, A.K., ARORA, S., BHARDWAJ, R. Role of Se (VI) in counteracting oxidative damage in Brassica juncea L. under Cr (VI) stress. **Acta Physiol. Plant.** 39, 51. 2017. DOI: 10.1007/s11738-017-2352-6.

HAWRYLAK-NOWAK, B.; MATRASZEK, R.; POGORZELEC, M. The dual effects of two inorganic selenium forms on the growth, selected physiological parameters and macronutrients accumulation in cucumber plants. **Acta Physiologiae plantarum**, Heidelberg, v. 37, n 2, p. 1-13, 2015. DOI: 10.1007/s11738-015-1788-9.

HUANG, Q.Q., WANG, Q., WAN, Y.N., YU, Y., JIANG, R.F., & LI, H.F. Application of X-ray absorption near edge spectroscopy to the study of the effect of sulphur on selenium uptake and assimilation in wheat seedlings, **Biol. Plant.** 61. 2017.726–732. DOI: 10.1007/s10535-016-0698-z.

JIA, H., SONG, Z., WU, F., MA, M., LI, Y., HAN, D., YANG, Y., ZHANG, S., CUI, H. Low selenium increases the auxin concentration and enhances tolerance to low phosphorous stress in tobacco. **Environ. Exp. Bot.** 153, 127–134. 2018. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2018.05.017.

JIANG, C.; ZU, C.; SHEN, J.; SHAO, F.; LI, T. Effects of selenium on the growth and photosynthetic characteristics of flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). **Acta Societatis Botanicorum Poloniae**, Warszawa, v. 84, n. 1, p. 71–77, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5586/asbp.2015.006>.

JIANG, C.; ZU, C.; LU, D.; ZHENG, Q.; SHEN, J.; WANG, H.; LI, D. Effect of exogenous selenium supply on photosynthesis, Na<sup>+</sup> accumulation and antioxidative capacity of maize (*Zea mays* L.) under salinity stress. **Scientific Reports**, London, v. 7, p. 42039, 2017. DOI: 10.1038/srep42039.

JOZWIAK, W. *et al.* Effect of selenium on alleviating oxidative stress caused by a water deficit in cucumber roots. **Plants**, 8(217):1-18, 2019. DOI: 10.3390/plants8070217.

KHATTAB, H.I.; EMAM, M.A.; EMAM, M.M.; HELAL, N.M.; MOHAMED, M.R. Effect of selenium and silicon on transcription factors NAC5 and DREB2A involved in drought-responsive gene expression in rice. **Biol. Plant.** 58, 265–273. 2014. DOI: 10.1007/s10535-014-0391-z.

LEITE, J. V. Q. *et al.* Efeito do estresse salino e da composição iônica da água de irrigação sobre variáveis morfofisiológicas do feijão Caupí. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 6, p. 1825-1833, 2017. DOI: 10.7127/rbai.v11n600630.

LIMA, L.W.; CHECCHIO, M.V.; REIS, A.R.; DE CÁSSIA ALVES, R.; TEZZOTO, T.; GRATÃO, P.L. Selenium restricts cadmium uptake and improve micronutrients and proline concentration in tomato fruits. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**. V. 18, March 2019, 101057. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101057>.

LUX, A. MARTINKA, M. VACULÍK, M. WHITE, P.J. Root responses to cadmium in the rhizosphere: a review. **J Exp Bot.** 2011 Jan;62(1):21-37. DOI: 10.1093/jxb/erq281.

MAJEED, A.; MUHAMMAD, Z. Salinity: A major agricultural problem—Causes, impacts on crop productivity and management strategies. In M., Hakeem, K.R., Nahar, K., Alharby, H.F., Eds. **Plant Abiotic Stress Tolerance Agronomic, Molecular and Biotechnological Approaches; Hasanuzzaman**. Springer Nature: Cham, Switzerland, p. 490. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10010026>.

MALAGOLI, M.; SCHIAVON, M.; DALL'ACQUA, S.; PILON-SMITS, E. A H. Effects of selenium biofortification on crop nutritional quality. **Frontiers in plant science**, London, v. 6, p. 280, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00280>.

MALIK, J. A. *et al.* Selenium antagonises the toxic effects of arsenic on mungbean (*Phaseolus aureus* Roxb.) plants by restricting its uptake and enhancing the antioxidative and detoxification

mechanisms. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 77, p. 242-248, Apr. 2012. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2011.12.001

MARQUES, M.; AGUIAR, C. R. C.; DA SILVA, J. J. L. S. Desafios técnicos e barreiras sociais, econômicas e regulatórias na fitorremediação de solos contaminados. **Rev. Bras. Ciênc. Solo** [online]. vol.35, n.1, p.1-11, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000100001>.

MEHDI, Y. HORNICK, J. ISTASSE, L. DUFRASNE, I. Selenium in the Environment, Metabolism and Involvement in Body Functions. **Molecules** 18: 3292-3311. 2013. DOI: 10.3390/molecules18033292.

MELO, H.F.; DE SOUZA, E.R.; CUNHA, J.C. Fluorescence of chlorophyll a and photosynthetic pigments in *Atriplex nummularia* under abiotic stresses. **Rev. Bras. Eng. Agric. Ambient.** 21.232–237. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n4p232-237>.

MONTEIRO, J.G. *et al.* Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 18-25, Brasília, janeiro de 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000100003>.

NAWAZ, F. AHMAD, R. ASHRAF, M.Y. WARAICH, E.A, KHAN, S.Z. Effect of selenium foliar spray on physiological and biochemical processes and chemical constituents of wheat under drought stress. **Ecotoxicol Environ Saf.** 2015 Mar; 113:191-200. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2014.12.003.

NAWAZ, F. ASHRAF, M.Y. AHMAD, R. WARAICH, E.A. Selenium (Se) seed priming induced growth and biochemical changes in wheat under water deficit conditions. **Biol Trace Elem Res.** 2013 Feb;151(2):284-93. DOI: 10.1007/s12011-012-9556-9.

NASCIMENTO, J.L. do., ALMEIDA, A.F. de., BARROSO, J.P, MANGABEIRA, P. A. O, AHNERT. D, SOUSA, A. G. R, SILVA, J. V. S, BALIGAR, V. C. Physiological, ultrastructural, biochemical and molecular responses of young cocoa plants to the toxicity of Cr (III) in soil. **Ecotoxicol. Environ. Saf.** 159, 272–283. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.04.058>.

OLIVEIRA, A. C. de. **Papel do selênio no crescimento e na resposta ao déficit hídrico em tomateiro (*Solanum lycopersicum L.*)**. 2016. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, MG, 2016.

PIO, M. C. S., SOUZA, K. S., SANTANA, G. P. Capacidade da *Lemna aequinoctialis* para acumular metais pesados de água contaminada. **Acta Amazônica**, v.43, n.2, p.203 – 210, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672013000200011>.

PRAUCHNER C.A. **A importância do Selênio para a Agropecuária e Saúde Humana**. Editora UFSM, Santa Maria- RS. p. 376. 2014.

