



A TRANSFORMAÇÃO DA AGRICULTURA BRASILEIRA

ORGANIZADORES

CARLIANE REBECA COELHO DA SILVA

IGOR LUIZ VIEIRA DE LIMA SANTOS

CIÊNCIAS AGRÁRIAS

A TRANSFORMAÇÃO DA AGRICULTURA BRASILEIRA

ORGANIZADORES

CARLIANE REBECA COELHO DA SILVA

IGOR LUIZ VIEIRA DE LIMA SANTOS

CAMPINA GRANDE - PB

 EDITORA
SCIENCE
ANO 2021

1ª Edição, Volume 1

Todos os Direitos Desta Edição Reservados à

© 2021 EDITORA SCIENCE

Av. Marechal Floriano Peixoto. 5000.

Campina Grande, PB, 58434-500.

CNPJ: 42.754.503/0001-00

REGISTRO CBL (Câmara Brasileira do Livro)

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

A Transformação da agricultura brasileira [livro eletrônico] / organização Carliane Rebeca Coelho da Silva , Igor Luiz Vieira de Lima Santos. -- 1. ed. -- Campina Grande, PB : Ed. das Autoras, 2021.
PDF.

Vários autores.

Bibliografia.

ISBN 978-65-00-37312-7

1. Agricultura 2. Ciências agrárias
3. Desenvolvimento sustentável - Aspectos ambientais I. Silva, Carliane Rebeca Coelho da.
II. Santos, Igor Luiz Vieira de Lima.

22-96720

CDD-630

Índices para catálogo sistemático:

1. Ciências agrárias 630

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

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



Editora--Chefe

Pós-Dra. Carliane Rebeca Coelho da Silva

Editores Organizadores

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos

Pós-Dra. Carliane Rebeca Coelho da Silva

Editoração e Diagramação

Corpo Técnico da Editora Science

Revisão Principal

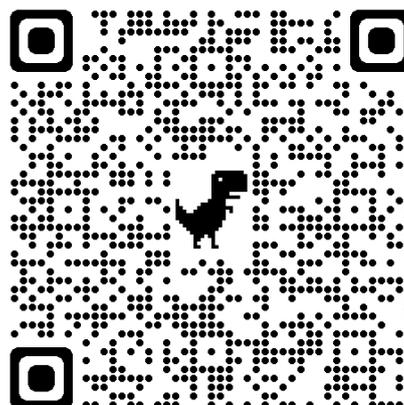
Os Autores / Revisores *Ad Hoc* /
Corpo Editorial / Organizadores

Revisão Final

Pós-Dra. Carliane Rebeca Coelho da Silva

Programas Registrados de Design

©Canva Pro Registered Design



Copyright © 2021 Editora Science

Copyright Textual © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Editora Science

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

Declaração de Direitos

Todos os direitos reservados.

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

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

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

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

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

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

© 2021 EDITORA SCIENCE

Corpo Editorial:

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

DRA. AYRLES FERNANDA BRANDÃO DA SILVA (UFCE)

DR. IGOR LUIZ VIEIRA DE LIMA SANTOS (UFCG)

DRA. LUCIANA AMARAL DE MASCENA COSTA (UFRPE)

DRA. FERNANDA MIGUEL DE ANDRADE (FIS)

DRA. WELMA EMÍDIO DA SILVA (FIS)

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

DR. JOSÉ OLÍVIO LOPES VIEIRA JÚNIOR (UENF)

DRA. FRANCIELI DE FATIMA MISSIO (UFSM)

DR. CRISTIANO CUNHA COSTA (UFS)

DR. MILTON GONÇALVES DA SILVA JUNIOR (UNIARAGUAIA)

MSc. MARCELO SALVADOR CELESTINO (UNESP)

DR. GABRIEL PARISOTTO (UNISUAM)

DR. MARCUS VINICIUS PERALVA SANTOS (IFTO)

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

LICENSE PUBLICATION DETAILS

Copyright © 2021 Editora
Science

Copyright Notice

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

© 2021 by Carliane Rebeca Coelho da Silva is licensed under Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International 



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

HOW CITE THIS BOOK:

NLM Citation

Silva CRC, Santos ILVL, editores. *A Transformação da Agricultura Brasileira*. 1st ed. Campina Grande (PB): Editora Science; 2021. 56p.

APA Citation

Silva, C. R. C. & Santos, I. L. V. L. (Eds.). (2021). *A Transformação da Agricultura Brasileira* (1st ed.). Editora Science.

ABNT Brazilian Citation NBR 6023:2018

SILVA, C. R. C.; SANTOS, I. L. V. L. **A Transformação da Agricultura Brasileira**. 1. ed. Campina Grande: Editora Science, 2021.

WHERE ACCESS THIS BOOK:

www.editorascience.com.br/

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

Sumário

CAPÍTULO 1 **1**

**CONTROLE BIOLÓGICO: UMA REVISÃO SOBRE OS PRINCIPAIS AGENTES MICROBIOLÓGICOS UTILIZADOS NO
CONTROLE DE NEMATÓIDES** **1**

BIOLOGICAL CONTROL: A REVIEW OF THE MAIN MICROBIOLOGICAL AGENTS USED IN NEMATODE CONTROL 1

José Olívio Lopes Vieira Júnior

<http://lattes.cnpq.br/9215696544546918>

Renata Cunha Pereira

<http://lattes.cnpq.br/0834642317071534>

CAPÍTULO 2 **14**

EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DA AGRICULTURA NO BRASIL **14**

TECHNOLOGICAL EVOLUTION OF AGRICULTURE IN BRAZIL 14

Sabrina Kelly dos Santos

<https://orcid.org/0000-0001-8078-9678>

Daniel da Silva Gomes

<https://orcid.org/0000-0002-7293-7762>

CAPÍTULO 3 **25**

MANEJO AGRÍCOLA DA BIODIVERSIDADE VEGETAL NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO **25**

AGRICULTURAL MANAGEMENT OF PLANT BIODIVERSITY IN THE BRAZILIAN SEMIARID 25

Caio Henrique Nobre da Silva

<http://lattes.cnpq.br/0530028010258149>

Semirames do Nascimento Silva

<http://lattes.cnpq.br/7040371743984962>

Carlos Alberto Lins Cassimiro

<http://lattes.cnpq.br/5925647884672173>

Leonardo Afonso Pereira da Silva Filho

<http://lattes.cnpq.br/6288366170991271>

Luís Paulo Firmino Romão da Silva

<http://lattes.cnpq.br/2233147510594978>

CAPÍTULO 4 **40**

UTILIZAÇÃO DOS REMINERALIZADORES NA AGRICULTURA **40**

USE OF REMINERALIZERS IN AGRICULTURE 40

Rodrigo de Moraes Galarza

<http://lattes.cnpq.br/2651282984536399>

Gustavo Kruger Gonçalves

<http://lattes.cnpq.br/1351965233555858>

Marco Aurelio Torres Rodrigues
<http://lattes.cnpq.br/6189509529790884>
Paulo Elias Borges Rodrigues
<http://lattes.cnpq.br/3459486918715145>
Michelle da Luz Munhoz
<http://lattes.cnpq.br/5126070910721793>
Vitor Birck
<http://lattes.cnpq.br/1596193176899680>
Lenize Dornelles Gomes
<http://lattes.cnpq.br/3577673963205140>
Francielly Baroni Mendes
<http://lattes.cnpq.br/3476646140724095>
Emilio Mateus Schüller
<http://lattes.cnpq.br/697259943534875527>
Meline Schüller
<http://lattes.cnpq.br/5571591156462708>

ÍNDICE REMISSIVO	54
ÍNDICE DE AUTORES	56
SOBRE OS ORGANIZADORES DO E-BOOK DADOS CNPQ:	57

PREFÁCIO

A agropecuária é um dos principais mecanismos pelo qual a espécie humana deixou o nomadismo para se fixar em um ambiente.

Essa fixação pode ocasionar as mais diversas mudanças comportamentais ou alimentares. A produção em massa de alimentos proporcionada pela pecuária e agricultura favoreceu o crescimento populacional e o estabelecimento de novos desafios para alimentar a crescente demanda por produtos variados capazes de suprir a necessidade nutricional dos indivíduos.

A transformação e a maior produção destes insumos são mecanismos necessários para a evolução das necessidades da população.

Neste livro você conhecerá algumas vertentes e desdobramentos propiciados pelos novos processos de produção agrícola que são essenciais para satisfazer a demanda atual por alimentos.

As discussões sobre as novas demandas da população devem ser embasadas cientificamente culminando na melhor tomada de decisões para o aumento da produção agrícola mundial .

Este livro contempla estudos sobre controle biológico na produção agrícola, a evolução tecnológica no setor, manejo agrícola no semiárido e a preocupação com a nutrição do solo.

É possível perceber o aspecto multidisciplinar do livro abrindo um novo leque de oportunidades para pesquisas e sua repercussão nas mais diversas áreas .

Esperamos que tenham uma boa leitura e que os conhecimentos aqui disponíveis tragam novos *insights* e desdobramentos para novas pesquisas que possam contribuir para o crescimento técnico da agricultura no país.

Boa leitura. Os Organizadores

CAPÍTULO 1

CONTROLE BIOLÓGICO: UMA REVISÃO SOBRE OS PRINCIPAIS AGENTES MICROBIOLÓGICOS UTILIZADOS NO CONTROLE DE NEMATOIDES

BIOLOGICAL CONTROL: A REVIEW OF THE MAIN MICROBIOLOGICAL AGENTS USED IN NEMATODE CONTROL

José Olívio Lopes Vieira Júnior

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Laboratório de Entomologia e Fitopatologia, Campos dos Goytacazes-RJ

<http://lattes.cnpq.br/9215696544546918>

Renata Cunha Pereira

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Laboratório de Entomologia e Fitopatologia, Campos dos Goytacazes-RJ

<http://lattes.cnpq.br/0834642317071534>

Resumo

O controle biológico é uma área de pesquisa em crescimento no mercado agrícola mundial. Estes defensivos podem ser utilizados em qualquer cultura agrícola e podem promover o crescimento de plantas e induzir a resistência a patógenos, como os nematoides. A maioria dos nematicidas biológicos são à base de microrganismos, como fungos e bactérias. Diversos microrganismos têm sido estudados como antagonistas de nematoides, mas algumas espécies de fungos e bactérias, como *Trichoderma* sp., *Pochonia* sp., *Pasteuria* sp., merecem destaques devido ao seu potencial biotecnológico. Assim, este capítulo tem como objetivo elucidar, através de uma revisão bibliográfica, as principais espécies de microrganismos que têm sido utilizadas para o controle biológico de nematoides e os principais mecanismos de ação sobre estes patógenos.

Palavras-Chave: defensivos biológicos, microrganismos, nematicidas, fitopatologia.

Abstract: Biological control is a growing area of research in the global agricultural sector. These biological pesticides can be used on any agricultural crop and can promote plant growth and induce resistance to pathogens such as nematodes. Most biological nematicides are based on microorganisms, such as fungi and bacteria. Several microorganisms have been studied as nematode antagonists, but some species of fungi and bacteria, such as *Trichoderma* sp., *Pochonia* sp., *Pasteuria* sp. Thus, this chapter aims to elucidate, through a literature review, the main species of microorganisms that have been used for the biological control of nematodes and the main mechanisms of action on these pathogens.

Keywords: biological pesticides, microorganisms, nematicides, phytopathology.

Introdução

Os nematoides parasitas de plantas são considerados um dos principais fatores limitantes na produção de diversas culturas agrícolas em todo o mundo (KENNEY; ELEFTHERIANOS, 2016; ABD-ELGAWAD, 2021) e podem causar perdas de \$118 a \$157 bilhões de dólares (ABAD *et al.*, 2008; DEGENKOLB; VILCINSKAS 2016; KHAN; SHARMA, 2020). No Brasil, as principais espécies de nematoides de relevância para a agricultura são *Meloidogyne* spp. (nematóide de galhas), *Heterodera glycines* (nematóide de cisto da soja), *Pratylenchus brachyurus* (nematóide das lesões radiculares) e *Rotylenchulus reniformis* (nematóide reniforme) (DIAS *et al.*, 2010). Estes patógenos causam danos nas raízes e influenciam diretamente no rendimento e na sobrevivência de culturas economicamente importantes devido a redução da capacidade das plantas de absorverem água e nutrientes para a parte aérea (PINHEIRO *et al.*, 2014).

O controle químico de nematoides com produtos formulados a base dos princípios ativos carbofurano, brometo de metila, abamectina e tiodicarbe era considerado o principal método no controle das principais espécies de nematoides (NOVARETTI *et al.*, 1982). Porém, devido aos efeitos adversos à saúde humana, elevada toxicidade ao ambiente e baixa eficácia de controle após repetidas aplicações, os nematicidas químicos foram restritos ou proibidos (ZUCKERMAN; ESNARD, 1994; TERZIEV; PETKOVA-GEORGIEVA, 2019). É uma das principais demandas da agricultura moderna é proteger o ambiente e a saúde do homem dos efeitos nocivos dos produtos químicos utilizados para o manejo de pragas e patógenos na agricultura (MOHAMED *et al.*, 2018). Práticas alternativas de manejo para gerenciar os nematoides com segurança e eficácia têm sido desenvolvidas e o uso de biopesticidas é uma área de pesquisa em crescimento no mercado agrícola mundial (ABD-ELGAWAD, 2021; AHMAD *et al.*, 2021). Os biopesticidas podem ser definidos como produtos produzidos a base de organismos vivos destinados para o controle de pragas e proteção das plantas e atualmente os fungos e bactérias são considerados os organismos mais eficientes e os principais agentes para o controle biológico contra nematoides parasitas de plantas (BLYUSS *et al.*, 2019; ABD-ELGAWAD, 2021; AHMAD *et al.*, 2021). Outros organismos como nematoides predadores, ácaros, vírus, protozoários, oligoquetas, colêmbolos, algas e turbelários também são considerados agentes de biocontrole, mas são menos eficazes e pouco estudados (ABD-ELGAWAD; ASKARY, 2018; ABD-ELGAWAD, 2021).

No Brasil, a comercialização de biopesticidas, especialmente de nematicidas, cresceu mais de 70% no ano de 2018 e movimentou cerca de R\$465 milhões, o dobro do

valor comercializado em 2017. Os produtos biológicos podem ser utilizados em qualquer cultura agrícola, como frutas e verduras, grãos, cana-de-açúcar, entre outros (MAPA, 2019). Estes produtos são desenvolvidos a base de organismos ou subprodutos secretados por estes que são antagonistas a patógenos de plantas agrícolas. A maioria dos microrganismos utilizados em produtos microbiológicos para o controle de nematoides são espécies de fungos e bactérias encontrados naturalmente no solo (KHAN *et al.*, 2020; ABD-ELGAWAD, 2021).

Os fungos utilizados para controle biológico podem ser endoparasitários, produtores de toxinas e parasitas de ovos, juvenis ou adultos. As bactérias podem ser parasitas obrigatórias, parasitas oportunistas e produtoras de proteínas que induzem na promoção de crescimento da planta (ABD-ELGAWAD, 2020). A aplicação destes microrganismos de potencial biotecnológico pode estimular a biota do solo e ter um efeito supressivo nas populações de organismos fitopatogênicos, como nematoides (BALDONI *et al.*, 2020). Espécies de fungos de *Trichoderma* sp., *Pochonia* sp. e *Paecilomyces* sp. têm se destacado como antagonistas de nematoides como *Pratylenchus* sp. e *Meloidogyne* sp.. Dentre as bactérias, espécies de *Pasteuria*, *Pseudomonas* e *Bacillus* podem ser citadas com elevado potencial biotecnológico devido ao efeito antagônico aos nematoides. O objetivo deste capítulo é investigar, através de uma revisão da literatura, as principais espécies de microrganismos utilizadas para o controle biológico de nematoides e os seus mecanismos de ação sobre estes patógenos.

Metodologia

Para fornecer informações sobre estudos científicos que já foram conduzidos a respeito do controle biológico de nematoides foi realizada uma revisão bibliográfica. Para isto, realizou-se uma pesquisa descritiva na busca por sistematizar informações sobre os principais agentes biológicos utilizados neste método de controle e seus principais mecanismos de atuação na indução de resistência da planta ao patógeno. Foram utilizadas ferramentas de busca como Google acadêmico, PubMed, Scopus (Elsevier), Web of Science (Clarivate Analytics) e Scientific Electronic Library Online (SciELO). As principais palavras chaves utilizadas nas buscas foram “biological control nematodes”, “biological control agents of plant-parasitic nematodes”, “fungi nematophagus” e “bacteria used in the biological control of plant-parasitic nematodes”. Os termos das buscas poderiam estar contidos no título, resumo ou palavras-chave dos trabalhos.

