

Jader Silveira (Org.)

Ciências AGRÁRIAS Temáticas Multidisciplinares

v.1 | 2023



Jader Silveira (Org.)

Ciências AGRARIAS Temáticas Multidisciplinares

v. 1 | 2023



© 2023 – Editora Ópera

www.editoraopera.com.br

editoraopera@gmail.com

Organizador

Jader Luís da Silveira

Editor Chefe: Jader Luís da Silveira

Editoração e Arte: Resiane Paula da Silveira

Capa: Freepik/Ópera

Revisão: Respective autores dos artigos

Conselho Editorial

Ma. Heloisa Alves Braga, Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais, SEE-MG

Me. Ricardo Ferreira de Sousa, Universidade Federal do Tocantins, UFT

Me. Guilherme de Andrade Ruela, Universidade Federal de Juiz de Fora, UFJF

Esp. Ricael Spirandeli Rocha, Instituto Federal Minas Gerais, IFMG

Ma. Luana Ferreira dos Santos, Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC

Ma. Ana Paula Cota Moreira, Fundação Comunitária Educacional e Cultural de João Monlevade, FUNCEC

Me. Camilla Mariane Menezes Souza, Universidade Federal do Paraná, UFPR

Ma. Jocilene dos Santos Pereira, Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC

Ma. Tatiany Michelle Gonçalves da Silva, Secretaria de Estado do Distrito Federal, SEE-DF

Dra. Haiany Aparecida Ferreira, Universidade Federal de Lavras, UFLA

Me. Arthur Lima de Oliveira, Fundação Centro de Ciências e Educação Superior à Distância do Estado do RJ, CECIERJ

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S587c	Silveira, Jader Luís da Ciências Agrárias: Temáticas Multidisciplinares - Volume 1 / Jader Luís da Silveira (organizador). – Formiga (MG): Editora Ópera, 2023. 216 p. : il. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-85284-11-0 DOI: 10.5281/zenodo.8266472 1. Ciências Agrárias. 2. Agronomia Geral. 3. Estudo do solo. 4. Multidisciplinar. I. Silveira, Jader Luís da. II. Título. CDD: 631.6 CDU: 631/63
-------	--

Os artigos, seus conteúdos, textos e contextos que participam da presente obra apresentam responsabilidade de seus autores.

Downloads podem ser feitos com créditos aos autores. São proibidas as modificações e os fins comerciais.

Proibido plágio e todas as formas de cópias.

Editora Ópera
CNPJ: 35.335.163/0001-00
Telefone: +55 (37) 99855-6001
www.editoraopera.com.br
editoraopera@gmail.com
Formiga - MG
Catálogo Geral: <https://editoras.grupomultiatual.com.br/>

Acesse a obra originalmente publicada em:
<https://www.editoraopera.com.br/2023/08/ciencias-agrarias-tematicas.html>