PROIETTI, P.; NASINI, L.; DEL, D.; AMATO, R.D.; TEDESCHINI, E.; BUSINELLI, D. Selenium protects olive (*Olea europaea L.*) from drought stress. **Sci. Hortic.** 164, 165–171. 2013. DOI: 10.1016/j.scienta.2013.09.034.



QIN, X.M., NIE, Z.J., LIU, H.E., ZHAO, P., QIN, S.Y., SHI, Z.W. Influence of selenium on root morphology and photosynthetic characteristics of winter wheat under cadmium stress. **Environ. Exp. Bot.** 150, 232–239. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.03.024>.

RADY, M. O. A.; SEMIDA, W. M.; EL-MAGEED, T.A.A.; HOWLADAR, S.M.; SHAABAN, A. Foliage Applied Selenium Improves Photosynthetic Efficiency, Antioxidant Potential and Wheat Productivity under Drought Stress. **Int. J. Agric. Biol.** 24, 1293–1300.2020. DOI: 10.17957/IJAB/15.1562.

RAYMAN, M.P. (2000). The importance of selenium to human health. **Lancet.** 356: 233-241. DOI: 10.1016/S0140-6736(00)02490-9.

RAYMAN, M.P. (2012). Selenium and human health. **Lancet.** 379(9822):1256-68. DOI: 10.1016/S0140-6736(11)61452-9.

REALE, L., FERRANTI, F., MANTILACCI, S., CORBOLI, M., AVERSA, S., LANDUCCI, F., BALDISSEROTTO, C., FERRONI, L., PANCALDI, S., VENANZONI, R. Cytological and morphophysiological responses of common duckweed (*Lemna minor* L.) to chromium. **Chemosphere.** 145, 98–105. 2016. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2015.11.047.

REIS, A. dos.; FURLANI JUNIOR, E.; MORAES, M.; de MELO, S. Agronomic biofortification of crops with selenium in brazil as a strategy to improve food quality. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, São Paulo, Brazil, v. 8, n. 2, p. 128–138, 2014. DOI: 10.18011/bioeng2014v8n2p128-138

RIZWAN, M., ALI, S., UR REHMAN, M.Z., RINKLEBE, J., TSANG, D.C., BASHIR, A., OK, Y.S. Cadmium phytoremediation potential of Brassica crop species: a review. **Sci Total Environ.** 631-632:1175-1191. 2018. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.104.

ROMAN, M., JITARU, P., BARBANTE, C. Selenium biochemistry and its role for human health. **Metallomics** 6(1), 25–54. 2014. DOI: 10.1039/c3mt00185g.

SAIDI, I.; CHTOUROU, Y.; DJEBALI, W. Selenium alleviates cadmium toxicity by preventing oxidative stress in sunflower (*Helianthus annuus*) seedlings. **J. of Plant Physiol.** v. 171, p. 85–91. 2014. DOI: 10.1016/j.jplph.2013.09.024.

SCHIAVON, M.; PILON-SMITS, E. A. H. The fascinating facets of plant selenium 1492 accumulation – biochemistry, physiology, evolution and ecology. **New Phytologist**, 1493 Cambridge, v. 213, p. 1582–1596, 2017. DOI: 10.1111/nph.14378.

SHAHID, M.A.; BALAL, R.M.; KHAN, N.; ZOTARELLI, L.; LIU, G.D.; SARKHOSH, A.; FERNÁNDEZ-ZAPATA, J.C.; NICOLÁS, J.J.M.; GARCIA-SANCHEZ, F. Selenium impedes cadmium and arsenic toxicity in potato by modulating carbohydrate and nitrogen metabolism. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v. 180, p. 588-599, 2019. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2019.05.037.

SIEPRAWKA, A.; KORNAŚ, A.; FILEK, M. Involvement of selenium in protective mechanisms of plants under environmental stress conditions - Review. **Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica**, 57(1):9-20, 2015. DOI:10.1515/abcsb-2015-0014



SILVA, B.H., PIRES, L. J. Utilização de adsorvente natural da amazônia como bioadsorvente para remoção de metais em soluções aquosas. **Revista Acadêmica Discente de Marabá**, n. 3, 2014.

SILVA, V. M.; BOLETA, E. H. M.; LANZA, M. G. D. B.; LAVRES, J.; MARTINS, J. T.; SANTOS, E. F.; SANTOS, F. L. M. DE.; PUTTI, F. F.; JUNIOR, E. F.; WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R.; CARVALHO, H. W. P. DE.; REIS, A. R. DE. Physiological, biochemical, and ultrastructural characterization of selenium toxicity in cowpea plants. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 150, p. 172-182, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.03.020>

TSUKAMOTO FILHO, A. de A. *et al.* Regime de regas e cobertura de substrato afetam o crescimento inicial de mudas de *Myracrodruon urundeuva*. **Floresta e Ambiente**, v. 20, p. 522, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4322/floram.2013.032>

WANG, J. *et al.* Geochemical transfer of cadmium in river sediments near a lead-zinc smelter. **Ecotoxicology and Environmental Safety**. V .196. 110529.2020. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2020.110529.

WU, G.; *et al.* Differential responses of stomata and photosynthesis to elevated temperature in two cooccurring subtropical forest tree species. **Frontiers in plant science**, [s. l.], v. 9, 8 p., 2018. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00467>

WHITE, P.J.; MARTIN, R.B. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets – iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine, **New Phytol.** V.182. P.49–84. 2009. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2008.02738. x.

YAO, X.; JIANZHOU, C.; XUELI, H.; BINBIN, L.; JINGMIN, L.; ZHAOWEI, Y. Effects of selenium on agronomical characters of winter wheat exposed to enhanced ultravioletB. **Ecotoxicology Environmental Safety**, v. 92, p. 320–326, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.03.024>

ZHANG, L.H., HU, B., LI, W., CHE, R.H., DENG, K., LI, H., YU, F.Y., LING, H.Q., LI, Y.J., CHU, C.C. OsPT2, a phosphate transporter, is involved in the active uptake of selenite in rice. **New Phytol.** 201, 1183–1191. 2014. DOI: 10.1111/nph.12596.