A busca considerou os trabalhos publicados entre os anos de 2000 e 2021. Buscou-se priorizar a leitura de pesquisas mais recentes, com no máximo doze anos de publicação, entretanto, bibliografias mais antigas foram citadas quando relevantes e consolidadas na área de estudo. De acordo com os termos de busca foram encontrados artigos, revisões, dissertações, teses, livros e capítulos de livros. Foram selecionados somente os trabalhos publicados na modalidade artigo científico e livros de maior relevância científica e maior número de citações, com prioridade para as pesquisas publicadas em inglês e em revistas com fator de impacto acima de um ou qualis Capes acima de B1. Artigos científicos completos que não estavam disponíveis de forma integral nas plataformas de busca e que possuíam informações relevantes, foram solicitados aos autores o envio do mesmo através da plataforma Research Gate.

Ao final, foram selecionadas para esta revisão as informações de maior relevância publicadas em 37 artigos científicos e em um livro. A natureza desta pesquisa se caracteriza como básica, de modo a elaborar uma revisão narrativa, na busca e análise crítica da literatura científica com o intuito de elaborar uma fundamentação teórica sobre a perspectiva do controle biológico de nematoides no Brasil.

Resultados e Discussão

O desenvolvimento de produtos microbiológicos para o controle de nematoides cresce anualmente e os fungos e bactérias nematófagos estão entre os principais grupos microbianos com potencial para o controle biológicos fitonematoides (KHAN *et al.*, 2020). Cerca de 75% destes produtos são formulados à base de espécies fúngicas e 7% são defensivos biológicos desenvolvidos a partir de cepas bacterianas (MAPA, 2019).

Fungos

Dentre os gêneros de fungos, *Trichoderma harzianum*, *Purpureocillium lilacinum*, *Pochonia chlamydosporia*, *Monacrosporium lysipagum*, *Pseudomonas fluorescens* e *Pasteuria penetrans* tem se destacado como os principais agentes de biocontrole de nematoides parasitas de plantas (SHARON; CHET; SPIEGEL, 2011; PARIHAR *et al.*, 2015; BAHETI; BHATI, 2017; PACHECO *et al.*, 2020; KUMAR; DARA, 2021).

O *Trichoderma* são fungos filamentosos, de vida livre, comuns em ecossistemas de solo e raízes e com elevado potencial biotecnológico. As cepas colonizam o sistema radicular e promovem o crescimento das plantas, a produtividade da cultura e a indução

de resistência a estresses abióticos e bióticos (BALDONI, 2020). As plantas possuem uma série de estratégias defensivas inatas para proteger do ataque de pragas e patógenos de maneira eficiente (SHIGENAGA *et al.*, 2017; RAMÍREZ-PRADO *et al.*, 2018). Uma vez que o parasitismo ocorre, as plantas reconhecem moléculas geradas pelas secreções orais dos herbívoros ou sinais de danos na parede celular (HOU; LIU; WU, 2019). No entanto, espécies de nematoides possuem mecanismos que os tornam “invisíveis”, através da secreção de proteínas que disfarçam a sua presença na planta hospedeira e conseguem realizar o parasitismo sem que ocorra a ativação dos mecanismos de defesa (KHAN; KIM, 2007). Algumas espécies de *Trichoderma*, micorrizas arbusculares, ectomicorrizas e fungos endofíticos ao colonizar o sistema radicular das plantas, as radículas são revestidas com filamentos fúngicos. Ao detectar a presença de algumas espécies de nematoides, como *Pratylenchus* sp. e *Meloidogyne* sp., estes fungos mutualísticos induzem a ativação dos mecanismos de defesa das plantas contra estes nematoides (HOU; LIU; WU, 2019; ABRIL-URIAS; ESCOBAR, 2020).

Trichoderma harzianum é considerado um dos principais agentes de controle biológico de *Meloidogyne* sp. (BRAHMA; BORAH, 2016; RAI; LIMBU; JOSHI, 2020). Esta espécie é capaz de sintetizar e liberar na rizosfera micoxinas e metabólitos com elevado teor de enzimas, tais como quitinases, glucanases e proteases, capazes de degradar a parede celular de fungos e nematoides patogênicos (GAJERA *et al.*, 2013; PUYAM, 2016). Estas substâncias atuam diretamente na degradação dos ovos de *Meloidogyne*, e reduzem a densidade populacional do patógeno no solo (SAHEBANI; HADAVI, 2008).

Pochonia chlamydosporia é uma espécie de fungo oportunista que tem apresentado resultados positivos quanto a capacidade antagonista a nematoides (MANZANILLA-LÓPEZ *et al.*, 2013; PARIHAR *et al.*, 2015; BENTTOUMI *et al.*, 2020; PACHECO *et al.*, 2020; KUMAR *et al.*, 2021). *Pochonia chlamydosporia* parasita ovos e fêmeas de nematoides endoparasitas sedentários, como *Meloidogyne*, *Heterodera* e *Pratylenchus brachyurus*. O parasitismo de *P. chlamydosporia* ocorre através da secreção e liberação de enzimas responsáveis pela desintegração parcial da camada vitelínica dos ovos, em seguida ocorre a penetração da hifa e a dissolução enzimática das camadas de quitina e de lipídios (MANZANILLA-LÓPEZ *et al.*, 2013). O efeito do parasitismo do fungo sobre os ovos do hospedeiro além de inibir o desenvolvimento embrionário do nematoide, provoca a liberação de enzimas que favorecem a

permeabilidade da casca do ovo e facilita a passagem de micotoxinas que impedem a eclosão de juvenis de segundo estágio (J2) (BENTTOUMI *et al.*, 2020).

O gênero *Paecilomyces* possui espécies patogênicas e saprofíticas, e por este motivo pode ser encontrado em uma ampla variedade de habitats, como solo, materiais vegetais e alimentos em decomposição. Espécies de *Paecilomyces* que vivem no solo desempenham um papel significativo como endófito de plantas. A colonização no sistema radicular proporciona vantagens para o desenvolvimento das plantas, por este motivo estas espécies de *Paecilomyces* têm sido utilizadas como promotoras de crescimento. Além disso, a interação fungo-planta melhora o vigor da planta hospedeira através de diferentes mecanismos que fornecem proteção contra fitopatógenos. O fungo, após estabelecer na planta hospedeira, produz uma grande variedade de metabólitos secundários que são liberados na região da rizosfera (HOMTHONG *et al.*, 2016). Estas substâncias possuem componentes biológicos que podem atuar como inseticida, herbicida, bactericida, fungicida e nematicida.

Paecilomyces tem sido amplamente estudado como um fungo nematófago, especialmente contra *Meloidogyne* spp., mas também contra outros gêneros como *Globodera*, *Rotylenchulus*, *Heterodera*, *Xiphinema* e *Pratylenchus* (DONG; YANG; ZHANG, 2007; MUNAMAR *et al.*, 2015; XIANG *et al.*, 2018). O mecanismo de atuação de *Paecilomyces* spp. contra os nematoides é similar a *P. clamydosporia*. Secreções enzimáticas produzidas pelo fungo degradam a quitina presente na camada protetora do ovo do nematoide, reduzindo o desenvolvimento embrionário e diminuindo a taxa de eclosão dos espécimes. Quando há eclosão, os juvenis possuem deformidades que impedem a mudança a infecção na planta (HOMTHONG *et al.*, 2016).

Bactérias

Assim como os fungos, alguns grupos de bactérias têm se destacado devido ao potencial biotecnológico de espécies para o controle de nematoides. Dentre eles, podem ser citados as bactérias endofíticas e as rizobactérias. Estes grupos atuam como indutores de resistência a fitopatógenos e promotores de crescimento de plantas. e redução de fitonematoides, através da indução de resistência e produção de enzimas tóxicas que atuam no desenvolvimento (inibição de oviposição e eclosão de juvenis) e comportamento dos nematoides (FERREIRA *et al.*, 2017).

Em relação as bactérias da espécie *Bacillus subtilis* são parasitas de ovos, juvenis e fêmeas de espécies de nematoides que possuem hábito migrador, como por exemplo

Pratylenchus, e nematoides sedentários, como *Meloidogyne* e *Heterodera* (MAZZUCHELLI *et al.*, 2020). Além disso, *B. subtilis* secreta substâncias enzimáticas no solo que possuem propriedades que alteram o comportamento dos nematoides e impedem que estes parasitas não encontrem a planta hospedeira (OLANREWAJU; GLICK; BALALOLA, 2017).

Os parasitas obrigatórios, *Pasteuria* spp., são agentes biológicos com elevada eficiência no controle de nematoides. Estas espécies de bactérias podem atuar sob condições adversas e com temperatura, pH e umidade do solo variáveis. À medida que os nematoides se movem no solo, endósporos de *Pasteuria* spp. se fixam na superfície da cutícula (VAGELAS *et al.*, 2012). Uma vez aderidos, eles criam tubos germinativos que rompem a cutícula e se ramificam no pseudoceloma do nematoide (DAVIES; OPPERMAN, 2006). A proliferação interna dessas células e a esporulação suprimem a multiplicação dos nematoides e causam a mortalidade destes patógenos (DAVIES *et al.*, 2011). Além de ocorrer o parasitismo por parte das bactérias, a adesão dos endósporos dificulta a movimentação dos juvenis infectantes impedindo que alcance a planta hospedeira (DAVIES, 2009).

Por apresentarem preferência por espécies de nematoides, *Pasteuria* spp. não atingem organismos não-alvo. *P. penetrans* é um parasita específico de *Meloidogyne* (LIU *et al.*, 2017), enquanto *P. thornei* é parasita de *P. brachyurus* (CONFORT; INOMOTO, 2018), e *P. nishizawae* controla espécies de *Heterodera* (NOEL *et al.*, 2010). O controle biológico com produtos à base de *Pasteuria* spp. pode ser aplicado no solo e incorporado com outras práticas de manejo como rotação de culturas e a incorporação de corretivos de solo.

Algumas bactérias, como as rizobactérias, atuam como promotoras do crescimento de plantas (PGPR), uma vez que, ao colonizar o sistema da radicular, favorecem o desenvolvimento das raízes e conseqüentemente o crescimento da planta (SIDDIQUI, 2005). Por este motivo as rizobactérias são consideradas como favorecem o crescimento da planta ao colonizar o sistema radicular, mas algumas PGPR's também mostraram atividade nematicida contra nematoides parasitas de plantas (MHATRE, 2019). Um exemplo evidente são os metabólitos secundários produzidos por *Pseudomonas fluorescens* que induzem a mortalidade de ovos de nematoides e juvenis de segundo estágio (NEIDIG, 2011). Em um estudo conduzido por Zhao *et al.* (2018), cerca de 860 cepas de bactérias coletadas da rizosfera, cinco espécies (*Bacillus cereus*, *B.*

subtilis, *Pseudomonas putida*, *P. fluorescens* e *Serratia proteamaculans*) mostraram alta eficácia no controle de *Meloidogyne javanica*.

As rizobactérias atuam de forma direta e indireta na resistência de plantas a nematoides. De forma direta, pode ser citada reação da planta desencadeada pela colonização das bactérias nas raízes que favorecem a dissociação de alguns macronutrientes do solo, como fósforo. Além disso, induzem a produção de compostos ativos, como giberelina e citocinina e fitohormônios. Indiretamente, as bactérias produzem enzimas líticas e antibióticos que suprimem pragas e patógenos como alguns nematoides (VILJOEN *et al.*, 2019).

Nas últimas décadas, diversos produtos comerciais baseados em microrganismos foram desenvolvidos e comercializados como biopesticidas, biofertilizantes e corretivos de solo. No entanto, estes isolados comerciais podem apresentar resultados que podem variar de acordo com o tipo de solo, cultura, clima e região. Portanto, é necessário que os estudos com novos isolados continuem identificando e testando a eficiência destes agentes biológicos para o controle eficiente de nematoides.

Considerações Finais

A literatura atual sobre o uso de controle biológico para o manejo de nematoides é extensa e isto está associado com a necessidade de alternativas mais sustentáveis devido aos efeitos negativos causados pelos nematicidas químicos ao meio ambiente. São diversos estudos que demonstram espécies, principalmente de fungos e bactérias, que possuem potencial para o controle biológico de nematoides. No entanto, este método ainda precisa ser aprimorado, uma vez que o controle de nematoides através de nematicidas químicos possui efeito mais rápido, enquanto o manejo biológico apresenta resultados a médio-longo prazo.

Referências

ABAD, P.; GOUZY, J.; AURY, J. M.; CASTAGNONE-SERENO, P.; DANCHIN, E. G.; DELEURY, E.; WINCKER, P. Genome sequence of the metazoan plant-parasitic nematode *Meloidogyne incognita*. **Nature biotechnology**, v. 26, n. 8, p. 909-915, 2008.

ABD-ELGAWAD, M. M. M. Optimizing Safe Approaches to Manage Plant-Parasitic Nematodes. **Plants**, v. 10, n. 9, p. 1911, 2021.

ABD-ELGAWAD, M. M. M. Plant-parasitic nematodes and their biocontrol agents: Current status and future vistas. *In: Management of Phytonematodes: Recent*

Advances and Future Challenges; ANSARI, R. A., RIZVI, R., MAHMOOD, I., (eds.), Springer Nature: Singapore, 2020; pp. 171–204.

ABD-ELGAWAD, M. M. M.; ASKARY, T. H. Fungal and bacterial nematicides in integrated nematode management strategies. **Egyptian journal of biological pest control**, v. 28, n. 1, p. 1-24, 2018.

ADNAN, M.; ISLAM, W.; SHABBIR, A.; KHAN, K. A.; GHRAH, H. A.; HUANG, Z.; LU, G. D. Plant defense against fungal pathogens by antagonistic fungi with *Trichoderma* in focus. **Microbial pathogenesis**, v. 129, p. 7-18, 2019.

AHMAD, G.; KHAN, A.; KHAN, A. A.; ALI, A.; MOHAMMAD, H. I. Biological control: a novel strategy for the control of the plant parasitic nematodes. **Antonie van Leeuwenhoek**, p. 1-28, 2021.

BAHETI, B. L.; BHATI, S. S. Estimation of losses caused by root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* in varied soil conditions on okra (*Abelmoschus esculentus* L.). **Current Nematology**, v. 28, n. 2, p. 201-207, 2017.

BALDONI, D. B.; ANTONIOLLI, Z. I.; MAZUTTI, M. A.; JACQUES, R. J. S.; DOTTO, A. C.; DE OLIVEIRA SILVEIRA, A.; DE SOUZA, A. R. C. Chitinase production by *Trichoderma koningiopsis* UFSMQ40 using solid state fermentation. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 51, n. 4, p. 1897-1908, 2020.

BENTTOUMI, N., COLAGIERO, M., SELLAMI, S., BOUREGHDA, H., KEDDAD, A., CIANCIO, A. Diversity of Nematode Microbial Antagonists from Algeria Shows Occurrence of Nematotoxic *Trichoderma* spp. **Plants**, v. 9, n. 8, p. 941, 2020.

BLYUSS, K. B.; FATEHI, F.; TSYGANKOVA, V. A.; BILIAVSKA, L. O.; IUTYNSKA, G. O.; YEMETS, A. I.; BLUME, Y. B. RNAi-based biocontrol of wheat nematodes using natural poly-component biostimulants. **Frontiers in plant science**, v. 10, p. 483, 2019.

BRAHMA, U.; BORAH, A. Management of *Meloidogyne incognita* on pea with bioagents and organic amendment. **Indian Journal of Nematology**, v. 46, n. 1, p. 58-61, 2016.

CONFORT, P. M. S.; INOMOTO, M. M. *Pasteuria thornei*, a novel biological seed treatment for *Pratylenchus brachyurus* control in soybean. **Nematology**, v. 20, n. 6, p. 519-523, 2018.

COUTINHO, R. R.; PACHECO, P. V. M.; MONTEIRO, T. S. A.; BALBINO, H. M.; MOREIRA, B. C.; DE FREITAS, L. G. Root colonization and growth promotion of cover crops by *Pochonia chlamydosporia*. **Rhizosphere**, v. 20, p. 100432, 2021.

DAVIES, K. G. Understanding the Interaction Between an Obligate Hyperparasitic Bacterium, *Pasteuria penetrans* and its Obligate Plant-Parasitic Nematode Host, *Meloidogyne* spp. **Advances in parasitology**, v. 68, p. 211-245, 2009.

DAVIES, K. G.; OPPERMAN, C. H. A potential role for collagen in the attachment of *Pasteuria penetrans* to nematode cuticle. **IOBC WPRS Bulletin**, v. 29, n. 2, p. 11, 2006.

DAVIES, K. G.; ROWE, J.; MANZANILLA-LÓPEZ, R.; OPPERMAN, C. H. Re-evaluation of the life-cycle of the nematode-parasitic bacterium *Pasteuria penetrans* in root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp. **Nematology**, v. 13, n. 7, p. 825-835, 2011.