# CAPÍTULO 17

## O BIOCHAR (BIOCARVÃO ATIVADO) NA AGRICULTURA E NO MEIO AMBIENTE

Tamirys Marcelina da Silva  
Simão Pedro Rodrigues Ramos  
Paulo Henrique Carvalho de Castro  
Candido Ferreira de Oliveira Neto  
Glauco André dos Santos Nogueira  
Vitor Resende do Nascimento  
Lina Bufalino

### RESUMO

O biocarvão é um produto rico em carbono proveniente da queima da biomassa em condições controladas, com aplicações em diversas áreas, tais como o melhoramento do solo, a gestão de resíduos e a mitigação de gases do efeito estufa. Desse modo, esse trabalho foi desenvolvido por meio de dados secundários, revistas, periódicos e artigos selecionados com o intuito de abordar os possíveis usos do biochar a partir de técnicas sustentáveis, como fator alternativo em problemáticas atuais que englobam questões relacionadas ao meio ambiente e às Ciências Agrárias, pontuando sua multifuncionalidade e seus aspectos de produção. O aumento do desgaste de um solo está relacionado à crescente intensificação de atividades agrícolas. Esse cenário tem afetado cadeias produtivas e com isso vê-se a necessidade de correção e fertilização. Neste contexto, o biochar surge como uma possibilidade de melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Ademais, influencia no combate à intensa geração de resíduos e na captura de carbono, que em taxas consideradas alarmantes, aumentam o fenômeno natural de gases do efeito estufa. Outrossim, pode ser aplicado como controle complementar e econômico na melhoria de problemas ambientais referentes ao tratamento do esgoto sanitário, sendo usado como adsorvente na remoção de metais pesados, poluentes industriais entre outros contaminantes orgânicos, além do seu eficiente uso como filtro de águas e gases. Diante disso, o biocarvão destaca-se por seu potencial de aplicação sustentável nas problemáticas citadas, tornando-se uma possível ferramenta de atenuação.

**PALAVRAS-CHAVE:** condicionante do solo, sustentabilidade, efeito estufa, pirólise, salinidade.

### INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas agrícolas e ambientais enfrentados pelo homem nas sociedades atuais engloba questões referentes ao desgaste dos solos e ao excesso de sais que ocasionam aumento na acidez, perda dos nutrientes pelas culturas e diminuição na qualidade da produção agrícola (PEREIRA, 2019; CASTRO, 2021). Além dos solos e da salinização, problemas ambientais como a má gestão de resíduos, principalmente no tratamento do esgoto sanitário, que pode provocar diversas doenças por meio de contaminantes com potencial

transmissível (RIBEIRO, 2016), e o aumento da emissão de gases do efeito estufa que, em altos índices, acabam resultando nas mudanças climáticas, com sérias consequências para o ambiente e ecossistemas (EMBRAPA, 2017). Estes eventos sociais e ambientais precisam de atenção, desencadeando pesquisas e estudos que buscam seu controle.

Dessa maneira, o biochar, etimologia proveniente da junção de duas palavras originadas do inglês, Biomass;charcoal (biomassa;carvão), é um subproduto obtido a partir do processo da pirólise de biomassas de origem animal ou vegetal (MARCELINO, LOSS, ANDRADE, 2020) com alto teor de carbono em sua fração orgânica e resistente à decomposição (petrificação) (SILVA et al.,2020), que surge como uma possibilidade mais economicamente vantajosa em relação às convencionais (MACEDO, 2020).

A biomassa pode ser um sólido orgânico ou não orgânico, proveniente de um organismo vivo ou recentemente vivo. Diversos tipos de resíduos como estrume animal, resíduos de papel, lamas e muitos rejeitos industriais também são tratados como biomassa. Além disso, assim como a biomassa natural, esses resíduos também são uma mistura de compostos orgânicos e não orgânicos que pode ser utilizados para obter energia. Adicionalmente, o seu uso também pode reduzir o problema do aquecimento global e a poluição (TRIPATHI, 2015).

No processo de pirólise, a biomassa sofre uma decomposição dentro de um ambiente com concentração de oxigênio e temperatura controladas, transformando-se em biocarvão e outros produtos como gás natural e hidrocarbonetos. Há vários tipos de pirólise, destacando-se a lenta e a rápida, sendo diferentes em relação ao tempo de exposição térmica e tipos de produtos gerados (PEREIRA, 2019). A quantidade gerada de cada produto é dependente do tipo de material pirolisado e das condições de pirólise a qual ele foi submetido (SATO, 2018). A temperatura durante a pirólise é um fator que modifica as características finais do Biochar e neste caso, quando produzido em temperaturas mais baixas, ele apresenta pH mais reduzido em comparação aos produzidos a temperaturas mais elevadas (PEREIRA et al., 2016).

Os solos da região tropical são prejudicados devido ao intenso intemperismo, que provoca um desgaste mais acelerado, por meio do qual suas bases são lixiviadas e a matéria orgânica degradada mais rapidamente, tornando-os menos férteis e mais ácidos (LIMA, 2018). A utilização do Biochar promove elevação do PH e aumento de Ca, Mg e K, elementos considerados essenciais, além de reduzir as concentrações de Al. Por ter um comportamento semelhante à matéria orgânica, sua adição aumenta a capacidade de trocar de cátions (CTC) e diminui a perda das bases no solo (SATO, 2018).

Ademais, a estrutura do biocarvão se destaca pela alta porosidade e área superficial específica, características benéficas à absorção de substâncias orgânicas solúveis, deixando os nutrientes mais disponíveis e contribuindo com a retenção de água. A incorporação do Biochar pode afetar ainda as propriedades químicas e biológicas do solo pelo desenvolvimento de estruturas que funcionam como habitats para microrganismos (PEREIRA, 2019).

Além de sua utilização no solo, o biochar pode ser utilizado ainda para melhorar a eficácia de uso dos recursos naturais, remediar e proteger contra a contaminação do ambiente e como uma alternativa para a diminuição dos gases de efeito estufa (GEI) (BEJARANO, 2017). A transformação de biomassa em biochar e sua aplicação em solos são uma das melhores alternativas para reduzir as mudanças climáticas por meio do sequestro de carbono, que ficará estocado no solo (Ahmad et al., 2013), visto que a estabilidade a longo prazo do biocarvão nesta condição é crucial para reduzir a emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera. Em relação ao âmbito sanitário, a atual realidade dos brasileiros é de uma grande escassez hídrica, já que o acesso a água potável e tratamento de esgoto vêm diminuindo entre a população, principalmente devido à precariedade do destino final dos esgotos sanitários, acarretando em grande escala de poluentes orgânicos (ROSSONI et al., 2020)

À vista disso, o biochar, por ser um produto multifuncional (MARCELINO, 2020) e que engloba propriedades de adsorção similares a do carvão ativado, principal adsorvente do mundo, (SCHNEIDERÉ, 2018), é considerado um ótimo investimento no tratamento da descontaminação da água (RIBEIRO, 2016).

## **O USO DO BIOCHAR NO CONDICIONAMENTO E MELHORIA DO SOLO**

No Brasil, um dos principais degradantes do solo é a erosão, processo no qual ocorre a perda de partes do solo e de seus nutrientes pelo impacto das chuvas, problemática muitas vezes intensificada por práticas agrícolas errôneas (SANTANA et al., 2017). Desse modo, pesquisas realizadas por Sato (2018) propõem o biocarvão como uma alternativa de mitigação aos principais problemas atuais, como o desgaste dos solos, o gerenciamento de resíduos, a geração de energia, entre outros. No contexto atual, as maiores partes dos solos em regiões de produção encontram-se em processo de degradação pelo intenso uso agrícola e pela grande necessidade de aumentar a produtividade, tornando-se cada vez mais inadequados para o manejo e utilização pela agricultura (SOUZA et al., 2020).

Roz et al. (2015) afirma que a proposta de adicionar carvão e matéria orgânica no solo não é um ato recente, entretanto vem sendo tema de mais estudos graças a cientistas que, há

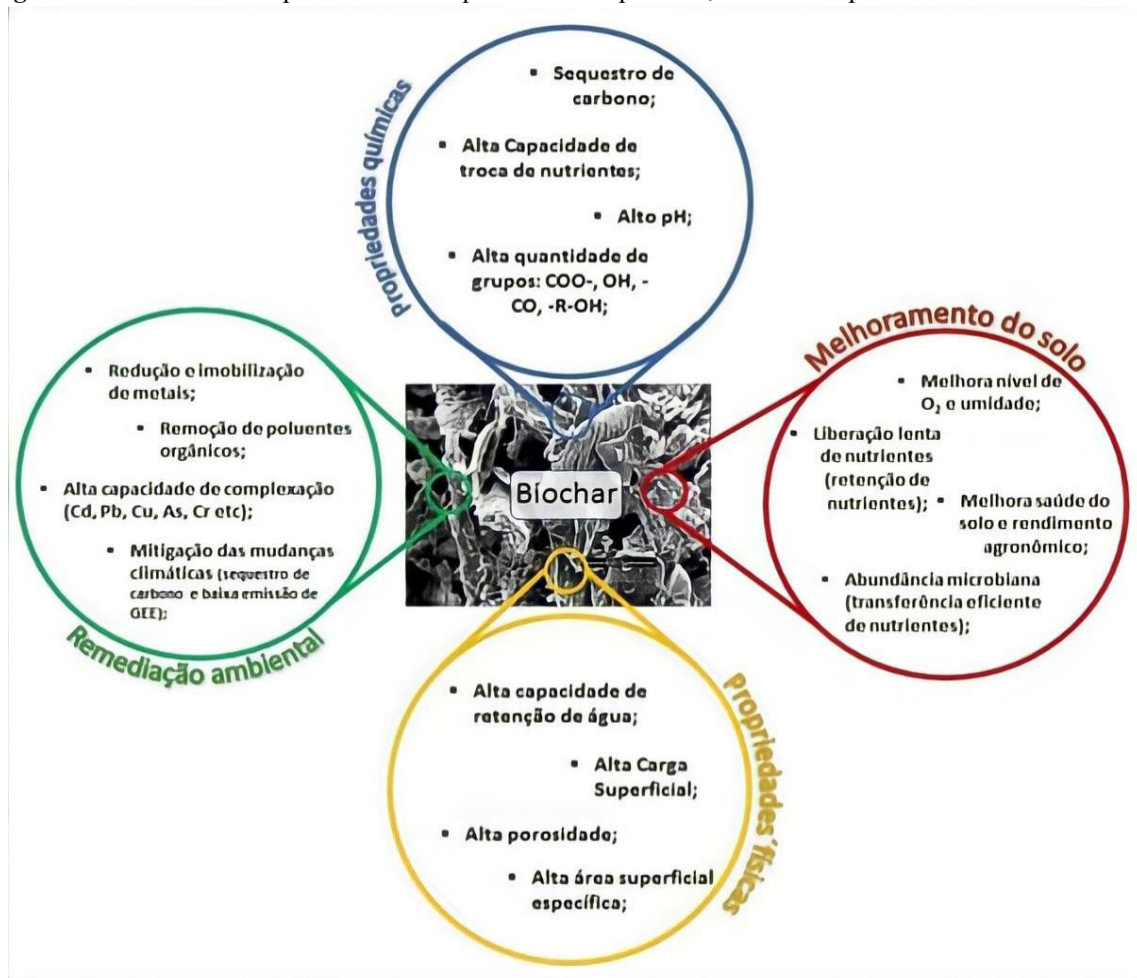


algum tempo, descobriram na Amazônia solos antigos ricos em carbono e matéria orgânica, denominados “Terra Preta de Índio” (TPA). Esses solos são muito férteis graças à adição de materiais como cerâmica e compostos ricos em carbono, tendo sua produção ligada a atividades antrópicas realizadas naquela região e se destacando dos demais solos tipicamente pobres.

Assim como as TPAs, o biochar possui uma grande concentração de carbono o que permite a disponibilidade desse elemento no solo. Desse modo, para que esse carbono não se perca rapidamente, o biochar precisa ser estável, logo, degradar no ambiente mais lentamente em relação à outra fonte de matéria orgânica disponível, e garantir que esse elemento permaneça contido por mais tempo, mantendo a duração dos benefícios do biochar para a qualidade do solo e diminuindo a emissão de gases de efeito estufa (SATO, 2018).

Os solos brasileiros, em sua maioria, são ácidos e possuem pouca matéria orgânica, consequentemente influenciando em uma capacidade de troca de cátions (CTC) que tende a ser baixa, com isso, sua correção e fertilização acabam tornando-se necessárias para maiores produtividades (LIMA, 2018). Nesse contexto, Marcelino, Loss e Andrade (2020) pontuam o biochar de maneira alternativa devido às suas propriedades físico-químicas, tais como estrutura aromática, grupos carboxílicos e fenólicos, elevada densidade de cargas, alta superfície específica e boa porosidade que aumentam a capacidade de retenção de água, a capacidade de troca de cátions (CTC) e o pH do solo, favorecendo o fornecimento de nutrientes e o potencial de sequestro de carbono.

**Figura 1:** Características e potencialidades que o biochar apresenta, com ênfase para o melhoramento do solo.



Fonte: MARCELINO, LOSS, ANDRADE, (2020).

Ademais, a aplicação do biochar no solo, torna elementos essenciais aos organismos vegetais como Fósforo, Potássio e Nitrogênio mais acessíveis, além de melhorar o desenvolvimento e as atividades de seres micorrizos, promovendo boas condições de vida à microbiota em seus microporos e elevando a interação dos microrganismos com o solo (TRAZZI et al, 2018). Apesar dos benefícios da aplicação do biocarvão no solo, muitas incertezas sobre sua utilização permanecem vigentes. Pode-se notar que os testes do biocarvão para fertilidade dos solos são realizados em ambientes controlados e em curto prazo, deixando os seus resultados muitas vezes incertos quanto a seu uso real em campo. Grande parte dos trabalhos sobre o tema comportam apenas as qualidades do biochar, haja vista que são escassas as pesquisas que buscam estudar os possíveis riscos de seu uso (TRAZZI et al, 2018).