DEGENKOLB, T.; VILCINSKAS, A. Metabolites from nematophagous fungi and nematicidal natural products from fungi as alternatives for biological control. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 100, n. 9, p. 3813-3824, 2016.

DIAS, W.P.; GARCIA, A.; SILVA, J.F.V.; CARNEIRO, G. E. de S. Nematoides em Soja: Identificação e Controle. **EMBRAPA SOJA**. Circular técnica 76. ISSN 2176-2864. Londrina, 2010.

DONG, LQ; YANG, JK; ZHANG, KQ Cloning and phylogenetic analysis of the chitinase gene from the facultative pathogen *Paecilomyces lilacinus*. **Journal of applied microbiology**, v. 103, n. 6, p. 2476-2488, 2007.

GAJERA, H.; DOMADIYA, R.; PATEL, S.; KAPOPORA, M.; GOLAKIYA, B. Molecular mechanism of *Trichoderma* as bio-control agents against phytopathogen system—a review. **Current Research in Microbiology and Biotechnology**, v. 1, p. 133-142, 2013.

HOMTHONG, M.; KUBERA, A.; SRIHUTTAGUM, M.; HONGTRAKUL, V. Isolation and characterization of chitinase from soil fungi, *Paecilomyces* sp. panel. **Agriculture and Natural Resources**, 50, 232–242, 2016.

HOU, S., LIU, Z., AND WU, D. Damage-associated molecular pattern-triggered immunity in plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 646, 2019.

KENNEY, E.; ELEFThERIANOS, I. Entomopathogenic and plant pathogenic nematodes as opposing forces in agriculture. **International journal for parasitology**, v. 46, n. 1, p. 13-19, 2016.

KHAN, M. R.; SHARMA, R. K. Fusarium-nematode wilt disease complexes, etiology and mechanism of development. **Indian Phytopathology**, v. 73, p. 615-628, 2020.

KHAN, Z.; KIM, Y. H. A review on the role of predatory soil nematodes in the biological control of plant parasitic nematodes. **Applied Soil Ecology**, v. 35, p. 370–379, 2007.

KUMAR, K. K.; DARA, S. K. Fungal and Bacterial Endophytes as Microbial Control Agents for Plant-Parasitic Nematodes. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 8, p. 4269, 2021.

LIU, C.; TIMPER, P.; JI, P.; MEKETE, T.; JOSEPH, S. Influence of root exudates and soil on attachment of *Pasteuria penetrans* to *Meloidogyne arenaria*. **Journal of Nematology**, v. 49, n. 3, p. 304, 2017.

MAZZUCHELLI, R. C. L.; MAZZUCHELLI, E. H. L.; DE ARAÚJO, F. F. Efficiency of *Bacillus subtilis* for root-knot and lesion nematodes management in sugarcane. **Biological Control**, v. 143, p. 104-185, 2020.

MHATRE, P. H. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A potential alternative tool for nematodes bio-control. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 17, p. 119-128, 2019.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Mercado de bio defensivos cresce mais de 70% no Brasil em um ano**. Acessado em: 08 nov. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/feffmercado-de-bio defensivos-cresce-em-mais-de-50-no-brasil>

MOHAMED, W. Z. W.; BAHARUM, A.; AHMAD, I.; ABDULLAH, I.; ZAKARIA, N. E. Effects of fiber size and fiber content on mechanical and physical properties of mengkuang reinforced thermoplastic natural rubber composites. **BioResources**, v. 13, n. 2, p. 2945-2959, 2018.

MUNAWAR, M.; KHAN, S.A.; JAVED, N.; HAQ, I.U.; GONDAL, A.S. Bio-management of tomato wilt complex caused by *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum* f.sp. lycopersici. **Nematology**, v. 17, p. 479–485, 2015.

NEIDIG, N.; PAUL, R. J.; SCHEU, S.; JOUSSET, A. Secondary metabolites of *Pseudomonas fluorescens* CHA0 drive complex non-trophic interactions with bacterivorous nematodes. **Microbial ecology**, v. 61, n. 4, p. 853-859, 2011.

NOEL, G. R.; ATIBALETJA, N.; BAUER, S. J. Suppression of *Heterodera glycines* in a soybean field artificially infested with *Pasteuria nishizawae*. **Nematropica**, p. 41-52, 2010.

NOVARETTI, W.; WRT, N.; MAC, M.; VSB, A. Tratamento químico visando o controle de nematoides em soja. **Nematologia Brasileira**, v. 5, n. 2, p. 247-255, 1982.

OLANREWAJU, O. S.; GLICK, B. R.; BABALOLA, O. O. Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 33, n. 11, p. 1-16, 2017.

PACHECO, P. V.; MONTEIRO, T. S.; COUTINHO, R. R.; BALBINO, H. M.; DE FREITAS, L. G. Fungal biocontrol reduces the populations of the lesion nematode, *Pratylenchus brachyurus*, in soybean and corn. **Nematology**, v. 1, p. 1-8, 2020.

PARIHAR, K.; REHMAN, B.; GANAI, M. A.; ASIF, M.; SIDDIQUI, M. A. Role of oil cakes and *Pochonia chlamydosporia* for the management of *Meloidogyne javanica* attacking *Solanum melongena* L. **Journal of Plant Pathology and Microbiology**, v. 1, 2015.

PINHEIRO, J. B., SILVA, G. O., PEREIRA, R. B. Nematoides na Cultura da Batata. EMBRAPA HORTALIÇAS. **Circular técnica** 143. ISSN 1415-3033. Brasília, 2015.

- POVEDA, J; ABRIL-URIAS, P; ESCOBAR, C. Biological control of plant-parasitic nematodes by filamentous fungi inducers of resistance: *Trichoderma*, mycorrhizal and endophytic fungi. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, p. 992, 2020.
- PUYAM, A. Advent of *Trichoderma* as a bio-control agent-a review. **Journal of Applied and Natural Science**, v. 8, n. 2, p. 1100-1109, 2016.
- RAI, N.; LIMBU, A. K.; JOSHI, A. Impact of *Trichoderma* sp. in Agriculture: A Mini-Review. **Journal of Biology and Today's World**, v. 9, n. 7, p. 1-5, 2020.
- RAMÍREZ-PRADO, J. S., ABULFARAJ, A. A., RAYAPURAM, N., BENHAMED, M., AND HIRT, H. Plant immunity: from signaling to epigenetic control of defense. **Trends in Plant Science**, v. 23, p. 833–844, 2018.
- SAHEBANI, N.; HADAVI, N. Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. **Soil biology and biochemistry**, v. 40, n. 8, p. 2016-2020, 2008.
- SHARON, E.; CHET, I.; SPIEGEL, Y. *Trichoderma* as a biological control agent. In: **Biological Control of Plant-Parasitic Nematodes**: Springer, Dordrecht, 2011. p. 183-201.
- SHIGENAGA, A. M., BERENS, M. L., TSUDA, K., AND ARGUESO, C. T. Towards engineering of hormonal crosstalk in plant immunity. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 38, p. 164–172, 2017.
- SIDDIQUI, Z. A. PGPR: prospective biocontrol agents of plant pathogens. In: **PGPR: biocontrol and biofertilization**. Springer, Dordrecht, 2005. p. 111-142.
- TERZIEV, V.; PETKOVA-GEORGIEVA, S. Human Health Problems and Classification of the Most Toxic Pesticides. **IJASOS-International E-Journal of Advances in Social Sciences**, v. 5, n. 15, 2019.
- VAGELAS, I. K., DENNETT, M. D., PEMBROKE, B., GOWEN, S. R. Adhering *Pasteuria penetrans* endospores affect movements of root-knot nematode juveniles. **Phytopathologia Mediterranea**, p. 618-624, 2012.
- VILJOEN, J. J.; LABUSCHAGNE, N.; FOURIE, H.; SIKORA, R. A. Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on tomatoes and carrots by plant growth-promoting rhizobacteria. **Tropical Plant Pathology**, v. 44, n. 3, p. 284-291, 2019.
- XIANG, N.; LAWRENCE, K.S.; DONALD, P.A. Biological control potential of plant growth-promoting rhizobacteria suppression of *Meloidogyne incognita* on cotton and *Heterodera glycines* on soybean: A review. **Journal of Phytopathology**, v. 166, p. 449–458, 2018.
- ZHAO, D.; ZHAO, H.; ZHAO, D.; ZHU, X.; WANG, Y.; DUAN, Y.; CHEN, L. Isolation and identification of bacteria from rhizosphere soil and their effect on plant

growth promotion and root-knot nematode disease. **Biological control**, v. 119, p. 12-19, 2018.

ZUCKERMAN, B. M.; ESNARD, J. Biological control of plant nematodes-current status and hypotheses. **Nematological Research** (Japanese Journal of Nematology), v. 24, n. 1, p. 1-13, 1994.

CAPÍTULO 2

EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DA AGRICULTURA NO BRASIL

TECHNOLOGICAL EVOLUTION OF AGRICULTURE IN BRAZIL

Sabrina Kelly dos Santos

Universidade Federal da Paraíba, Prog. de Pós-Graduação em Agronomia, Areia-PB

<https://orcid.org/0000-0001-8078-9678>

Daniel da Silva Gomes

Universidade Federal da Paraíba, Prog. de Pós-Graduação em Ciências Agrárias

(Agroecologia), Bananeiras-PB

<https://orcid.org/0000-0002-7293-7762>

Resumo

A agricultura é umas das atividades mais antigas da humanidade, tendo como objetivo principal a produção de vegetais para consumo humano e animal, e desde seu surgimento, tem passado por mudanças constantes visando aumentar a produtividade das culturas. No Brasil, a modernização da agricultura foi induzida pelo processo de industrialização estimulado pela política econômica entre 1950 e 1970. Desta forma, este trabalho objetivou mostrar a evolução tecnológica da área agrícola no Brasil. Esta pesquisa baseou-se em revisões de literatura sobre a evolução tecnológica da agricultura no Brasil e no mundo. Os avanços da agricultura foram classificados em quatro fases, sendo Agricultura 1.0, tendo como tecnologia o desenvolvimento e utilização de equipamentos de tração animal; Agricultura 2.0, caracterizada pelo desenvolvimento e utilização de máquinas com motor a combustão; Agricultura 3.0, tendo como tecnologias o GPS, sensoriamento remoto, geoprocessamento, tornando possível a aplicação de insumos em taxa variável, e por fim, Agricultura 4.0, que trouxe consigo a conectividade das fazendas, das lavouras e dos animais, uso de drones em larga escala, criando a chamada agricultura digital. Desta forma, a agricultura, desde sua existência, passou por transformação visando o aumento da produtividade adotando novas técnicas e tecnologias através da utilização de GPS, robótica e softwares. Cada fase que a agricultura passou a implementar tecnologias que foram determinantes no avanço técnico e tecnológico da agricultura.

Palavras-Chave: agricultura digital, sensoriamento remoto, geoprocessamento

Abstract

Agriculture is one of the oldest activities of humanity, having as its main objective the production of vegetables for human and animal consumption, and since its emergence, it has undergone constant changes in order to increase crop productivity. In Brazil, the modernization of agriculture was induced by the industrialization process stimulated by the economic policy between 1950 and 1970. Thus, this work aimed to show the technological evolution of the agricultural area in Brazil. This research was based on literature reviews on the technological evolution of agriculture in Brazil and worldwide. Advances in agriculture were classified into four phases, with Agriculture 1.0, having as technology the development and use of animal traction equipment; Agriculture 2.0, characterized by the development and use of combustion engine machines; Agriculture 3.0, with GPS, remote sensing, geoprocessing as technologies, making it possible to apply inputs at a variable rate, and finally, Agriculture 4.0, which brought with it the connectivity of farms, crops and animals, widespread use of drones scale, creating the so-called digital agriculture. Thus, agriculture, since its existence, has undergone transformation aiming at increasing productivity by adopting new techniques and technologies through the use of GPS, robotics and software. Every phase that

agriculture started to implement technologies that were decisive in the technical and technological advancement of agriculture.

Keywords: digital agriculture, remote sensing, geoprocessing

Introdução

A agricultura é uma atividade que tem como objetivo cultivar vegetais para consumo humano e animal. Segundo Castanho *et al.* (2017) a agricultura é a arte de cultivar os campos, mas também representa à questão do trabalho e as técnicas utilizadas para a obtenção dos produtos agrícolas. Desde o seu surgimento, a agricultura está em constante mudança, visando melhorias nas produções das diferentes culturas e buscando atender as necessidades do homem.

O Sistema de cultivo de alimento iniciou-se quando o homem se deparou com a necessidade de se estabelecer na terra, sendo necessário desenvolver uma nova condição de obtenção de alimentos, que não fosse apenas fornecido de uma forma espontânea pela natureza, mas sim, cultivado (MAZOYER e ROUDART, 2010; CASTANHO *et al.* 2017), e através deste processo de evolução da agricultura o homem deixou de ser nômade.

A modernização da agricultura brasileira foi induzida pelo processo de industrialização do país, isto é, pela política econômica do governo entre 1950 e 1970, o que favoreceu a indústria em detrimento da agricultura, reforçando o poder das cidades e acelerando do êxodo rural, e assim, a industrialização do Brasil proporcionou o desenvolvimento de uma economia diversificada e urbana (ALVES *et al.*, 2005). Segundo dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), em 2020, o valor da produção agrícola do país atingiu R\$ 470,5 bilhões, 30,4% maior que em 2019 e a área plantada totalizou 83,4 milhões de hectares, 2,7% superior à do ano anterior. A produção de cereais, leguminosas e oleaginosas chegou a 255,4 milhões de toneladas, 5,0% maior que a de 2019.

Para Bustos *et al.* (2016) novas tecnologias agrícolas no Brasil, como a adoção de sementes de soja geneticamente modificadas, que proporciona menos trabalho por unidade de terra para produzir a mesma produção, e a introdução de uma segunda safra de milho (milho safrinha), que permite cultivar duas safras por ano, aumentando efetivamente a dotação de terra, permitiram mudanças técnicas na agricultura. Além destas novas tecnologias, outras surgiram e se tornaram cada vez mais úteis, a fim de se

obter melhores resultados de produção, como por exemplo a agricultura de precisão, o que inclui o uso do geoprocessamento, e a agricultura digital.

Como qualquer atividade econômica, a agricultura também teve que se adaptar às condições externas, e como parte desta adaptação a agricultura de precisão foi criada e disseminada. A agricultura de precisão começou a ser implementada no início da década de 1990 propositadamente para aumentar a lucratividade e reduzir o impacto ambiental (WALTER *et al.*, 2017). Esta nova forma de condução foi uma oportunidade para a agricultura se tornar um ambiente moderno e eficiente devido a combinação de tecnologia (KLEPACKI, 2020). Esse sistema de agricultura faz uso de várias tecnologias, como por exemplo, o geoprocessamento, o GPS (Global Positioning System) e o sensoriamento remoto.

A agricultura digital, também conhecida como Agricultura 4.0 (Agro 4.0), faz referência à Indústria 4.0, e utiliza métodos computacionais de alto desempenho. Conforme Basso e Antle (2020) a agricultura digital (DA) trata-se de um conjunto de tecnologias de informação geoespacial que integra sensores, análises e automação para monitorar, avaliar e gerenciar solo, recursos climáticos e genéticos no campo.

Atualmente há necessidade de que os setores agrícolas sejam inteligentes, e para isso, é preciso que a agricultura esteja munida de ferramentas e técnicas inovadoras, em especial, as tecnologias digitais, proporcionando o aumento da produção e produtividade a um custo executável e sustentável, o que inclui a agricultura digital e de precisão, softwares, robótica agrícola. Desta forma, este trabalho tem como objetivo mostrar a evolução tecnológica da área agrícola no Brasil.

Metodologia

Este trabalho baseia-se na metodologia sistemática de revisão de literatura narrativa e atual a respeito transformações e evolução da agricultura no Brasil e no mundo, o impacto que essas transformações trouxeram para economia e os benefícios e malefícios das novas tecnologias empregadas no setor agrícola.

A pesquisa bibliográfica foi realizada a partir do levantamento de referências teóricas publicadas por meios das plataformas: Scientific Electronic Library Online (SciELO), Google acadêmico, Pubmed/NCBI. Foram utilizados os seguintes descritores: “precision agriculture”, “digital agriculture” “geoprocessing”, “remote sensing” “evolution of agriculture”, entre outros.

Os critérios de inclusão estabelecidos foram artigos que apresentaram estruturas textuais completas disponíveis na plataforma de pesquisa que atendiam o objetivo proposto pelo trabalho.

Resultados e Discussão

Os avanços da agricultura podem ser classificados em quatro fases, sendo elas a Agricultura 1.0 - Tração animal; Agricultura 2.0 - Tração com motor a combustão; Agricultura 3.0 - Sistemas guiados e Agricultura de Precisão; e Agricultura 4.0 - (Agricultura Digital) - Fazendas Conectadas, onde cada uma delas possuem características particulares que estão apresentadas de forma resumida na figura abaixo e de forma detalhada nos tópicos seguintes.