## O BIOCHAR COMO MITIGADOR DE ESTRESSE SALINO NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA

Um dos maiores problemas mundiais que mais afeta a produtividade em solos agrícolas é a salinidade, pois provoca a diminuição na absorção de água pelas plantas em decorrência do efeito osmótico, além de ocasionar um desequilíbrio nutricional e a toxicidade por íons, causando a diminuição no crescimento e na absorção de nutrientes essenciais (COSTA et al., 2019)

Recentemente, trabalhos como o de Pedrotti et al. (2015) consideram solos sódicos aqueles que possuem sódio trocável em uma porcentagem superior a 15%, com condutividade elétrica abaixo de  $4\text{dS m}^{-1}$ . A salinidade pode ocorrer tanto de maneira natural quanto pela ação humana, com erros de manejo inadequado do solo. Na atualidade brasileira, os solos afetados significativamente pelo acúmulo de sais predominam nas regiões sul e principalmente no semiárido nordestino, em função da baixa precipitação e as altas temperaturas que assolam essa região, favorecendo os processos de salinização (CASTRO, 2021; COSTA, 2017). Para corrigir solos prejudicados pela salinidade, utiliza-se materiais como matéria orgânica e gesso que aprimoram as propriedades do solo e ajudam na redução da quantidade de sais em abundância (ARAÚJO, SOUSA, RODRIGUES, 2017).

Conforme Guimarães (2021), a adição de Biochar proveniente de diversas biomassas em solos danificados por sais, auxilia no processo de lixiviação de íons, devido à penetração do solo, sendo usado para reduzir o efeitos da salinidade nos cultivos agrícolas. Além disso, estudos e pesquisas demonstraram aumento nas concentrações de nutrientes, tais como cálcio, magnésio, potássio, nitrogênio e fósforo em solos depreciados por sais e adubadas com Biochar (LIN et al., 2015; KIM et al., 2016; ABBAS et al., 2017).

Em seus estudos, outros autores, incluindo Luo et al. (2017), Liu et al. (2017) e Sun et al. (2016) também constataram o declínio no nível do pH em solos danificados por sais (salinossódicos, e sódicos), adubados com o biochar. Este fato pode ser explicado por conta da diminuição da PST (Porcentagem de sódio trocável) do solo influenciada pelo biocarvão, que induz a queda do pH, além dos valores de pH inicial do biocarvão e do solo, que tendem a entrar em ordem provocando a redução do potencial hidrogenônico da mistura solo-biocarvão.



**Tabela 1:** Efeito do biocarvão no crescimento / rendimento de plantas cultivadas em solos afetados por sal/condições salinas.

Biomassa	Taxa de aplicação	Status de salinidade (dS m <sup>-1</sup> )	Cultura Testada	Resposta (%)	Referência
Palha de trigo, 300 ° C	5% massa 10% massa 20% massa	CE: 2,39	Salsa Suaeda ( <i>Chenopodina salsa</i> L.) / Biomassa da parte aérea	+11 +121 +110	Sun et al. 2017
Composto de amendoim 350 ° C	1,5 Mg ha <sup>-1</sup> 5 Mg ha <sup>-1</sup> 10 Mg ha <sup>-1</sup>	CE: 1	Sesbania ( <i>Sesbania grandiflora</i> L.) / biomassa da parte aérea	+341 +148 -59	Luo et al. 2017
Casca de arroz 500 ° C	5% massa	CE 1,3	Milho ( <i>Zea Mays</i> L.) / Matéria seca	+101	Kim et al. 2016
Lascas de madeira de coníferas 500 ° C	5% massa	CE 1,3	Alface de jardim ( <i>Lactuca sativa</i> L.) / Matéria seca de broto	+120	Hammer et al. 2015

Fonte: PEREIRA, (2019).

De acordo com Pereira (2019), alguns estudos apresentam o biocarvão como uma forma de melhoria em solos danificados por sais, visto que a disponibilidade de nutrientes aumentou com seu uso e elevou a produtividade. Ainda assim, pontuando que os diferentes materiais utilizados e as variações da temperatura nos processos de pirólise condicionam os nutrientes disponíveis.

Segundo Castro (2021), o Biochar atuou de maneira mitigante sobre os efeitos ocasionados pela salinidade, melhorando o processo de germinação e desenvolvimento de plântulas de sorgo em condições de estresse salino e também no crescimento da Soja sob estresse hídrico, afirmando sua aplicação como atenuante de danos fisiológicos.

Os autores Akhtar et al. (2015) e Kanwal et al. (2018), em análises do uso de biochar em plantas de batata em condições salinas, reportaram melhoria no crescimento e volume da raiz. Ademais, o trigo sob a mesma condição das plantas de batata, apresentou sucesso na germinação, crescimento natural e principalmente nas características fisiológicas da espécie.

De modo geral, o biochar vem sendo cada vez mais estudado em pesquisas e experimentos por apresentar resultados satisfatórios na melhoria de algumas espécies agrícolas



em condição de estresse salino (COSTA, 2017; SÁNCHEZ-REINOSO; ÁVILA-PEDRAZA; RESTREPO-DÍAZ, 2019).

## **USO DO BIOCHAR NO COMBATE AOS GASES DO EFEITO ESTUFA**

O aumento no consumo de frutíferas nas capitais e regiões metropolitanas acabam gerando grandes quantidades de resíduos devido ao consumo em excesso, em mercados onde o consumo tradicional é consolidado na sua própria região de origem (BEZERRA, 2019). Isto, de certa forma, influencia no crescimento espontâneo da emissão de gases e efeito estufa (GEE) devido à liberação de CO<sub>2</sub> na atmosfera derivada destes resíduos, responsável por aproximadamente 60% do efeito-estufa (site-referencia). No Pará, há intenso consumo do suco da fruta do açaí, sendo que a produção em 2013 chegou a 200 mil toneladas, oriundas apenas de áreas de extrativismo, ocupando o 1º lugar entre os produtores nacionais, com um mercado de R\$ 403 milhões (ALMEIDA, 2016) e mais de 25 mil trabalhadores direta ou indiretamente envolvidos (EMBRAPA, 2006; SAGRI, 2010; NOGUEIRA et al., 2013).

Devido este consumo popular excessivo, o acúmulo de caroços e dejetos são despejados nas cidades e seus limites de forma inadequada. Portanto, se faz necessário a admissão de técnicas sustentáveis para mitigar essa situação. O Biochar é um produto rico em carbono gerado por biomassa residual que, quando aplicado ao solo, se converte em matéria orgânica rica em carbono, auxiliando na recuperação de solos degradados ou contaminados por metais pesados. A pirólise assistida por micro-ondas carbonização hidrotérmica, permitem o aproveitamento de grande quantidade de nitrogênio.

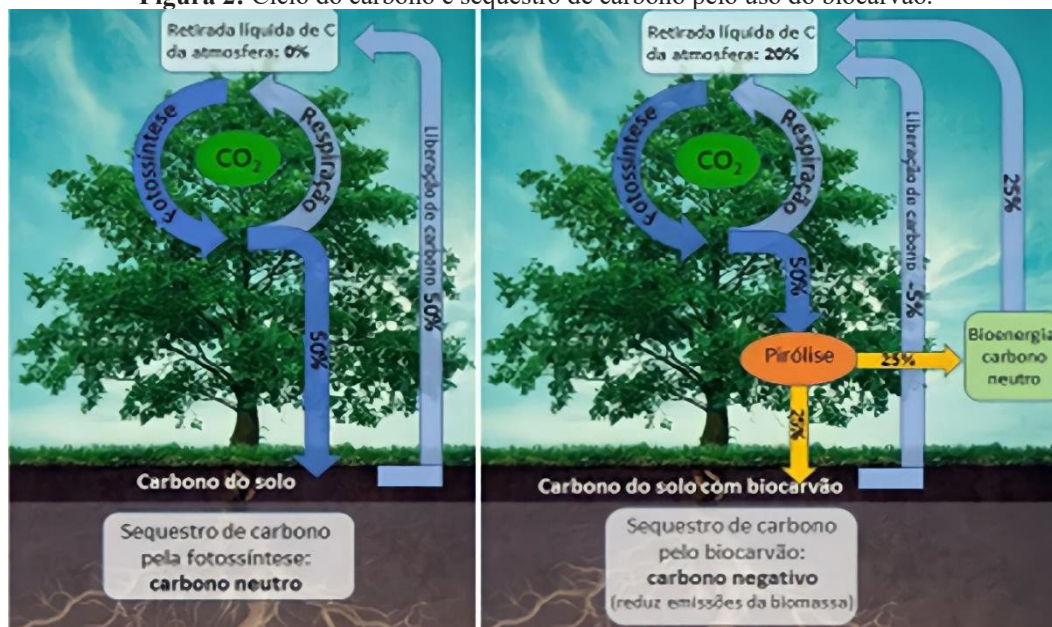
O caroço, por sua difícil decomposição, pode ser um fornecedor de carbono e, dessa maneira, se observa vantagem na destinação adequada para os resíduos sólidos, incluindo o melhoramento dos atributos do solo, ação do adubo orgânico de qualidade equivalente aos usados pela agricultura (Silva, 2014) com intuito de promover a sustentabilidade e se tornar importante para o desenvolvimento humano, melhorando assim, a qualidade de vida social e ambiental, unindo a gestão de resíduos e a mitigação de gases que aumentam do efeito estufa como uma promoção sólida e viável na realidade de Belém e regiões.

Além disso, a aplicação de biocarvão no solo é proposta como um mecanismo de sequestro de carbono, tendo sido inclusa pela primeira vez em relatório do Painel Governamental Sobre Mudança Do Clima (IPCC) como uma promissora tecnologia de emissão negativa de carbono (NET) – as tecnologias que resultam na remoção líquida de CO<sub>2</sub>- Ce da atmosfera (IPCC, 2018).

Schouten et al. (2012) analisaram as emissões de Carbono no solo (na forma de C-CO<sub>2</sub> via respiração dos microrganismos) após a incubação com diferentes materiais em um solo arenoso em condições de laboratório. A adição de esterco bovino causou as maiores emissões de CO<sub>2</sub> (32%), seguido de digestato (18%) e do biocarvão, com as menores emissões (7%). As emissões de CO<sub>2</sub> do solo com biochar se estabilizaram após 40 dias da incubação, enquanto o solo incubado com digestato e esterco continuaram liberando CO<sub>2</sub>. Woolf et al. (2010) estimaram o potencial de mitigação das mudanças climáticas do biochar com a redução líquida de dióxido de carbono, metano e óxido nitroso em 1,8 Gt CO<sub>2</sub> -Ce anuais (de um total de 15.4 Pg CO<sub>2</sub> -Ce) e 130 Gt CO<sub>2</sub> -Ce no século, sem comprometer a conservação do solo, habitat e segurança alimentar. Comparou-se também o potencial de mitigação do biochar em relação à combustão da mesma biomassa obtida sustentavelmente para geração de energia e chegou-se a um potencial de 12% de mitigação do biochar e de 10% da combustão, exceto em áreas com solos férteis em que essa mesma biomassa é usada como combustível.

Por meio da metanálise verificou-se que o uso de biochar reduziu as emissões de N<sub>2</sub>O e a lixiviação de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> em agricultura e horticultura, mas teve um efeito limitante nas perdas em pastagens e culturas perenes. O biochar pode servir como uma estratégia para diminuir estas emissões, como observado em metanálise realizada por Borchard et al. (2019).

Figura 2: Ciclo do carbono e sequestro de carbono pelo uso do biocarvão.



Fonte: MARCELINO, LOSS, ANDRADE (2020).

## O USO DO BIOCHAR NO TRATAMENTO SANITÁRIO

Com o passar dos tempos, a população brasileira através da industrialização vem aumentando significativamente (RIBEIRO, 2016). Por outro lado, um aumento significativo na

produção de resíduos e descarte inconsequente do mesmo, vem causando crescentes desafios no controle e conservação do meio ambiente, mais especificamente na segurança sanitária (MARCELINO, LOSS, ANDRADE, 2020). As consequências da falta de qualidade da água consumida e a má destinação do esgoto tornaram-se uma das maiores preocupações a respeito das consequências que esse descaso vai afetar na população e no meio ambiente (GARCIA, FERREIRA, 2017).

De acordo com Carli e Costa (2020), o conceito de saneamento está ligado a um conjunto de medidas adotadas com intuito de oferecer condições adequadas de vida da população e ao meio ambiente. Em outras palavras, o saneamento é caracterizado pelo conjunto de práticas socioeconômicas que tem por finalidade atingir salubridade ambiental (RIBEIRO, 2016). Entende-se como salubridade ambiental a junção da qualidade do meio em que se encontra a população com a qualidade ambiental, levando em consideração o acesso a um ambiente limpo e socialmente igual (Funasa, 2019).

A realidade atual brasileira é que a população que detém acesso ao saneamento básico é precária. Mesmo com os avanços tecnológicos, as pesquisas evidenciam um grande descaso no cotidiano da população, principalmente na falta de tratamento adequado de esgoto sanitário que ocasiona no aumento do índice de esgoto (resíduo sólido), fato esse que implica diretamente na saúde da população e do meio ambiente (SILVA et al, 2020). Segundo dados coletados por Ribeiro (2016), aproximadamente 114,42 milhões de habitantes possuem carência por serviços de saneamento. Ainda de acordo com Silva et al. (2020), levando em consideração as coletas disponíveis pelo Sistema Nacional de Informações sobre saneamento (SNIS) em 2018, nota-se que com o passar dos anos os descasos aumentam gradativamente, a exemplo numa população com 100 milhões de pessoas, sendo 53% da população com acesso a tratamento sanitário e as outras 47% sem. Outro fato importante, é que 16 milhões de brasileiros não possuem acesso a água tratada.

Assim, grande parcela da população estar sem prestação de serviço sanitário é muito preocupante, pois afeta diretamente a saúde da população que acaba bebendo água sem tratamento e contraindo doenças. Ademais, é preciso mudanças no padrão de vida da população, que utiliza de forma inconsciente os recursos, além do não aproveitamento de certos resíduos, sendo necessário o desenvolvimento de alternativas para a aplicação de resíduos (FERREIRA, 2021; ROSSONI et al., 2020; SILVA et al., 2020).