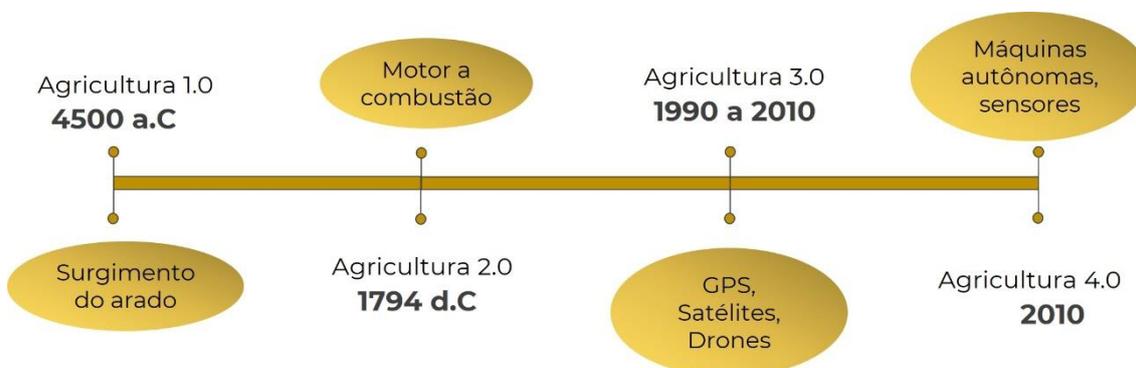


Figura 1. Evolução da agricultura.

Agricultura 1.0 – Mecanização: Tração animal

Mais conhecida como agricultura tradicional, a Agricultura 1.0 se caracteriza pelo desenvolvimento e utilização de equipamentos rudimentares como o arado de lâmina construído com madeira, uso de tração animal, baixo uso da tecnologia, baixa produtividade e produção agrícola de subsistência (SANTOS *et al.*, 2019). Este tipo de agricultura é utilizada por pequenos produtores, seja por questões culturais ou pela dificuldade de acesso as novas tecnologias, já que muitas delas são onerosas.

Agricultura 2.0 – Mecanização: Tração com motor a combustão

A Agricultura 2.0 teve início a partir do surgimento das máquinas com motor a combustão, que passaram a substituir a os equipamentos de tração animal. Esta fase a agricultura teve início após um dos marcos para a agricultura, que foi a chamada revolução verde, onde os sistemas de produção agropecuários sofreram grandes

transformações com a introdução de novas tecnologias de fertilização, correção da acidez do solo, irrigação, uso de pesticidas, novas cultivares, mecanização e outras tecnologias (TILMAN *et al.*, 2002). Conforme Santos (2019) nesta fase teve início a utilização de insumos, produção em larga escala e exportação dos produtos.

Agricultura 3.0 – Sistemas guiados e Agricultura de Precisão

Chamada de agricultura de precisão, a Agricultura 3.0 surgiu entre os anos de 1990 e 2010. Esta fase foi marcada pelo início da utilização do GPS na detecção da variação da produção dentro de um mesmo espaço produtivo, permitindo uma aplicação racional dos insumos (MIRANDA *et al.*, 2017). A agricultura de precisão se caracteriza por coletar informações da superfície terrestre através de um sensor remoto, com as radiações eletromagnéticas incidentes, que, junto com um software específico, é possível desenvolver cartas temáticas para um aproveitamento agrícola eficiente (REGHINI e CAVICHIOLI, 2020).

O GPS é uma das principais geotecnologias utilizadas na agricultura de precisão. De acordo com a Embrapa (2014) a geotecnologia se caracteriza por ser um conjunto de técnicas formadas por hardware (satélites, câmeras, computadores, GPS) e softwares capazes de armazenar e manipular informações, já o sensoriamento remoto trata-se da obtenção de informações por meio da análise de dados adquiridos por sensores remotos, exemplo dos satélites e aviões, drones. Esses sensores coletam energia de um dado objeto e converte em sinal apto a ser registrado, e assim é possível obter informações sobre ele.

A agricultura 3.0 foi responsável por viabilizar a utilização de tecnologias existentes e o surgimento de novas tecnologias, visando o aumento da produtividade e a redução dos custos a partir da redução da utilização de insumos e otimização da irrigação. Nesta perspectiva o geoprocessamento passou a ser utilizado como auxílio na tomada de decisões (MIRANDA *et al.*, 2017).

Agricultura de Precisão

Nos dias atuais, inovar é a palavra-chave para o desenvolvimento econômico, aumento da produtividade e competitividade do mercado nacional e global, de modo especial no setor agrícola, onde novas tecnologias têm permitido incremento da produção de forma sustentável. A agricultura do futuro, que inclui a agricultura de precisão e agricultura digital, surgiu na tentativa de incrementar a produtividade, extraindo o máximo de valor de cada etapa do ciclo de produção (BASSOI *et al.*, 2019) para enfrentar

o desafio de produzir alimentos de forma sustentável e atender às demandas crescentes da população, com previsão de crescimento de mais 2 bilhões até 2050 (UNITED NATIONS, 2019).

Agricultura de precisão, como o nome já sugere, trata-se do monitoramento das atividades agrícolas de forma mais precisa, através do uso de tecnologias. A AP é uma prática agrícola, que faz uso de tecnologia de informação baseada no princípio da variabilidade espacial e temporal, e é uma importante ferramenta para utilização eficiente dos recursos naturais e insumos agrícolas (ARTUZO *et al.*, 2017), sendo compreendida como um ciclo que tem início na coleta dos dados e posterior análises e interpretação dessas informações, geração das recomendações, aplicação no campo e avaliação dos resultados (GEBERS e ADAMCHUK, 2010).

No entanto, a utilização desta técnica ainda tem se restringido as grandes propriedades, pois sua utilização é onerosa. Para Basso e Antle (2020) os benefícios acarretados pela utilização das tecnologias são maiores em fazendas de grande porte, pois podem distribuir os custos fixos, e assim reduzir os custos de mão de obra por meio da automação.

Geoprocessamento

Os avanços das transformações tecnológicas, fizeram com que as organizações alterassem seu ambiente em diversos níveis, o que resultou em uma reestruturação dos sistemas de gestão adotados e análise da necessidade de utilização de tecnologias processuais (AUGUSTO *et al.*, 2012). Por muitos anos, a agricultura tradicional lidou com o manejo de culturas de modo desgastante, no entanto, a partir da utilização de novas tecnologias, como o uso de dados georreferenciados, concomitante ao armazenamento de informações em bancos de dados, foi possível realizar comparações precisas com dados anteriores e com o histórico da área analisada (REGHINI e CAVICHIOLI, 2020), permitindo a otimização nos processos produtivos das culturas.

Uma das técnicas que evoluiu na agricultura foi a geotecnologia, que faz uso de imagens obtidas por sensores orbitais, que abrange o espectro visível e invisível ao olho humano (GOMES *et al.*, 2021). Reghini e Cavichioli, 2020 definem geoprocessamento como um conjunto de tecnologias destinadas a coletar e tratar dados espaciais com um objetivo específico, e as atividades que envolvem o geoprocessamento são executadas pelos SIG sendo possível criar abstrações digitais do real, manejar e armazenar eficientemente dados, identificando o melhor relacionamento entre as variáveis espaciais

e possibilita a criação de relatórios e mapas para a compreensão desses relacionamentos. Fazem parte da geotecnologia o Processamento Digital de Imagens (PDI), a geoestatística e os SIG (Sistemas de Informações Geográficas).

O geoprocessamento junto com outras técnicas de mapeamento, como a topografia convencional, imagens de satélite, GPS, entre outras, é possível adquirir mapas temáticos e quantificar áreas de agricultura, pastagem, campo nativo, reflorestamentos e florestamentos, florestas nativas, fruticultura, áreas sujeitas a alagamento, açudes, barragens, áreas erodidas ou em processos, bem como outras formas de utilização (MOTTA e WATZLAWICK, 2000).

Agricultura 4.0 (Agricultura Digital) – Fazendas Conectadas

A Agricultura 4.0 surgiu a partir de 2010, incrementando as tecnologias da agricultura de precisão com conectividade e automação, utilizando veículos e máquinas autônomas, drones, sensores implantados em animais para alimentar uma central que processa os dados, permitindo assim uma tomada eficiente de decisões, conhecida como agricultura digital (MASSRUHÁ, 2016). Esse sistema de agricultura auxilia os produtores na tomada de decisões gerenciais no manejo das culturas, levando em conta a variabilidade espacial e temporal da lavoura para obter máximo retorno econômico e reduzir o impacto ambiental (INAMASU *et al.*, 2011).

O processo de produção deve integrar conhecimentos agronômicos, grandes bases de dados agrícolas (Big Data), tecnologias inovadoras de sensores, satélites, veículos aéreos não tripulados, máquinas e robôs autônomos, softwares e plataformas em nuvens (em geral, a disponibilidade de recursos computacionais, especialmente armazenamento e processamento, que dispensa o gerenciamento ativo direto do usuário final) (BASSOI *et al.*, 2019). A agricultura digital vai mais além da agricultura de precisão, pois estabelece as ações de gerenciamento, não apenas com base na localização do campo, mas também nos dados armazenados alimentado em tempo real (WOLFERT *et al.*, 2014).

Em uma entrevista com produtores rurais de diferentes setores produtivos, empresários e prestadores de agricultura digital no Brasil, realizada pela Embrapa Instrumentação (2020), foi obtido que 84% dos entrevistados utilizam ao menos uma tecnologia digital em seu processo produtivo, onde 70,4% faz uso da internet para atividades gerais ligadas à produção, 57,5% utilizam aplicativos de celular ou programa de computador para obtenção ou divulgação de informações da propriedade e produção (Figura 2). E as principais funções das tecnologias digitais utilizadas pelos agricultores

são a obtenção de informações e planejamento das atividades da propriedade (66,1%), gestão de propriedade rural (43,3%), compra e venda de insumos, de produtos e da produção (40,5%), mapeamento e planejamento do uso da terra (32,7%) e a previsão de riscos climáticos (30,2) (Figura 3).

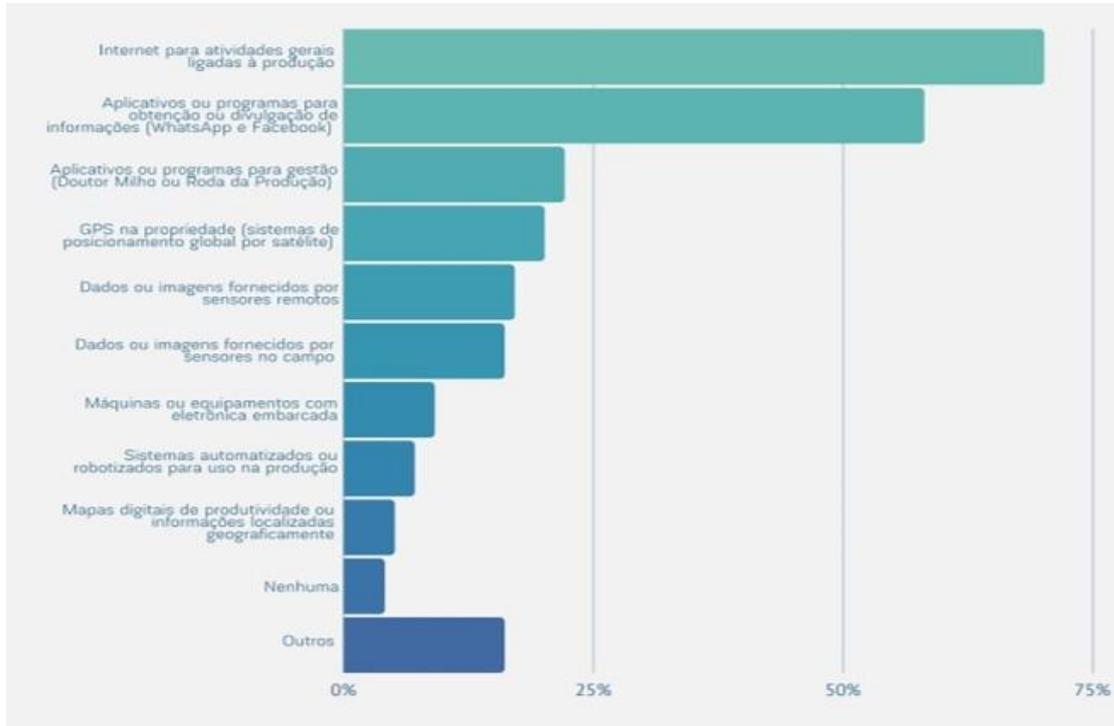


Figura 2. Uso de tecnologias digitais pelos produtores. Fonte: Embrapa (2020).

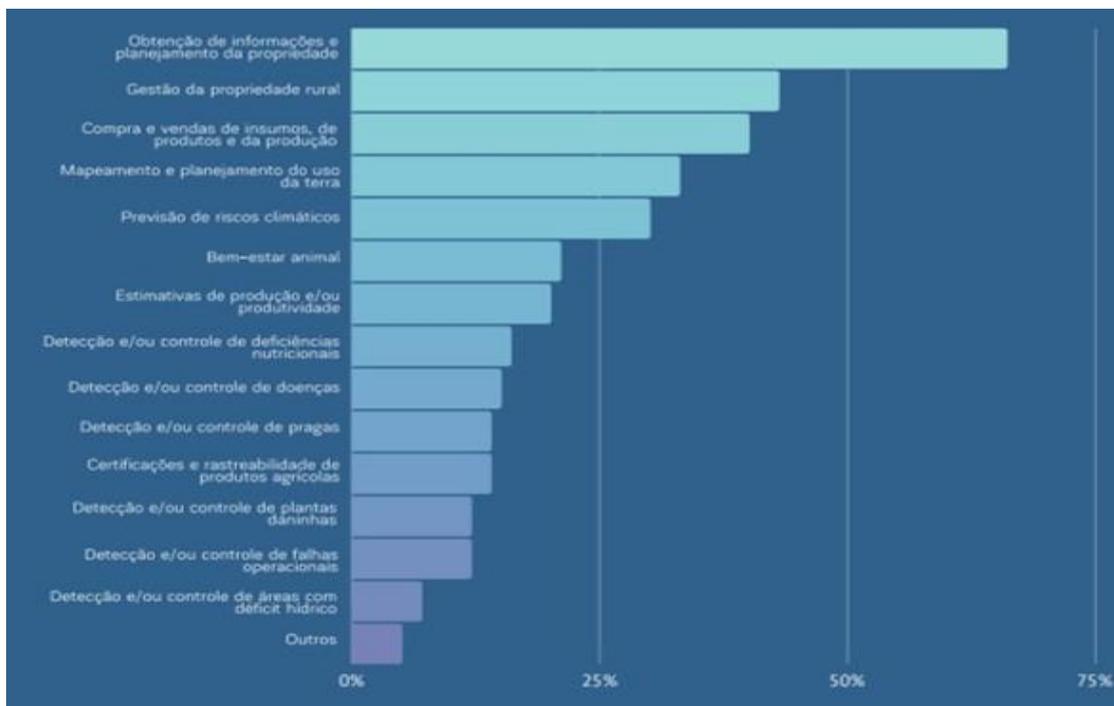


Figura 3. Principais funções das tecnologias na agricultura digital. Fonte: Embrapa (2020).

Vantagens e desvantagens das tecnologias na agricultura

Abaixo está elencado algumas das principais vantagens e desvantagens do uso de tecnologias na agricultura.

Vantagens:

- Aumenta a produtividade, pois auxilia o agricultor obter um melhor aproveitamento do solo e dos insumos, com menos recursos e maior qualidade, além disto, através dos dados fornecidos, o produtor consegue conhecer as particularidades da lavoura de forma mais exata, permitindo que a tomada de decisões seja mais fácil e eficiente.

- Otimização das atividades agrícolas nos processos que vão do plantio à colheita, pois ao conhecer os principais dados relacionados a área e as maquinarias, os produtores podem monitorar todos os processos, impedindo que ocorra repetição de aplicação de insumos, desperdício de água, entre outros pontos, evitando assim, custos desnecessários.

-Redução de custos;

Desvantagens:

- Alguns equipamentos necessitam de conexão de internet, o que pode ser um problema em algumas propriedades;

- O investimento muitas vezes é oneroso, o que reflete nos custos de produção;

- Falta de capacitação dos profissionais e mão de obra qualificada, pois muitas vezes a interpretação dos dados pode ser complexa, como foi relatada Basso e Antle (2020). Os autores citam que os desenvolvedores de algoritmos carecem de dados e ferramentas computacionais necessárias para converter informações geoespaciais complexas, visto que a interpretação errada e o uso indevido de dados ocasionam em negativas consequência.

Considerações finais

A agricultura, desde sua existência, passou por transformações a fim de obter bons resultados de produção e produtividade. Para acompanhar o desenvolvimento econômico, o setor agrícola teve que adotar o uso de novas técnicas e tecnologias como o GPS, robótica, softwares, entre outros.