Dentre essas alternativas, o Biocarvão surge como uma ferramenta econômica e eficiente na transformação de resíduos diversos, em um produto com uma nova utilidade dentro



da sociedade (PIMENTA, 2018; SCHNEIDER, 2018). Desse modo, são promovidos benefícios tanto ambientais, com a diminuição de resíduos e desejos no meio ambiente, quanto dentro da segurança sanitária, reduzindo possíveis riscos de doenças com uma eliminação total ou parcial de patógenos e contaminantes presentes nesses resíduos (MARCELINO; LOSS; ANDRADE, 2020).

Quando dejetos são descartados de forma incorreta no ambiente e entram em contato com meios aquáticos, a matéria orgânica presente nesses materiais provoca impactos ecológicos, como por exemplo, a eutrofização, diminuindo a qualidade hídrica e promovendo doenças que podem ser transmitidas durante o consumo de água. Todo esse descarte errôneo é um dos principais responsáveis pela morte de menores de cinco anos com diarreia no Brasil (RIBEIRO, 2016). De acordo com Silva (2015), o biochar é eficiente na remoção de contaminantes no ambiente por adsorção, dentre os contaminantes podemos citar os poluentes orgânicos, inorgânicos, metálicos entre outros.

Segundo Pimenta (2018) e Ferreira (2021), a adsorção é uma técnica alternativa e eficaz para eliminação de contaminantes no tratamento de fluídos, tendo em vista sua praticidade, PH neutro, alta regeneração, mitigação de metais, resíduos, efluentes entre outros poluentes. Adsorventes produzidos a partir de resíduos agrícolas são chamados de adsorventes verdes, pois reaproveitam resíduos que seriam descartados de modo prejudicial para ambiente (MACEDO, 2020). À vista disso, o biochar, por ser um produto multifuncional e possuir propriedades de adsorção similares a do carvão ativado (principal adsorvente do mundo), é considerado um ótimo investimento no tratamento de descontaminação da água (MARCELINO, LOSS, ANDRADE, 2020; RIBEIRO, 2016; SCHNEIDER, 2018).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento da preocupação com os impactos ambientais e agrícolas ocasionados pela degradação dos solos, excesso de salinidade, crescente geração de resíduos e de gases do efeito estufa são responsáveis pelo surgimento e necessidade de novas tecnologias e meios para compor sistemas de produção mais apropriados e eficientes.

Portanto, este trabalho pode servir como base para a melhoria dos problemas citados devido às propriedades multifuncionais do biochar, contribuindo com um retorno positivo na diminuição dos resíduos gerados, na saúde dos solos e consequente aumento da produtividade na agricultura e em diferentes quesitos sanitários, importantíssimos para a sociedade em geral, além de um uso mais adequado e sustentável.



## REFERÊNCIAS

- ABBAS, T.; RIZMAN, M.; ALI, S.; ADREES, M.; ZIAURRAHMAN, M.; GAYYUM, M. F.; OK, Y.S.; MURTAZA, G. Effect of biochar on alleviation of cadmium toxicity in wheat (*Triticum aestivum* L.) grown on Cd-contaminated saline soil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, p. 25668-25680, 2017.
- ALMEIDA, A. V. da C.; MELO, I. M.; PINHEIRO, Í. S.; FREITAS, J. F.; MELO, A. C. S. Appreciation of acai core of a pulp producer from Ananindeua/PA: proposal of reverse channel structure oriented by NPSW and reverse logistics. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 12, n. 4, p. 59–83, 1 jul. 2017.
- ARAÚJO, M. M.; SOUSA, G. M.; RODRIGUES, L. R. C. C. Técnicas utilizadas na recuperação de solos afetados por sais. **Revista Agroecologia no Semiárido**, v. 1, n. 2, p. 01 - 11, 2017.
- BETTIOL, W.; HAMADA, E.; ANGELOTTI, F.; AUD, A. M.; GHINI, R. **Aquecimento Global e Problemas Fitossanitários**. 1º edição. Brasília: Embrapa, 2017.
- BEZERRA, R. R. S. **Desperdícios dos resíduos agrícolas e os principais desafios na CEASA de Patos - PB**. 46f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais). Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar. Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2019.
- BORCHARD, N.; SCHIRRMANN, M.; CAYUELA, M. L.; KAMMANN, C.; WRAGEMÖNNIG, N.; ESTAVILLO, J. M.; FUERTES-MENDIZÁBAL, T.; SIGUA, G.; SPOKAS, K.; IPPOLITO, J. A.; NOVAK, J. Biochar, soil and land-use interactions that reduce nitrate leaching and N<sub>2</sub>O emissions: a meta-analysis. **Science of the Total Environment**, v. 651, p. 2354-2364, 2019.
- CARLI, C. Água potável e saneamento básico: o encontro de dois direitos fundamentais à saúde da vida de geral. **Revista de direito e sustentabilidade**, v. 5, n. 1, p. 1-15, 2020.
- CASTRO, C. S. **Biochar da casca de coco verde como atenuador do estresse salino de soja**. 71 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.
- COSTA, M. E. **Efeito do Biochar e de águas salinas sobre o crescimento e nutrição do milho na salinidade do solo**. 50 f. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, 2017.
- COSTA, M. E.; NASCIMENTO, E. K. Á. do; MIRANDA, N. de O.; PIMENTA, A. S.; RODRIGUES, A. P. M. dos S.; JÚNIOR, A. F. de M. Efeito do Biochar sobre condutividade elétrica e pH de solos irrigados com água salina. **Revista EDUCAmazônia**, v. 23, n.2, p.189 - 204, 2019.
- FERREIRA, B. D. N. **Adsorventes utilizados para o tratamento de água subterrânea : uma revisão**. 2021. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em química) - Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, 2021.
- FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 5ª edição. Brasília: Funasa, 2019.

GUIMARÃES, J. P. **Uso do Biocarvão como condicionador de solo sódico em cultivo biossalino de algodão**. 86 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola.) - Tese apresentada à Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande, 2021.

KANWAL, S.; ILYAS, N.; SHABIR, S.; SAEED, M.; GUL, R.; ZAHOOR, M.; BATOOL, N.; MAZHAR, R. Application of biochar in mitigation of negative effects of salinity stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Plant Nutrition**, v. 41, n. 4, p. 526–538, 2018.

KIM, H. S.; KIM, K. R.; YANG, J. E.; OK, Y. S.; OWENS, G.; NEHLS, T.; WESSOLEK, G.; KIM, K. H. Effect of biochar on reclaimed tidal land soil properties and maize (*Zea mays* L.) response. **Chemosphere**, v. 142, p. 153–159, 2016.

LIMA, L. F. **Recuperação de áreas degradadas: Aplicação de metodologias socioambientais para o controle da erosão linear em propriedade rural no município de Estrela do Norte-SP**. Monografia (Bacharel em Geografia). Departamento de Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Presidente Prudente, SP., 2018.

LIN, X. W.; XIE, Z. B.; ZHENG, J. Y.; LIU, Q.; BEI, Q. C.; ZHU, J. G. Effects of biochar application on greenhouse gas emissions, carbon sequestration and crop growth in coastal saline soil. **European Journal of Soil Science**, v. 66, n. 2, p. 329–338, 2015.