As inovações tecnológicas nas diferentes fases de agricultura foram de suma importância e determinantes para fazer com que a agricultura chegasse ao patamar que se encontra hoje.

Referências

ALVES E.; CONTINI, E.; HAINZELIN, E. Transformações da agricultura brasileira e pesquisa agropecuária. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 22, n. 1, p. 37-51, 2005.

ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; SILVA, L. X. Agricultura de precisão: inovação para a produção mundial de alimentos e otimização de insumos agrícolas. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 13, n. 29, p. 146-161, 2017.

AUGUSTO, C. A.; TAKAHASHI, L. Y.; SACHUK, M. Y. A influência da inovação tecnológica na competitividade e nas relações de trabalho em usinas de açúcar e álcool paranaenses. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 14, n. 1, p. 1-14, 2012.

BASSO, B.; ANTLE, J. Digital agriculture to design sustainable agricultural systems. **Nature Sustainability**, v. 3, n. 4, p. 254-256, 2020.

BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. D. C.; VAZ, C. M. P.; SPERANZA, E. A.; CRUVINEL, P. E. Agricultura de precisão e agricultura digital. **Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, n. 20, p. 17-36, 2019.

BUSTOS, P.; CAPRETTINI, B.; PONTICELLI, J. Agricultural productivity and structural transformation: Evidence from Brazil. **American Economic Review**, v. 106, n. 6, p. 1320-65, 2016.

CASTANHO, R. B.; TEIXEIRA, M. E. S. A evolução da agricultura no mundo: da gênese até os dias atuais. **Brazilian Geographical Journal**, v. 8, n. 1, p. 136-146, 2017.

EMBRAPA. **Agropecuária, Geotecnologias e Geoinformação: O produtor pergunta, a Embrapa responde. 2014**. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/107363/1/500P-Geotecnologias-e-geoinformacao-ed01-2014.pdf>>. Acesso em: 10 out 2021

EMBRAPA. **Agricultura Digital no Brasil – Tendências, Desafios e Oportunidades. 2020**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1127064/agricultura-digital-no-brasil-tendencias-desafios-e-oportunidades-resultados-de-pesquisa-online>>. Acesso em: 10 out 2021

GEBERS R., VIACHESLAV A. 2010. Precision agriculture and food security. **Science**, v. 327, n. 5967, p. 828-831, 2010.

GOMES, D.S.; SANTOS, S. K.; SILVA, J. H. C. S.; SANTOS, T.M.; SILVA, E. V.; BARBOSA, A.S. CO₂flux e temperatura da superfície edáfica em áreas de caatinga. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 04, p. 1898-1908, 2021.

INAMASU, R. Y. *et al.* Agricultura de precisão para a sustentabilidade de sistemas produtivos do agronegócio brasileiro. In: Inamasu, R.Y. *et al.* **Agricultura de precisão: um novo olhar**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011, p. 14-26.

KLEPACKI, B. Precision farming as an element of the 4.0 industry economy. **Annals of the Polish Association of Agricultural and Agrobusiness Economists**, v. 22, n. 3, p. 119-128, 2020.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. A. Agricultura digital. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 2, n. 1, p. 72-88, 2016.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo do neolítico à crise contemporânea**. São Paulo: Unesp, 2010. 569p.

IRANDA, A. C. C.; VERÍSSIMO, A. M.; CEOLIN, A. C. Agricultura de Precisão: Um mapeamento da base da Scielo. **Revista Eletrônica de Gestão Organizacional**, v. 15, p. 129-137. 2017.

MOTTA, J. L. G.; WATZLAWICK, L. F. **A importância do Geoprocessamento no Planejamento Rural. MundoGEO, 2000**. Disponível em: <<https://mundogeo.com/2000/02/02/a-importancia-do-geoprocessamento-no-planejamento-rural>>. Acesso em: 10 out 2021.

REGHINI, F. L.; CAVICHIOLI, F. A. Utilização de geoprocessamento na agricultura de precisão. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 1, p. 329-339, 2020.

SANTOS, A. O.; CAVICHIOLI, F. A.; SOARES, N. M.; CLAUDINO, T. S. Agricultura 4.0. **Revista Pesquisa e Ação**, v. 5, n. 4, p. 122-131, 2019.

SANTOS, R. F. O crédito rural na modernização da agricultura brasileira. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 26, n. 4, p. 393-404, 2019.

TILMAN, D.; CASSMAN, K. G.; MATSON, P. A.; NAYLOR, R.; POLASKY, S. Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, v. 418, p. 671-677, 2002.

UNITED NATIONS. 2019. **Growing at a slower pace, world population is expected to reach 9.7 billion in 2050 and could peak at nearly 11 billion around 2010**. Disponível em: < <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2019.html> >. Acesso em 07 Out 2021.

WALTER, A.; FINGER, R.; HUBER, R.; BUCHMANN, N. Smart farming is key to developing sustainable agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 114, n. 24, p. 6148-6150, 2017.

WOLFERT, S.; GOENSE, D.; SØRENSEN, C. A. G. A Future Internet Collaboration Platform for Safe and Healthy Food from Farm to Fork. In Proceedings of the 2014 Annual SRII Global Conference, San Jose, CA, USA, 23–25 April 2014; pp. 266–273.

CAPÍTULO 3

MANEJO AGRÍCOLA DA BIODIVERSIDADE VEGETAL NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

AGRICULTURAL MANAGEMENT OF PLANT BIODIVERSITY IN THE BRAZILIAN SEMIARID

Caio Henrique Nobre da Silva

Universidade Estadual da Paraíba, Departamento de Agroecologia e Agropecuária,

Lagoa Seca-PB

<http://lattes.cnpq.br/0530028010258149>

Semirames do Nascimento Silva

Universidade Estadual da Paraíba, Departamento de Ciências Agrárias e Agroecologia,

Lagoa Seca-PB

<http://lattes.cnpq.br/7040371743984962>

Carlos Alberto Lins Cassimiro

Instituto Nacional do Semiárido (INSA), Campina Grande-PB

<http://lattes.cnpq.br/5925647884672173>

Leonardo Afonso Pereira da Silva Filho

Universidade Estadual da Paraíba, Departamento de Agroecologia e Agropecuária,

Lagoa Seca-PB

<http://lattes.cnpq.br/6288366170991271>

Luís Paulo Firmino Romão da Silva

Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Agrícola,

Campina Grande-PB

<http://lattes.cnpq.br/2233147510594978>

Resumo

A biodiversidade brasileira apresenta exclusividades, dentre elas, a presença de um bioma inteiramente restrito ao território nacional, a Caatinga, constituída de um complexo vegetal muito rico em espécies lenhosas e herbáceas, caducifólias e anuais. A biodiversidade da Caatinga tem grande potencial para ser explorada de forma sustentável, ampliando a sua contribuição para o desenvolvimento econômico, ambiental e social do semiárido nordestino. Dado o exposto, tem-se como apresentar as atividades técnicas realizadas durante o estágio supervisionado obrigatório do curso Técnico em Agropecuária no Núcleo de Biodiversidade Vegetal do Instituto Nacional do Semiárido – INSA contribuindo com a conservação da biodiversidade vegetal no semiárido brasileiro. As atividades foram realizadas no período de 09 de agosto a 8 de outubro de 2021, no Núcleo de Biodiversidade Vegetal do Instituto Nacional do Semiárido – INSA.

As atividades desenvolvidas constaram da produção de adubo por meio da compostagem para adubação de plantas na casa de vegetação e no campo experimental; condução de experimentos para quebra de dormência em sementes de maniçoba; produção de mudas de mutre por estacas para finalidade apícola; manejo e implantação de áreas para fins apícolas e manutenção do Cactário Guimarães Duque por meio do manejo agrícola (irrigação, adubação, propagação, controle de pragas e doenças), conservação e limpeza da estrutura física do cactário, bem como do seu entorno (coleções expositiva e científica, mantidas dentro do cactário, no campo e nas jardineiras próximas). O manejo agrícola adotado com aplicação de tratamentos culturais visando à manutenção do cactário é essencial para que as plantas se desenvolvam e assim seja possível conservar as espécies de importância para o bioma Caatinga.

Palavras-Chave: caatinga. conservação. plantas. produção vegetal.

Abstract

The Brazilian biodiversity presents unique features, among them, the presence of a biome entirely restricted to the national territory, the Caatinga, consisting of a plant complex very rich in woody and herbaceous, deciduous and annual species. The biodiversity of the Caatinga has great potential to be explored in a sustainable way, increasing its contribution to the economic, environmental and social development of the semi-arid northeastern region. Given the above, we present the technical activities performed during the mandatory supervised internship of the Technical Course in Animal Husbandry at the Plant Biodiversity Center of the National Institute of the Semi-arid - INSA, contributing to the conservation of plant biodiversity in the Brazilian semi-arid region. The activities were carried out in the period from August 09 to October 08, 2021, at the Plant Biodiversity Center of the National Institute of the Semi-arid - INSA. The developed activities consisted of the production of fertilizer through composting for fertilizing plants in the greenhouse and in the experimental field; conducting experiments for breaking dormancy in manioc seeds; production of mutre seedlings by cuttings for beekeeping purposes; management and implementation of areas for beekeeping purposes and maintenance of the Guimarães Duque Cactarium through agricultural management (irrigation, fertilization, propagation, pest and disease control), conservation and cleaning of the physical structure of the cactarium, as well as its surroundings (scientific and exhibition collections, kept inside the cactarium, in the field and in the planters nearby). The agricultural management adopted with the application of cultural treatments aimed at maintaining the cactarium is essential for the plants to develop and thus it is possible to conserve the species of importance to the Caatinga biome.

Keywords: caatinga. conservation. plants. vegetal production.

Introdução

A biodiversidade brasileira é considerada como uma das maiores do planeta devido, principalmente, a sua variedade de biomas que reflete a enorme riqueza da fauna e flora. Estes apresentam peculiaridades que definem e distinguem cada bioma. Neste caso, é fundamental entender o funcionamento de cada um para que a diversidade biológica seja preservada. Nesse sentido, mudar a percepção sobre a conservação dos ecossistemas brasileiros torna-se essencial e só é possível por meio da disseminação de conhecimento (PEIXOTO; LUZ; BRITO, 2016).

Além de rica, a biodiversidade brasileira apresenta exclusividades, dentre elas, a presença de um bioma inteiramente restrito ao território nacional, a Caatinga. É um bioma que se concentra na região Nordeste do Brasil, ocupando cerca de 13% do território nacional. Botanicamente, a caatinga constitui um complexo vegetal muito rico em espécies lenhosas e herbáceas, caducifólias e anuais. Esse ecossistema é muito importante do ponto de vista biológico, por ser de distribuição totalmente brasileira. As regiões deste bioma no Nordeste abrangem diferentes domínios, caracterizados por padrões

morfoclimáticos distintos identificados pelo volume e variabilidade das chuvas, maior ou menor fertilidade dos solos, tipos de rochas e o relevo do terreno (VILELA; CALEGARO; FERNANDES, 2019).

O bioma Caatinga possui uma grande variedade de espécies em sua fauna e flora, tais recursos têm grande potencial para ser explorado, ampliando a sua contribuição para o desenvolvimento econômico e social da região Nordeste, não só por meio do fornecimento de energia, como também de outros bens e serviços fundamentais para a melhoria da qualidade de vida da população. Todavia, a biodiversidade da Caatinga vem reduzindo gradualmente, especialmente devido ao uso inapropriado dos recursos naturais (ALVES; SILVA; VASCONCELOS, 2009).

Com o intuito de proporcionar um novo olhar para este ambiente, torna-se fundamental a introdução de novos conceitos. O desenvolvimento sustentável surge como um modelo que possibilita conciliar a relação do ser humano com a natureza e as relações desses entre si (CAMARGO, 2003). Logo, o desenvolvimento sustentável busca atuar em várias esferas, como a econômica, social e ambiental, buscando novas práticas de manejo que otimizem a relação dos seres humanos com a natureza e assim proporcionar uma fonte de renda para o produtor rural (MENEZES; SOUZA, 2011).

O Técnico em Agropecuária exerce papel fundamental nesse sentido, pois atua prestando assistência, orientando diretamente produtores sobre o manejo sustentável da produção vegetal, analisando as características econômicas, sociais e ambientais, de forma sistemática para atender às necessidades de organização e produção dos diversos segmentos da agropecuária, visando à qualidade e à sustentabilidade ambiental. E para adquirir essas competências e habilidades profissionais, complementarmente, a teoria obtida nas aulas, o estudante do curso Técnico em Agropecuária deve realizar o estágio supervisionado, sendo etapa imprescindível para esse processo de aprendizagem e formação.

Em virtude do exposto anteriormente, o presente relatório de estágio apresenta as atividades técnicas realizadas durante o estágio supervisionado obrigatório do curso Técnico em Agropecuária da Universidade Estadual da Paraíba Campus II no Núcleo de Biodiversidade Vegetal do Instituto Nacional do Semiárido – INSA, instituição essa que tem contribuído para o desenvolvimento sustentável do semiárido ao promover o desenvolvimento científico e tecnológico e a integração dos polos socioeconômicos e ecossistemas estratégicos da região do semiárido brasileiro, bem como realizando,

executando e divulgando estudos e pesquisas na área de desenvolvimento científico e tecnológico para o fortalecimento do desenvolvimento sustentável da região.

Portanto, teve-se como objetivo apresentar atividades técnicas realizadas durante o estágio supervisionado obrigatório do curso Técnico em Agropecuária no Núcleo de Biodiversidade Vegetal do Instituto Nacional do Semiárido – INSA contribuindo com a conservação da biodiversidade vegetal no semiárido brasileiro.

Metodologia

Local de realização

O trabalho foi realizado no período de 09 de agosto a 8 de outubro de 2021, no Núcleo de Biodiversidade Vegetal do Instituto Nacional do Semiárido – INSA, totalizando 200 h (Figura 1). As atividades técnicas desenvolvidas constaram da produção de adubo por meio da compostagem para adubação de plantas na casa de vegetação e no campo experimental; manejo e implantação de áreas para fins apícolas; condução de experimentos para quebra de dormência em sementes de maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii*); produção de mudas de mutre (*Aloysia virgata*) por estacas para finalidade apícola, implantação de canteiros econômicos e manutenção do Cactário Guimarães Duque por meio do manejo agrícola (irrigação, adubação, propagação, controle de pragas e doenças), conservação e limpeza da estrutura física do cactário, bem como do seu entorno (coleções expositiva e científica, mantidas dentro do cactário, no campo e nas jardineiras próximas).



Figura 1: Instituto Nacional do Semiárido – INSA. Fonte: INSA (2021).

Em relação ao atual cenário de pandemia da COVID-19, foram tomadas todas as medidas de segurança como o uso de máscaras, álcool em gel e distanciamento, respeitando os protocolos de segurança do INSA e da UEPB. Além de todos esses cuidados, o estágio só foi iniciado após a primeira dose da vacina.

Resultados e Discussão

Produção de adubo por meio da compostagem

A compostagem é um processo biológico que consiste em dar novas finalidades aos resíduos orgânicos que iriam ser descartados. Nesse processo, organismos transformam restos de materiais, em húmus contribuindo para a preservação do meio ambiente, além de auxiliar em processos agrícolas (PEREIRA NETO, 1996).

Considerando a importância da compostagem na produção vegetal, em agosto de 2021, foi confeccionada uma composteira, com o intuito de utilizar o composto final como substrato para a manutenção das plantas do cactário e em campo, e para a produção de mudas. Foram utilizados como materiais o esterco de ovino proveniente do núcleo de produção animal, solo e matéria orgânica (restos vegetais: palhada, folhas, capim) disponíveis no INSA (Figura 2).



Figura 2: Coleta de materiais para compostagem. Fonte: Autoria própria (2021).

A composteira foi confeccionada na área destinada para a implantação de plantas para fins apícolas, foi aberta uma vala no solo e o material foi depositado em camadas,

seguinto a esta ordem: esterco de ovino, matéria orgânica, solo e água, conforme a Figura 3.



Figura 3: A) esterco ovino; B) matéria orgânica e C) solo e rega. Fonte: Autoria própria (2021).

O material foi depositado em camadas e no final do processo, a composteira foi coberta por uma cobertura morta de acordo com a figura a seguir (Figura 4).



Figura 4. A) deposição do material em camadas; B) pilha de compostagem e C) cobertura morta. Fonte: Autoria própria (2021).

Após um período de 30 dias foi realizado a remoção da compostagem, onde a mesma vai permanecer por mais 30 dias em maturação para assim ser usada como substrato.