LIU, S.; MENG, J.; JIANG, L.; YANG, X.; LAN, Y.; CHENG, X.; CHEN, W. Rice husk biochar impacts soil phosphorous availability, phosphatase activities and bacterial community characteristics in three different soil types. **Applied Soil Ecology**, v. 116, p. 12–22, 2017.

LUO, X.; LIU, G.; XIU, Y.; CHEN, L.; JIANG, Z.; ZHENG, H.; WANG, Z. Use of biochar compost to improve properties and productivity of the degraded coastal soil in the Yellow River Delta, China. **Journal of Soils and Sediments**, v. 17, p. 780-789, 2017.

MACEDO, J. C. A. **Aumento da adsorção de cromo, cádmio, chumbo e níquel por biochars modificados com adição de grupos isotiocianato**. 87 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2020.

MARCELINO, I. P.; LOSS, A.; ANDRADE, M. A. N. Potencialidades do uso do biochar para melhoria dos atributos edáficos. *In*: REDUÇÃO DO RISCO DE DESASTRES E A RESILIÊNCIA NO MEIO RURAL E URBANO. **Ciência Geográfica**. 2. ed. São Paulo: Centro Paula Souza, 2020. p.584-601.

MARCELINO, L. A. Aspectos gerais do uso do biochar para sustentabilidade com ênfase aos atributos edáficos: a revisão. **Revista gestão e sustentabilidade ambiental**, Florianópolis, v.9, n.esp., p.301-319, 2020.

PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, V. C.; PRATA, A. P. do N.; LUCAS, A. A. T.; SANTOS, P. B. dos. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n.2, p.1308 - 1324, 2015.

PEREIRA, J. R. C. **Potencial do Biocarvão para a produção de milho e melhoria da qualidade do solo**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental para o semiárido. Universidade de Pernambuco. Petrolina, PE., 2019.

PIMENTA, A. F. **Tratamento de efluente de indústria de café via adsorção em biocarvão ativado**. 78f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2018.

ROGELJ, J.; SHINDELL, D.; JIANG, K.; FIFITA, S.; FORSTER, P.; GINZBURG, V.; HANDA, C.; KHESHGI, H.; KOBAYASHI, S.; KRIEGLER, E. Mitigation pathways compatible with 1.5 C in the context of sustainable development. *In: Global warming of 1.5 C*. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018. p. 93–174.

RÓZ, A. L. da; RICARDO, J. F. C.; NAKASHIMA, G. T.; SANTOS, L. R. O.; YAMAJI, F. M. Maximização do teor de carbono fixo em biocarvão aplicado ao sequestro de carbono. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 8, p. 810–814, 2015.

RIBEIRO, N. U. F. **Estudo do uso do biochar no tratamento de esgoto sanitário**. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Engenharia ambiental) - Departamento, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campão Mourão, 2016.

SANTANA, A. L. S.; ARAUJO, G. L. Erosão do solo em uma propriedade rural no município de Abre Campo (MG). *In: SEMINÁRIO CIENTÍFICO DO UNIFACIG: SOCIEDADE, CIÊNCIA E TECNOLOGIA*, 3., 2017. **Anais eletrônicos** [...]. Minas Gerais: UNIFACIG, 2017.

SÁNCHEZ A. D.; PEDRAZA E. A. Á.; DÍAZ, H. R. Use of biochar in Agriculture. **Acta Biológica Colombiana**. Ibagué -Tolima, Colombia. Cl. 42 n°. 1b-1. P. (327-338). Maio.

SANEAMENTO, Sistema Nacional de Informações Sobre. **Painel de informações sobre Saneamento**, 2018.

SATO, M. K. **Biocarvão de resíduos de Açaí como condicionante de solos**. Tese (Doutorado / Agronomia). Programa de pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, PA., 2018.

SCHOUTEN, S.; GROENIGEN, J. W. V.; OENEMA, O.; CAYUELA, M. L. Bioenergy from cattle manure Implications of anaerobic digestion and subsequent pyrolysis for carbon and nitrogen dynamics in soil. **Gcb Bioenergy**, v. 4, n. 6, p. 751-760, 2012.

SCHNEIDER, J. K. **Utilização de biomassas brasileiras para produção de carvão ativado de alta qualidade: caracterização e aplicação como adsorvente**. 147 f. Tese (Doutorado em Química) - Departamento de biotecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

SILVA, E. K. **Avaliação do uso de moinha de carvão na compostagem de lodo de esgoto e caroço de açaí para o cultivo milho (Zea mays L.)**. 61f. Dissertação (Mestrado) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical. Macapá, 2014.

SILVA, N. P. D. **Utilização de diferentes materiais como adsorventes na remoção de nitrogênio amoniacal**. 146 f. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio grande do Sul, 2015.

SILVA, G. A. K. Universalização do Saneamento Básico. **Revista Brasileira de Políticas Públicas e Internacionais**, v.5, n.3, p. 180-203, 2020.

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

SUN, J.; HE, F.; SHAO, H.; ZHANG, Z.; XU, G. Effects of biochar application on Suaeda salsa growth and saline soil properties. **Environmental Earth Sciences**, v. 75, n. 8, p. 630, 2016.

TRAZZI, P. A.; HIGA, A. R.; DIECKOW, J.; MANGRICH, A. S.; HIGA, R. C. V. BIOCÁRVÃO: Realidade e potencial de uso no meio florestal. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 875–887, 2018.

TRIPATHI, M.; SAHU, J. N.; GANESAN, P. Effect of process parameters on production of biochar from biomass waste through pyrolysis: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 55 (2016) 467–481.

VIEIRA, A. H.; RAMALHO, A. R.; NETO, R. C.; CARARO, D. C.; COSTA, J. N. M.; JÚNIOR, J. R. V.; WADT, P. G. S.; SOUZA, V. F. de. **Sistemas de Produção do Açaí**. 1. Edição.

WOOLF, D.; AMONETTE, J. E.; STREET-PERROTT, F. A.; LEHMANN, J.; JOSEPH, **biochar to mitigate global climate change**. **Nature communications**, v. 1, p. 56, 2010.





www.editorapublicar.com.br  
contato@editorapublicar.com.br  
@epublicar  
facebook.com.br/epublicar

# Agroeconomia:

Diálogos sobre pesquisas, estudos e práticas estratégicas nas  
**ciências agrárias**

Adilson Tadeu Basquerote Silva  
Edilene Dias Santos  
Roger Goulart Mello  
Organizadores



**2022**

www.editorapublicar.com.br  
contato@editorapublicar.com.br  
@epublicar  
facebook.com.br/epublicar

# Agroeconomia:

Diálogos sobre pesquisas, estudos e práticas estratégicas nas  
**ciências agrárias**

Adilson Tadeu Basquerote Silva  
Edilene Dias Santos  
Roger Goulart Mello  
Organizadores



**2022**