Superação de dormência em sementes de Maniçoba (*Manihot caerulescens*)

A dormência de sementes é um importante mecanismo de sobrevivência das espécies vegetais e que garante a propagação da mesma em ambiente natural. No quesito produção de mudas, essa característica é um fator limitante, pois prejudica a uniformidade das plantas. O objetivo deste trabalho foi identificar o método mais eficiente para superação de dormência em sementes da espécie *Manihot caerulescens*, muito utilizado como cardápio forrageiro na pecuária (Figura 5).



Figura 5: Preparação de substrato para experimento sobre superação de dormência em sementes de maniçoba. Fonte: Autoria própria (2021).

O experimento foi realizado no Instituto Nacional do Semiárido (INSA), usando o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e nove repetições: (T1: imersão em água; T2: Imersão em água a 100 °C; T3: Escarificação mecânica e T4: Semente sem tratamento - Testemunha) (Figura 6). O experimento está sendo conduzido em câmara de germinação BOD, o mesmo ainda se encontra em fase de execução e serão avaliados índice de velocidade de germinação (IGV) e a porcentagem de germinação (G%).



Figura 6: Condução do experimento superação de dormência em sementes de maniçoba.

Fonte: Autoria própria (2021).

Uso de enraizadores naturais na produção de mudas de Mutre (*Aloysia virgata*)

Quando se fala em enraizadores ou enraizantes, trata-se de nomes dados a compostos líquidos que estimulam o surgimento e o crescimento das raízes principais e um maior número de raízes secundárias. Algumas espécies de plantas não enraízam facilmente por estaquia o que faz com que a propagação vegetativa tenha muitos complicadores exigindo a utilização de enraizadores sintéticos (BARBOSA, 2019). Neste sentido, os enraizantes naturais, biológicos ou ecológicos são as opções caseiras aos enraizantes convencionais químicos, industrializados, que não possuem um custo acessível.

O objetivo desta atividade foi avaliar enraizadores naturais produzidos a partir de três espécies vegetais, sendo elas: Babosa (*Aloe vera*), Mandacaru (*Cereus jamacaru*) e Palma (*Opuntia ficus-indica*) para a produção de mudas por estaquia da espécie vegetal Mutre (*Aloysia virgata*) (Figura 7). O estudo está sendo desenvolvido no Instituto Nacional do Semiárido desde o mês de janeiro e se estende até dezembro de 2021.

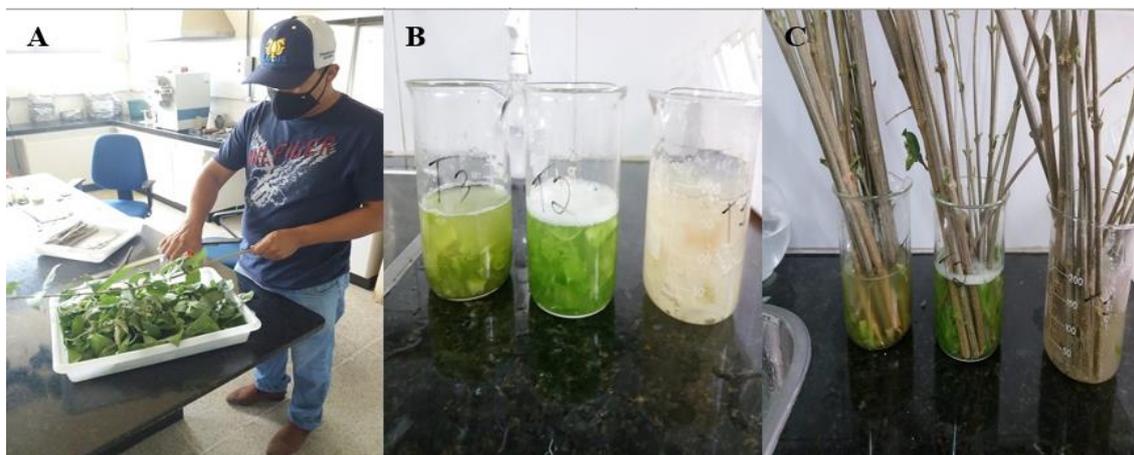


Figura 7: A) preparação de estacas; B) extratos e C) mergulho das estacas nos extratos.
Fonte: Autoria própria (2021).

O delineamento experimental adotado é o inteiramente casualizado, em esquema fatorial (3 x 2) sendo os tratamentos constituídos por extratos das espécies de babosa, mandacaru e palma e pelos diâmetros das estacas (D1: 3 cm; D2: 6 cm; 25; 50; 75 e 100% dos extratos) e quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais (Figura 8). Estão sendo avaliados: sobrevivência em percentagem; brotação em percentagem; número de brotações a partir de contagem visual e comprimento de raízes e presença de calos a partir do sorteio de uma planta em cada repetição.



Figura 8: A) preparo de substrato; B) plantio das estacas e C) experimento instalado.
Fonte: Autoria própria (2021).

Implantação de canteiros econômicos

Os canteiros econômicos trata-se de um método simples, barato e de fácil manutenção, em que a água é adicionada por baixo do solo, através de um sistema

composto por lona (impermeabilização), cano de pvc e telhas de barro. Como a irrigação é direto na raiz da planta, o volume de água é reduzido e a perda para a evaporação é mínima. Os canteiros foram construídos na área do cactário para cultivo de espécies vegetais da Caatinga.

A construção dos canteiros iniciou-se com a impermeabilização do fundo com lona, a fim de não permitir a perda de água por infiltração, seguida da montagem do sistema de irrigação subsuperficial, no qual se utilizaram dois canos de 35 mm, perfurados lateralmente, com um diâmetro de 3 mm, a uma distância de 0,20 m, no sentido longitudinal do canteiro. A opção de colocar dois canos de 35 mm foi uma adaptação de Oliveira Filho *et al.* (2020), ao observar que ao instalar os canteiros econômicos com um cano central (uso padrão), não proporcionava molhabilidade homogênea, afetando a produção vegetal, a partir desta observação, colocaram-se dois canos, tornando mais eficiente a distribuição da água. Em seguida, foram cobertos com telhas de cerâmica e, também, foi acoplado uma área de carga de água, com canos de 50 mm, em uma das extremidades do canteiro (Figura 09).



Figura 9: A) preparação dos canteiros; B) nivelamento dos canteiros e C) instalação.
Fonte: Autoria própria (2021).

Implantação e manejo de áreas para fins apícolas

Como o grupo de polinizadores mais importante do mundo, as abelhas têm uma função crucial na produção agrícola e no funcionamento dos ecossistemas naturais. As estratégias de segurança alimentar em todo o mundo poderiam se beneficiar da inclusão da polinização trazendo expressivos ganhos às populações (GARIBALDI *et al.*, 2016). A utilização de abelhas constitui-se em um recurso de desenvolvimento sustentável,

pesquisa e preservação visando repovoar espécies vegetais pouco numerosas em determinado lugar. À medida que as abelhas promovem a flora, elas são beneficiadas por utilizarem diretamente as cavidades pré-existentes em troncos ou galhos de árvores ou, indiretamente, em cavidades de cupinzeiros presentes em espécies vegetais (FERREIRA *et al.*, 2021).

Sabendo da importância das abelhas para o desenvolvimento sustentável do semiárido, o Instituto Nacional do Semiárido está iniciando um projeto de criação de abelhas Canudo, Jandaíra, Manduri e Cupira. As abelhas Canudo são abelhas bastante defensivas e possuem a entrada da colmeia em forma de canudo que dá o nome popular a *Scaptotrigona depilis*. Possuem como característica marcante a sua defensividade. Portanto, para o manejo desta abelha deve se proteger com roupas apropriadas, principalmente, a região da cabeça. O mel produzido é muito saboroso e rico em propriedades medicinais, por isso, essas possuem uma ótima produção de mel. A abelha Jandaíra (*Melipona subnitida*) se distribui em estados que abrigam o bioma Caatinga, a região do Pantanal e, também, manchas da Mata Atlântica. A espécie não possui ferrão e, por isso, é dócil e pode ser criada em jardins, sem a necessidade de um manejo complexo, que dispensa o uso de macacões, fumegadores e outros equipamentos (CPT, 2021).

As abelhas Manduri são conhecidas por serem uma das menores abelhas do gênero *Melipona* e, também, por serem um pouco agressivas e produzirem um mel muito saboroso. A Manduri habita naturalmente regiões da caatinga brasileira, é uma abelha sem ferrão, considerada como uma das mais sensíveis aos processos de degradação e descontinuação dos habitats. A Cupira (*Partamona cupira*) é uma das espécies de abelhas nativas presentes no bioma Caatinga, adaptada ao semiárido. Essas abelhas são conhecidas como os melhores indicadores ambientais por necessitarem das plantas tanto para a alimentação quanto para a construção de seus ninhos (FERREIRA *et al.*, 2021). A implantação das áreas apícolas está em andamento, mas na Figura 10 pode-se verificar o andamento desta atividade.



Figura 10: Implantação de áreas para fins apícolas. Fonte: Autoria própria (2021).

Manutenção do Cactário Guimarães Duque

Considerado como referência para o desenvolvimento dos projetos de pesquisa do núcleo de Biodiversidade Vegetal e também como sendo a principal estratégia de conservação *ex situ* da diversidade de Cactaceae, o Cactário Guimarães Duque, criado em 2014, nasceu da iniciativa do Instituto Nacional do Semiárido (INSA/MCTIC), em fortalecer os estudos sobre as cactáceas e garantir sua conservação. Desde o seu surgimento, foram realizadas coletas em diversos estados do semiárido brasileiro (SAB), e hoje o Cactário possui um grande acervo de espécies de cactos e outras suculentas, sendo em sua maioria, nativas da região (Figura 11).

O Cactário Guimarães Duque atua na garantia da sobrevivência das espécies vegetais, especialmente da Caatinga, e no suporte às áreas de pesquisa do INSA, pois possibilita testar e ajustar novas estratégias de manutenção do acervo vivo, com todos os critérios estabelecidos pela experimentação agrícola.



Figura 11: Manutenção do Cactário Guimarães Duque. Fonte: Autoria própria (2021).

Na manutenção do cactário foram adotadas técnicas agrônômicas e agrocológicas relacionadas à adubação e fertilidade do solo, manejo fitopatológico, propagação e irrigação, com os devidos ajustes, de acordo com a fisiologia das plantas e as condições ambientais locais. Essas práticas proporcionam as melhores condições para o crescimento e desenvolvimento das plantas, portanto, é necessária a execução de diversos tratamentos culturais já que são necessários para que a cultura possa manifestar o seu potencial de produção, produtividade. Os tratamentos culturais adotados durante o manejo do cactário são práticas que proporcionam melhores condições para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Em períodos de temperatura elevada, principalmente, quando se realiza a adubação de cobertura e a irrigação com maior frequência, as plantas têm crescimento acelerado e cobrem rapidamente o solo. O manejo adequado é necessário para manter o terreno como um meio adequado ao crescimento e desenvolvimento das plantas, porém, está associado às condições ambientais, principalmente, os fatores climáticos.

Considerações Finais

O manejo agrícola adotado com aplicação de tratamentos culturais visando à manutenção do cactário é essencial para que as plantas se desenvolvam melhor e assim seja possível conservar as espécies de importância para o bioma Caatinga. Esse bioma que tem uma importância fundamental para a biodiversidade do planeta, pois 33% de sua

vegetação e 15% de seus animais são espécies exclusivas (endêmicas), que não existem em nenhuma outra parte do mundo. Dessa forma, destaca-se a importância dos trabalhos e serviços desenvolvidos pelo Instituto Nacional do Semiárido para conservação dos recursos vegetais do semiárido brasileiro.

Foi possível uma troca significativa de conhecimentos práticos e teóricos dentro da instituição (INSA), favorecendo para um ótimo desempenho das atividades previstas no estágio supervisionado, como também, das não previstas. Além do aprendizado técnico-científico e prático, também foi possível um crescimento do caráter profissional e pessoal de grande valia para abertura de novas experiências.

Referências

ALVES, L. I. F.; SILVA, M. M. P.; VASCONCELOS, K. J. C. Visão de comunidades rurais em Juazeirinho/PB referente à extinção da biodiversidade da caatinga. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 180-186, 2009.

BARBOSA, E. S. **Uso de enraizadores naturais caseiros na produção de mudas de *Hibiscus spp.*** 2019. 21. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2019.

CAMARGO, A. L. B. **Desenvolvimento sustentável: Dimensões e desafios.** Campinas, SP: Papyrus, 2003.

CPT. Centro de Produções Técnicas. **Abelhas sem ferrão.** Disponível em: <https://www.cpt.com.br/cursos-criacaoeabelhas/artigos/abelhas-sem-ferrao-manduri-melipona-marginata>. Acesso em: 01 out. 2021.

FERREIRA, R. C. C.; AQUINO, I. S.; VITAL, A. F. M.; SILVA, A. B. C.; BARBOSA, A. S. Observações preliminares sobre a nidificação da abelha cupira (*Partamona cupira* Smith) no bioma Caatinga. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e58610716956, 2021.

GARIBALDI, L.; CARVALHEIRO, L. G.; VAISSIÈRE, B. E.; ZHANG, H. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. **Science**, v. 351, n. 6271, p. 388-391, 2016.

INSA. Instituto Nacional do Semiárido. **Sobre o INSA.** Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/rede-mcti/insa>. Acesso em: 25 set. 2021.

MENEZES, R.; SOUZA, B. I. Manejo Sustentável dos recursos naturais em uma comunidade rural do semi-árido nordestino. **Cadernos do Logepa**, v. 6, n. 1, p. 41-57, 2011.

OLIVEIRA FILHO, F. S.; CASSIMIRO, C. A. L.; SILVA, V.; ALENCAR, L. V. C.; SANTOS, P. A.; SIQUEIRA, E. C.; SANTOS, S.F.; MELO, W. F. Canteiros econômicos em água para o cultivo de hortaliças: Uma estratégia de terapia ocupacional e de

segurança alimentar no abrigo de idosos (as) 'A Casa do Caminho'. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 4566-4576, 2020.

PEIXOTO, A. L.; BARBOSA M. R. V.; MENEZES, M.; MAIA L. C. (Org.). **Diretrizes e Estratégias para a modernização de coleções biológicas brasileiras e a consolidação de sistemas integrados de informação sobre biodiversidade**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos/Ministério da Ciência e Tecnologia, 2006. 324p.

PEIXOTO, A. L.; LUZ, J. R. P.; BRITO, M. A. **Conhecendo a Biodiversidade**. Brasília: MCTIC, CNPq, PPBio, 2016, p.102.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem**. Belo Horizonte. UNICEF. 1996. 56 p.

VILELA, E. F.; CALLEGARO, G. M.; FERNANDES, G. W. **Biomass e agricultura: oportunidades e desafios**. Rio de Janeiro: Vertente edições, 2019. 304p.

CAPÍTULO 4

UTILIZAÇÃO DOS REMINERALIZADORES NA AGRICULTURA

USE OF REMINERALIZERS IN AGRICULTURE

Rodrigo de Moraes Galarza

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS

<http://lattes.cnpq.br/2651282984536399>

Gustavo Kruger Gonçalves

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Santana do Livramento-RS

<http://lattes.cnpq.br/1351965233555858>

Marco Aurelio Torres Rodrigues

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Santana do Livramento-RS

<http://lattes.cnpq.br/6189509529790884>

Paulo Elias Borges Rodrigues

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Santana do Livramento-RS

<http://lattes.cnpq.br/3459486918715145>

Michelle da Luz Munhoz

Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS

<http://lattes.cnpq.br/5126070910721793>

Vitor Birk

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS

<http://lattes.cnpq.br/1596193176899680>

Lenize Dornelles Gomes

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Santana do Livramento-RS

<http://lattes.cnpq.br/3577673963205140>

Francielly Baroni Mendes

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS

<http://lattes.cnpq.br/3476646140724095>

Emilio Mateus Schüller

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Santana do Livramento-RS

<http://lattes.cnpq.br/697259943534875527>

Meline Schüller

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Santana do Livramento-RS

<http://lattes.cnpq.br/5571591156462708>

Resumo

O elevado preço dos fertilizantes químicos convencionais tem aumentado a procura de fontes alternativas de nutrientes. Dentre essas fontes, destaca-se à utilização de remineralizadores do solo, os quais promovem melhoria nas características químicas, físicas e biológicas do solo. Em função do exposto, foi realizado um curso de extensão sobre a utilização de remineralizadores na agricultura com o objetivo de difundir o seu conhecimento para alunos e a sociedade no meio rural. O curso constitui-se de aulas teóricas sobre a utilização de remineralizadores na agricultura e aulas práticas com a visita ao banco geológico da UERGS em Santana do Livramento. No final do curso foi aplicado um questionário para avaliar a satisfação do curso. Essa avaliação, compreendeu cinco graus de resposta em relação às seguintes questões indicadoras avaliadas (ia): 1) Conhecimento do ministrante sobre o assunto, 2) Qualidade do Material didático utilizado, 3) Emprego do material didático, 4) Expectativa atingida ao final do curso e 5) Recomendação do curso para outras pessoas. Os resultados demonstraram que a maioria considerou excelente os indicadores avaliados. Conclui-se que o curso de extensão atingiu os objetivos pois possibilitou demonstrar e aumentar o conhecimento da utilização dos remineralizadores na agricultura.

Palavras-Chave: Rochas. Minerais. Adubação.

Abstract

The high price of conventional chemical fertilizers has increased the demand for alternative sources of nutrients. Among these sources, there is the use of soil remineralizers, which promote improvements in the chemical, physical and biological characteristics of the soil. An extension course was held on the use of remineralizers in agriculture with the aim of spreading their knowledge to students and society in rural areas. The course consists of theoretical classes on the use of remineralizers in agriculture and practical classes with a visit to the UERGS geological bank in Santana do Livramento. At the end of the course, a questionnaire was applied to assess the satisfaction of the course. This assessment comprised five degrees of response to the following indicator questions evaluated (ia): 1) Teacher's knowledge of the subject, 2) Quality of teaching material used, 3) Use of teaching material, 4) Expectation reached at the end of the course and 5) Recommendation of the course to other people. The results showed that the majority considered the evaluated indicators excellent. It is concluded that the extension course achieved the objectives as it made it possible to demonstrate and increase the knowledge of the use of remineralizers in agriculture.

Keywords: Rock. Minerals. Fertilization.

Introdução

O Brasil é um dos maiores produtores de alimentos, biocombustíveis e fibras do mundo. Porém, ao mesmo tempo, é altamente dependente da importação de matérias-primas para a formulação de fertilizantes químicos.

A necessidade de preservar o meio ambiente tem estimulado o aproveitamento, como fertilizantes e/ou condicionadores de solo, dos mais variados tipos de resíduos gerados em atividades agroindustriais ou urbanas, proporcionando também retornos econômicos e melhoria na qualidade física, química e microbiológica do solo (TEDESCO *et al.*, 1999; PILON 2016).

Desde o início da década de 1970, Leonardos *et al.* (1976) já sugeriam o uso de rochas para remineralizar os solos agrícolas e consequentemente reduzir o consumo de fertilizantes industriais.

O uso de rochas moídas como fertilizantes é amplamente difundido na agricultura agroecológica, ou natural, pelo fato de ser um produto natural, que apresenta minerais de dissolução lenta, os quais podem contribuir com quantidades expressivas de nutrientes para as plantas e servir como condicionadores de solo, promovendo melhorias nas suas propriedades físicas ou físico-químicas, facilitando o desenvolvimento e a nutrição das plantas (ERHART, 2009).

O uso de rochas moídas como fonte mineral com fins de fertilização do solo recebeu várias denominações como pó de rocha, rochagem, agrominerais e “agrogeology” (VAN STRAATEN, 2010).

Os pós de rochas foram incluídos apenas recentemente na legislação brasileira dos fertilizantes, pela lei nº 12.890, 10 de dezembro de 2013. A terminologia remineralizador foi conceituado como um material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, promovendo a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo (BRASIL, 2013).

Os remineralizadores podem ser oriundos de rochas de diversas origens e composições. Para que seja assegurada a funcionalidade e tenha-se parâmetro de garantia, tais materiais deverão apresentar as seguintes características mínimas e máximas: mínimo de 9% de soma de bases e 1% de óxido de potássio; máximo de 25% de SiO₂ livre presente no produto, 15 mg kg⁻¹ de As, 10 mg kg⁻¹ de Cd, 0,1 mg kg⁻¹ de Hg e 200 mg kg⁻¹ de Pb. Outro fator importante é a comprovação da eficiência agrônômica através de testes e pesquisas (BRASIL, 2016).

A dissolução dos pós de rocha é um processo muito lento e complexo. Depende de fatores como a composição química e mineralógica da rocha, da granulometria do material, do tempo de reação, e de fatores do solo como o pH e a atividade biológica (VAN STRAATEN, 2010).

A eficácia do pó de rocha como fonte de nutrientes para o solo é questionada devido à baixa solubilidade e pela necessidade de aplicar grandes quantidades de pó de rocha ao solo para se obter respostas positivas (BOLLAND, BAKER, 2000).

Para que ocorra a liberação dos elementos que compõem as rochas, elas devem ser submetidas às alterações físicas e químicas. O intemperismo físico corresponde a uma desagregação da estrutura da rocha sem haver mudança na composição química, já a alteração química ocorre quando a estrutura dos minerais pertencentes às rochas é quebrada devido às substâncias ácidas do solo ou produzidas por microrganismos acelerando sua decomposição e liberando seus nutrientes minerais (LUCHESE *et al.*, 2002).

As pesquisas sobre a utilização de remineralizadores demonstram seus efeitos na correção da acidez do solo, na redução da adsorção de fósforo, no aumento da disponibilidade de fósforo, no aumento da capacidade de troca de cátions e no aumento da resistência a doenças.

A utilização do calcário como dolomita ou calcita tem como objetivo a correção do solo, objetivando a eliminação do alumínio tóxico em solos ácidos bem como o fornecimento de cálcio e magnésio no solo (TISDALE *et al.*, 1985).

Rochas consideradas básicas, como os basaltos, têm maior efeito alcalinizante, comparadas a rochas ácidas, como os granitos (CAMPBELL, 2009). No trabalho realizado por Batista (2013), foi observado uma regressão linear negativa, ou seja, de acordo que ocorreu o aumento da dose de pó de basalto o Alumínio trocável diminuiu. O fonólito, rocha silicática de origem vulcânica, apresenta também poder alcalinizante conforme observado (WILPERT *et al.*, 2003).

Em várias partes do mundo, é comum a aplicação de silicato na forma de escórias antes da fosfatagem, visando entre outros benefícios corrigir a acidez do solo e promover a competição entre fósforo e silício com o intuito de melhorar a disponibilidade de fósforo para as plantas (ROY *et al.*, 1971; CARVALHO *et al.* 2001; MUAD *et al.*, 2003; MELO, 2005; POZZA *et al.*, 2007).

A utilização de pó da rocha fosfatada “apatita” rica em fosfato de cálcio tem sido pesquisada em vários estudos no Brasil e no mundo (CHIEN; MENON, 1995; RAJAN *et al.*, 2004; HOROWITZ; MEURER, 2003; CORREA *et al.* 2005; GOMES *et al.* 2005; GONCALVES *et al.* 2008). Os resultados demonstram que a disponibilidade de fósforo

às plantas é dependente da taxa de dissolução da rocha fosfatada. A dissolução é dependente da reação das partículas de fosfatos naturais com as substâncias ácidas do solo, da baixa disponibilidade de fósforo e cálcio no solo e da alta capacidade de absorção de cálcio e fósforo pela planta (KAMINSKI; PERUZZO, 1997; NOVAIS, SMYTH, 1999).

Uma das maiores vantagens do pó de rocha e a disponibilidade em abundância e o baixo custo, além do aumento da capacidade de troca de cátions (CTC), estudos feitos em solos tropicais mostram que a utilização de pó de rocha leva a um enriquecimento gradual dos solos, elevando a CTC.

No estudo feito por Gillman (1980) incubou por 12 meses pó de basalto no solo e observou aumento significativo no pH e na capacidade de troca de cátions, constatando que o efeito foi mais pronunciado com a diminuição da granulometria e o aumento do tempo de contato entre o material e o solo. Gillman *et al.* (2002) avaliaram o comportamento de sete solos de Queensland, na Austrália, incubados com doses crescentes de pó de basalto (0, 1, 5, 25 e 50 T ha⁻¹), tendo observado aumento no pH, na CTC e nos teores de cátions básicos.

O efeito do pó moído de basalto foi estudado por Escosteguy *et al.* (1998) nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho escuro e Argissolo Vermelho Amarelo no RS. As doses utilizadas (0, 5, 10, 25, 50, 100 T ha⁻¹) foram incubadas e analisadas aos 30, 150 e 300 dias de incubação. As doses de 50 e de 100 t ha⁻¹ de basalto moído proporcionaram maiores aumentos nas concentrações de K, de Ca e de Mg dos solos estudados.

Estudos conduzidos por Melo *et al.* (2012) sobre o efeito das doses de basalto moído em propriedades químicas de um Latossolo Amarelo em Roraima. As doses utilizadas (0, 12, 24, 48 e 96 T ha⁻¹) foram incubadas por 180 dias. As doses de basalto apresentaram alta eficiência para a neutralização da acidez potencial. A adição do basalto moído proporcionou incremento nos teores de Zn, Fe e Cu no solo com o tempo de incubação.

A utilização de granodiorito como fonte de potássio para as plantas já foi estudada por vários pesquisadores. GONCALVES *et al.* (2016) avaliaram o efeito da aplicação superficial de 6 T ha⁻¹ de granodiorito no campo nativo no RS, os resultados

demonstraram que não houve resposta a utilização do granodiorito na produção de massa seca e nos teores de potássio da parte aérea.

Os microrganismos do solo, como fungos e bactérias, também são alvos de pesquisas, devido ao potencial que apresentam no processo de solubilização das rochas e liberação de nutrientes, interferência da rizosfera e outras atividades biológicas podem aumentar a dissolução de minerais por meio da liberação de íons de hidrogênio (H⁺) e da complexação realizada por compostos orgânicos que reagem com as superfícies dos minerais (KÄMPF *et al.*, 2009).

Além disso, a adição de rochas ou minerais silicatados contribui com aumento da resistência a pragas e doenças. Isso se deve ao aumento nos teores de silício nas folhas, o qual forma uma camada de silício abaixo da epiderme da folha, aumentando a resistência à introdução do aparelho bucal das pragas e a infecção de fungos (CAI *et al.* 2008; NERI, 2006; NOLLA, *et al.* 2006).

Em função do exposto, foi realizado um curso de extensão sobre a utilização de remineralizadores na agricultura com o objetivo de difundir o seu conhecimento para alunos e a sociedade no meio rural.

Metodologia

O curso de extensão teve como público-alvo os produtores agrícolas da comunidade rural e os alunos do curso de Agronomia e Desenvolvimento Rural da UERGS em Santana do Livramento, RS.

O curso constitui-se de aulas teóricas sobre a utilização de remineralizadores na agricultura e aulas práticas com a visita ao banco geológico da UERGS em Santana do Livramento, totalizando 32 horas. Além disso, algumas rochas foram observadas em microscópio.

Os conteúdos teóricos abordados foram os seguintes: a) Origem e tipos de rochas; b) Minerais; c) Minerais do Solo; d) Intemperização; e) Fatores de Formação; f) Processos Pedogenéticos; g) Utilização dos Remineralizadores na Agricultura.

Em relação ao banco geológico, os alunos realizaram um trabalho objetivando identificar e classificar as rochas do acervo.

No final do curso foi aplicado um questionário para avaliar a satisfação do curso. Essa avaliação, compreendeu cinco graus de resposta em relação às seguintes questões indicadoras avaliadas (ia): 1) Conhecimento do ministrante sobre o assunto, 2) Qualidade do Material didático utilizado, 3) Emprego do material didático, 4) Expectativa atingida ao final do curso e 5) Recomendação do curso para outras pessoas.

Resultados e Discussão

As principais rochas remineralizadoras que foram observadas nas aulas prática foram o basalto, granito, riolito, calcário e folhelho betuminoso (Figura 1 a 5).

O basalto é uma rocha magmática extrusiva, sendo encontrada na porção nordeste do Rio Grande do Sul a altitudes de até 1000m, gradualmente caindo até menos de 100m na porção oeste do estado, na zona da campanha (STRECK *et al.* 2008).

O basalto apresenta textura afanítica (com minerais pequenos não reconhecíveis a olho nu). Os principais minerais presentes são a olivina, piroxênio e plágioclásio, os quais são chamados de ferro-magnesianos. (BRANCO, 2015). O basalto é muito utilizado para produção de brita e paralelepípedos para a construção civil. Além disso, são resíduos gerados do processo de extração das pedras preciosas cujas gemas encontram-se nos municípios de Aceguá e Ametista do Sul, RS. Devido a sua constituição química, o basalto pode ser utilizado como remineralizadores do solo.



Figura 1: Basalto. Fonte: O autor (2021).

O granito é uma rocha magmática intrusiva, apresentando textura fanerítica (minerais visíveis a olho nu). Essa rocha encontra-se em grande abundância no Escudo Sul-Rio-Grandense, localizado na parte centro-sul do estado (STRECK *et al.* 2018). Os

minerais presentes são o quartzo, a mica e o feldspato potássico (LEIZ; AMARAL, 1978). O granito pode ser utilizado como remineralizadores, já que são uma fonte de potássio (4% K_2O).



Figura 2. Granito. Fonte: O autor (2021).

O Riolito é uma rocha magmática extrusiva encontrado principalmente na região do planalto gaúcho. Apresenta textura afanítica (minerais não visíveis a olho nú). Os minerais presentes são o quartzo e o feldspato Na-Ca. Os solos oriundos de Riolito apresentam textura argilosa, com CTC média a alta (STRECK *et al.* 2008)



Figura 3. Riolito. Fonte: O autor (2021).

O calcário é classificado como rocha sedimentar química, pois é resultado da precipitação de soluções ricas em cálcio e magnésio que resulta na formação dos minerais calcita e dolomita. Essa rocha encontra-se em abundância no escudo sul-riograndense, onde encontra-se a presença de várias indústrias de calcário no município de Caçapava do Sul, RS.

O calcário é utilizado na agricultura com objetivo principal de corrigir a acidez do solo e a presença do alumínio tóxico, o que permite um melhor desempenho das espécies de plantas (TISDALE, 1985).



Figura 4. Calcário. Fonte: O autor (2021).

O folhelho betuminoso é classificado como rocha sedimentar orgânica, sendo formada pela acumulação de restos orgânicos. É constituída por hidrocarbonetos.

O folhelho betuminoso ou mais conhecido por xisto betuminoso vem sendo explorado para obtenção de gás e água principalmente em São Matheus do Sul no Paraná (PETROBRAS 2010). Recentemente, foram descobertas jazidas na região da Campanha Gaúcha.

Os rejeitos economicamente aproveitáveis após a mineração do xisto para serem utilizados na agricultura são os seguintes: Calxisto: rocha carbonatada, denominada marga dolomítica, empregada na agricultura para corrigir a acidez do solo e fornecimento de nutrientes. Água de retortagem: utilizada na produção de adubo foliares e defensivos agrícolas.



Figura 5. Folhelho betuminoso. Fonte: O autor (2021)

Os resultados sobre a pesquisa de satisfação do curso de remineralizadores e do banco geológico são encontrados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado da pesquisa de satisfação dos alunos que participaram do curso sobre remineralizadores. Indicador Avaliativo (IA). Resultados estão em porcentagem.

	Péssimo	Ruim	Médio	Bom	Excelente
IA (1)				5	95
IA (2)				3	97
IA (3)				2	98
IA (4)					100
IA (5)					100

Em relação ao questionamento sobre o conhecimento do ministrante sobre o assunto (IA1), 95% dos participantes acharam excelente e 5% disseram que foi bom. Segundo Pimenta *et al.* (2005) os saberes didáticos são imprescindíveis para o ensino, a presença do banco geológico e dos remineralizadores na forma de basalto e granodiorito gnaissico contribuiu para a formação do saber.

O segundo indicador abordado foi em relação à qualidade do material didático utilizado (IA2), onde 97% dos participantes acharam que a qualidade do material utilizado foi excelente. Esse material faz parte da disciplina de Introdução à Ciência do Solo ofertada no curso de Agronomia e vem sendo revisado ao longo dos anos, resultando numa melhoria ao longo do tempo. A disponibilidade e a qualidade do material didático podem estabelecer condições ideais para a ativação do processo da aprendizagem (D'Ávila, 2012).

O terceiro indicador refere-se ao emprego do material didático (IA3), onde 98% dos participantes acharam excelente. Assim como a qualidade do material didático, a utilização do mesmo vem sendo aperfeiçoada ao longo do curso de Agronomia. Evidenciou-se também que em alguns momentos a necessidade de praticar a sugestão de Brauer (2012) de que “É importante ‘recapturar’ a atenção dos participantes a cada 15 ou 20 minutos”. Apesar de trocar várias vezes o foco do curso entre material digital e material físico, em algum momento pode-se notar que alguns participantes perdiam a atenção por alguns instantes.

O quarto indicador refere-se a expectativa atingida ao final do curso, onde 100% dos participantes acharam excelente. Isso pode ser atribuído ao ministrante do curso que pode atuar como mediador na construção do conhecimento (Rodrigues et. al 2012). Além disso, deve-se considerar o interesse e a interação dos participantes durante as aulas do curso.

O quinto indicador refere-se a indicação do curso para outras pessoas, onde 100% dos participantes recomendam que indicariam o curso. Entretanto, o ministrante deve buscar novos conhecimentos práticos e teóricos objetivando a melhoria do curso.

Considerações Finais

O curso sobre a utilização de remineralizadores na agricultura teve excelente satisfação pelo público presente.

Espera-se que o aprendizado realizado no curso possa promover a adoção dos remineralizadores na comunidade rural bem como incentivar a realização de pesquisas sobre os remineralizadores na agricultura.

Referências

BATISTA, N. T. F. **Atributos químicos do solo e componentes agronômicos na cultura da soja pelo uso da rochagem**. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em Produção Vegetal. Universidade Federal de Goiás – UFG, Campus Jataí, 2013.

BRASIL. **Lei nº 12890**, de 10 de dezembro de 2013. Altera a Lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980, para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado a agricultura. Lei de Remineralizadores.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 5**, de 10 de março de 2016. Remineralizadores e Substratos: MAPA. Seção 1, p. 10-11.

BRAUER, Markus. **Ensinar na universidade: conselhos práticos, dicas, métodos pedagógicos**. Tradução de Marcos Marcionilo. São Paulo: Parábola Editorial, 2012.

CAI, K.; GAO, D.; LUO, S.M.; ZENG, R.; YANG, J.Y.; ZHU, X.Y. Physiological and cytological mechanisms of silicon-induced resistance in rice against blast disease. **Physiologia Plantarum**, v.134, p.324-333, 2008.

CAMPBELL, N. S. **The use of rockdust and composted materials as soil fertility amendments**. 2009. 402 p. Thesis (Ph.D. in Philosophy) - University of Glasgow, Glasgow, 2009.

CARVALHO, R.; FURTINI NETO, A. E.; SANTOS, C. D.; FERNANDES, L. A.; CURI, N.; RODRIGUES, D. C. Interações silício fósforo em solos cultivados com eucalipto em casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF**, v.36, p.557-565, 2001.

CHIEN, S.H.; MENON, R.G. Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rock for direct application. **Fert. Res.**, v.41, p. 227-234, 1995.

- CORRÊA, R.M.; NASCIMENTO, C.W.A. do; SOUZA, S.K. de S; FREIRE, F.J.; SILVA, G.B. da. Gafsa rock phosphate and triple superphosphate for dry matter production and P uptake by corn. **Scientia Agricola**, v.62, p.159-164, 2005.
- D'ÁVILA, C. M. Didática: a arte de formar professores no contexto universitário. In: D'ÁVILA, C. M; VEIGA, I. P. A. (org.). **Didática e docência na educação superior: implicações para a formação de professores**. Campinas: Papyrus, 2012.
- ESCOSTEGUY, P.A.V.; KLANT, E. Basalto moído como fonte de nutrientes, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p. 11-20, 1998.
- ERHART, J. 2009. **Efeito do pó de basalto nas propriedades químicas do Solo e nutrição da videira Cabernet sauvignon**. Lages SC. (Dissertação Mestrado) - Centro de Ciências Agroveterinárias / UDESC 71p.
- GOMES, A. Da S.; FERREIRA, L.H.G.; BENDER, R.R. **Uso de fosfato natural no cultivo de arroz, soja e milho em rotação, no sistema plantio direto**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. 35p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 20).
- GONCALVES, G.K.; SOUSA, R.O. de.; BORTOLON, L. Solubilização dos fosfatos naturais Patos de Minas e Arad em dois solos alagados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v..32, p.2157-2164, 2008.
- GONÇALVES, G.K.; DAMBROS, E.; POZZEBON, N.J.; GUEDES, K. Dos S. BARONI, F.M.; CALEFFI, H.V.; AGUER, J.L.T.; MENEZES, L. De M. JACOBSEN, F.L. Melhoramento do campo nativo com a utilização da rochagem. In: Congresso Brasileiro de Rochagem, 3, 2016, Pelotas. **Anais**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília, DF: Embrapa Cerrados; Assis, SP: Triunfal, 2017. p. 275-280.
- GILLMAN, G.P. The effect of crushed basalt scoria on the cation exchange properties of a highly weathered soil. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 44:465-468, 1980.
- GILLMAN G.P. Burkett D.C. Coventry R.J. 2002. Amending highly weathered soils with finely ground basalt rock. **Applied Geochem**, 17:987-1001.
- PILON, C.N. Dos pós de rocha aos remineralizadores: passado, presente e desafios. In: Congresso Brasileiro de Rochagem, 3, 2016, Pelotas. **Anais**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília, DF: Embrapa Cerrados; Assis, SP: Triunfal, 2017. p. 15-22.
- HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. Eficiência de dois fosfatos naturais farelados em função do tamanho da partícula. **Ciência Rural**, v. 33, p.41-47, 2003
- KAMINSKI, J.; PERUZZO, G. **Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivo**. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. 31p. (Boletim Técnico, 3).
- KÄMPF, N.; CURTI, N.; MARQUES, J. J. Intemperismo e ocorrência de minerais no ambiente do solo. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (Ed.). **Química e mineralogia do solo: conceitos básicos**. Viçosa, MG: SBCS, 2009. v. 1, p. 333-379.

MELO, V.F.; UCHOA, S.C.P.; DIAS, F.de O.; BARBOSA, G.P. Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. **Acta Amazônica**, v. 41, p. 471-476, 2012.

MUAD, M.; GRASSI FILHO, H.; CRUSSIOL, C. A. C.; CORRÊA, J. C. Teores de silício no solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, p. 867-873. 2003.

LEINZ, V.; AMARAL, S.E. **Geologia Geral**. 11ª ed. São Paulo: Editora Nacional, 1989. 399p.

LEONARDOS, O. H.; FYFE, W. S.; KROMBERG, B. Rochagem: método de aumento de fertilidade em solos lixiviados e arenosos. Congr. Bras. Geol. Ouro Preto. **Anais. SBG**. p. 137-145, 1976.

LUCHESE, E. B.; FAVERO, L. O. B.; LENZI, E. **Fundamentos da química do solo, teoria e prática**. 2ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2002. 182 p.

MELO, V.F.; UCHOA, S.C.P.; DIAS, F.de O.; BARBOSA, G.P. Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. **Acta Amazônica**, v. 41, p. 471-476, 2012.

NERI, D. K. P. **Efeito do silício na resistência de plantas de milho a *Rhopalosiphum maidis* (Fich.) (Hemiptera: Aphididae) e sua interação com inseticida no controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)**. 2006. 68 p. (Tese Doutorado) em Agronomia/Entomologia - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

NOLLA A, KORNDÖRFER GH, COELHO L. Efficiency of calcium silicate and carbonate in soybean disease control. **Journal of Plant Nutrition**, v.29, p. 2049- 2061, 2006.

NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J. **Fósforo em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFRV, 1999. 399 p.

POZZA, A. A. A.; CURI, N.; COSTA, E. T. de S.; GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J. G. de S. e M.; MOTTA, P. E. F. da. Retenção e dessorção competitiva de ânions inorgânicos em gibbsita natural de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, vol.42, n. 11, 2007.

PETROBRAS. **SIX: Unidade de Negócio da Industrialização do Xisto**. Disponível em: www.petrobras.com.br/minisite/refinarias/petrosix/index.asp. Acesso em: 12 out. 2010.

PIMENTA, S. G.; ANASTASIOU, L. G. C. **Docência no ensino superior**. São Paulo: Cortez, 2005.

RAJAN, S.S.S.; CASANOVA, E. & TRUONG, B. Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rocks, with a case-study analysis. In: ZAPATA, F. & ROY,

R.N., eds. **Use of phosphate rocks for sustainable agriculture**. Roma, FAO, 2004. p.41-57.

ROY, A. C.; ALI, M. V.; FOX, R. L.; SILVA, J. A. Influence of calcium silicate on phosphate solubility and availability in Hawaiian latosols. In: **SYMPOSIUM ON SOIL FERTILITY AND EVALUATION, 1971**, Honolulu. Proceedings... New Delhi: University of Hawaii, 1971. p. 756-765.

STRECK, E. V. *et al.* **Solos do Rio Grande do Sul**. 3ª Edição - Porto Alegre, RS: Emater/RS-Ascar, 2018.

TEDESCO, M. J. *et al.* Resíduos orgânicos no solo e impactos nos ambientes. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre, Geneses, 1999. p.159-192.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, D. J. **Soil fertility and fertilizers**. 4. ed. New York: MacMillan, 1985. 754p.

Van STRAATEN, P. (2010). Rochas e Minerais como Fertilizantes Alternativos na Agricultura: Uma Experiência Internacional. In: **Agrominerais para o Brasil**; Francisco Fernandes, Adão B. Luz e Zuleica C. Castilhos (Editores), CETEM/MCT, 2010.

WILPERT, K. V.; LUKES, M. Ecochemical effects of phonolite rock powder, dolomite and potassium sulfate in a spruce stand on an acidified glacial loam. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 65, n. 1, p. 115-127, Feb. 2003.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abelhas, 34, 35, 38
 Agentes biológicos, 3, 7, 8
 Agrícola, 7, 9, 1, 2, 3, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 25, 26, 28, 34, 36, 37
 Agricultura, 7, 9, 2, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 39, 40, 41, 42, 45, 48, 50, 57
 Agricultura 1.0, 14, 17
 Agricultura 2.0, 14, 17
 Agricultura 3.0, 14, 17, 18
 Agricultura 4.0, 14, 16, 17, 20, 24
 Agricultura de precisão, 16, 18, 20, 24
 Agricultura digital, 14, 16, 18, 20, 21, 23
 Alimento, 15
 Apícolas, 26, 28, 29, 34, 35, 36

B

Bactérias, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 45
 Bactérias, 6
 Basalto, 43, 44, 46, 49, 51, 52
 Biocontrole, 2, 4
 Biodiversidade, 7, 25, 26, 27, 28, 37, 38, 39
 Bioma, 25, 26, 27, 35, 37, 38
 Biopesticidas, 2, 8

C

Caatinga, 25, 26, 27, 34, 35, 36, 37, 38
 Cactário, 26, 28, 29, 34, 37
 Calcário, 43, 46, 47, 48
 Canteiros, 28, 33, 34
 Composteira, 29, 30
 Controle biológico, 9, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8
 Controle de pragas, 2, 26, 28
 Controle químico, 2
 Covid-19, 29

D

Defensivos, 1, 4, 48
 Dormência, 26, 28, 31, 32

E

Enraizadores, 32, 38

F

Facebook, 4, 58
 Fertilizantes, 41, 42
 Fitopatógenos, 6
 Folhelho betuminoso, 46, 48
 Fungos, 4

G

Genética, 57
 Geoprocessamento, 14, 16, 18, 19, 20, 24
 Google, 3, 16
 Gps, 14, 16, 18, 20, 22
 Granito, 46

I

Industrialização, 14, 15
 Insa, 25, 26, 28, 29, 31, 36, 38
 Instagram, 4, 58
 Instituto nacional do semiárido – insa, 25, 27, 28

M

Microbiológicos, 7, 1, 3, 4
 Microrganismos, 1, 3, 8, 43, 45
 Modernização, 14, 15, 24, 39
 Mudas, 26, 28, 29, 31, 32, 38

N

Nematicidas, 1, 2, 8
 Nematoides, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11

P

Pandemia, 9, 29
 Patógenos, 1, 2, 3, 5, 7, 8
 Produtividade, 4, 14, 16, 17, 18, 22, 37
 Pubmed, 3

R

Redes sociais, 4, 58
 Remineralizadores, 7, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51
 Resistência, 1, 3, 5, 6, 8, 43, 45, 52
 Revisão, 4

Revisão da literatura, 3
Riolito, 47
Robótica, 14, 16, 22
Rochas, 27, 42, 43, 45, 46

S

Scielo, 3, 24
Scopus, 3
Sementes, 15, 26, 28, 31, 32
Sensoriamento remoto, 14, 16, 18
Sistema de cultivo, 15
Softwares, 14, 16, 18, 20, 22

T

Tecnologias, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22

W

Web of science, 3

X

Xisto, 48

ÍNDICE DE AUTORES

José Olívio Lopes Vieira Júnior 1

Renata Cunha Pereira 1

Sabrina Kelly dos Santos 14

Daniel da Silva Gomes 14

Caio Henrique Nobre da Silva 25

Semirames do Nascimento Silva 25

Carlos Alberto Lins Cassimiro 25

Leonardo Afonso Pereira da Silva Filho 25

Luís Paulo Firmino Romão da Silva 25

Rodrigo de Moraes Galarza 40

Gustavo Kruger Gonçalves 40

Marco Aurelio Torres Rodrigues 40

Paulo Elias Borges Rodrigues 40

Michelle da Luz Munhoz 40

Vitor Birck 40

Lenize Dornelles Gomes 40

Francielly Baroni Mendes 40

Emilio Mateus Schüller 40

Meline Schüller 40

SOBRE OS ORGANIZADORES DO E-BOOK DADOS CNPQ:

Dra. Carliane Rebeca Coelho da Silva



Possui Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco apresentando monografia na área de genética com enfoque em transgenia. Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas pela Universidade Federal do Rural de Pernambuco com dissertação na área de melhoramento genético com enfoque em técnicas de imunodeteção. Doutora em Biotecnologia pela RENORBIO (Rede Nordeste de Biotecnologia, Área de Concentração Biotecnologia em Agropecuária) atuando principalmente com tema relacionado a transgenia de plantas. Pós-doutorado em Biotecnologia com concentração na área de Biotecnologia em Agropecuária. Atua com linhas de pesquisa focalizadas nas áreas de defesa de plantas contra estresses bióticos e abióticos, com suporte de ferramentas biotecnológicas e do melhoramento genético. Tem experiência na área de Engenharia Genética, com ênfase em isolamento de genes, expressão em plantas, melhoramento genético de plantas via transgenia, marcadores moleculares e com práticas de transformação de plantas via "ovary drip". Tem experiência na área de genética molecular, com ênfase nos estudos de transcritos, expressão diferencial e expressão gênica. Integra uma equipe com pesquisadores de diferentes instituições como Embrapa Algodão, UFRPE, UEPB e UFPB, participando de diversos projetos com enfoque no melhoramento de plantas.

Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos



Possui Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2003) e Mestrado em Genética e Biologia Molecular pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2006). Doutor em Biotecnologia pela RENORBIO (Rede Nordeste de Biotecnologia (2013), Área de Concentração Biotecnologia em Saúde atuando principalmente com pesquisa relacionada a genética do câncer de mama. Participou como Bolsista de Desenvolvimento Tecnológico Industrial Nível 3 de relevantes projetos tais como: Projeto Genoma *Anopheles darlingi* (de 02/2008 a 02/2009); e Isolamento de genes de interesse biotecnológico para a agricultura (de 08/2009 a 12/2009). Atualmente é Professor Adjunto III da Universidade Federal de Campina Grande-UFCG, do Centro de Educação e Saúde onde é Líder do Grupo de Pesquisa BASE (Biotecnologia Aplicada à Saúde e Educação) e colaborador em ensino e pesquisa da UFRPE, UFRN e EMBRAPA-CNPA. Tem experiência nas diversas áreas da Genética, Fisiologia Molecular, Microbiologia e Bioquímica com ênfase em Genética Molecular e de Microrganismos, Plantas e Animais, Biologia Molecular e Biotecnologia Industrial. Atua em projetos versando principalmente sobre os seguintes temas: Metagenômica, Carcinogênese, Monitoramento Ambiental e Genética Molecular, Marcadores Moleculares Genéticos, Polimorfismos Genéticos, Bioinformática, Biodegradação, Biotecnologia Industrial e Aplicada, Sequenciamento de DNA, Nutrigenômica, Farmacogenômica, Genética na Enfermagem e Educação.

A TRANSFORMAÇÃO DA AGRICULTURA BRASILEIRA

“Esperamos que tenham aproveitado todos os trabalhos disponíveis na íntegra e gratuitos para seu conhecimento e consulta.

Esta obra objetivou ampliar os horizontes sobre os conhecimentos acerca da Agricultura Brasileira além dos muros acadêmicos, proporcionando uma visão mais ampla, científica e multidisciplinar desta área tão essencial para o crescimento do país.

A agricultura é um dos pilares para o bem-estar social favorecendo a disponibilidade de alimentos para todas as classes. Conhecimento científico e de qualidade pode favorecer a sua produção com mais eficiência.

Agradecemos o seu interesse em chegar até o final deste livro na busca por conhecimento e aguardem novos títulos e eventos da Editora Science sempre comprometida com a qualidade e o sucesso da sua publicação.”

PARA MAIS INFORMAÇÕES E OBRAS DA EDITORA SCIENCE ACESSE:

www.editorascience.com.br

Siga nossas redes sociais e amplie o alcance dos nossos livros:



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

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



© 2021 Editora Science
Av. Marechal Floriano Peixoto, 5000.
Campina Grande, PB, 58434-500.
CNPJ: 42.754.503/0001-00
Todos os Direitos Reservados

ISBN: 978-65-00-37312-7



 EDITORA
SCIENCE
ANO 2021