AUTORES

ADIEL FELIPE DA SILVA CRUZ
ALEXANDRE PEREIRA DE BAKKER
ALINE BAPTISTA BORELLI
ANTONIO LUIZ VIEGAS
ANTÔNIO PEREIRA DOS ANJOS NETO
AUGUSTO HENRIQUE BUSS
BELCHIOR OLIVEIRA TRIGUEIRO DA SILVA
BIANCA MARINA COSTA NASCIMENTO
BRUNO DE SOUZA OLIVEIRA
CACIA LEILA TIGRE PEREIRA VIANA
CAIO MARSURA DE MELO
CALVINO ZAQUEU AREIAS FELIX PINTO
CARLOS RENATO SILVA DOS SANTOS
CÍCERA FABRÍCIA ALVES DA COSTA
CLEICE KELLY DOS SANTOS NASCIMENTO
DANIELE BATISTA ARAÚJO
DAYANE GOMES DA SILVA
DJAIR ALVES DA MATA
DOMINGOS FRANCISCO CORREIA NETO
ESTEFANE DE SOUSA BORGES
FABIO MIELEZRSKI
FRANCISCO PEREIRA NETO
FRANCISCO RICARDO DUARTE
GÉISA EMANUELLE SILVA FARIAS
HARISON MICHEL CORREIA DE SOUSA
JACKELINE MATOS DO NASCIMENTO
JHONY VENDRUSCOLO
JOÃO BATISTA MEDEIROS SILVA
JOÃO HENRIQUE BARBOSA DA SILVA
JONATHAN BERNARDO BARBOZA
JÚLIO CÉSAR GUIMARÃES ALVES
JÚLIO SÉRGIO LEITE DA SILVA
KALLINE DE ALMEIDA ALVES CARNEIRO
LARISSA ALBUQUERQUE BRITOLETÍCIA MORO
LEONARDO BRECKENFELD DE LIMA
LETÍCIA MORO
LUAN ASSOLA
LUANA DOS SANTOS CARNEIRO
LÚCIA MARISY SOUZA RIBEIRO DE OLIVEIRA
LUCIMERE MARIA DA SILVA XAVIER
LUÍS MIGUEL VALENTE GONÇALVES

**LYLIAN SOUTO RIBEIRO
MAILSON VIEIRA DE JESUS
MARCELINO JOSÉ DA SILVA
MARIANA DE MELO SILVA
MARLENE PEREIRA DO NASCIMENTO
MATEUS LUIZ SECRETTI
MATHEUS LINÉ
PHILIP MOAB DUARTE DE AMORIM
RAIMUNDO NONATO DE ARAÚJO NETO
RENATO MARQUES ALVES
RICARDO ARGENTON RAMOS
RODRIGO SANTANA MACEDO
SAINT-CLEAR SENA E SANTOS
SALVIO NAPOLEÃO SOARES ARCORVERDE
SAMUEL ALBERTO CORRÊA PAEZ
SEBASTIANA MAELY SARAIVA
SIDNEY SAYMON CÂNDIDO BARRETO
SILAS DA SILVA SOUZA
SILVIO LISBOA DE SOUZA JÚNIOR
TAIS BENITEZ RUIZ FERNANDEZ
TALITA REGINA VELOSO RIBEIRO GOMES
TEUCLE MANNARELLI FILHO
THIAGO JARDELINO DIAS
VITOR ARAÚJO TARGINO**

APRESENTAÇÃO

É com grande entusiasmo e respeito pelo vasto campo do conhecimento agrário que apresentamos o livro "Ciências Agrárias: Temáticas Multidisciplinares". Esta obra representa um mergulho profundo em um universo de estudo fundamental para a humanidade, onde a intersecção de disciplinas se revela como a chave para compreendermos e enfrentarmos os desafios que permeiam a agricultura, a produção de alimentos e o manejo sustentável dos recursos naturais.

Agricultura não é apenas o ato de cultivar a terra; é uma ciência, uma arte e um compromisso com a saúde do planeta e das comunidades que nele habitam. Nesse contexto, este livro abraça a multidisciplinaridade como um alicerce essencial para explorar a complexidade dos sistemas agrícolas modernos. Desde a engenharia genética até a gestão ambiental, da economia rural à biotecnologia, das práticas agrícolas tradicionais às mais avançadas tecnologias digitais, cada capítulo desta obra revela facetas únicas de um panorama que exige uma abordagem abrangente e colaborativa.

Ao folhear estas páginas, o leitor será convidado a percorrer um caminho de descoberta, onde os avanços científicos e as experiências práticas se unem para propor soluções inovadoras. Os autores, especialistas e pesquisadores em suas respectivas áreas, compartilham seus conhecimentos e insights, oferecendo análises profundas sobre temas que abrangem desde a segurança alimentar global até a preservação dos ecossistemas rurais.

A essência deste livro reside na sua capacidade de conectar o micro ao macro, o rural ao urbano e o passado ao futuro. Ao fazê-lo, reflete a urgência de abordagens holísticas para resolver as questões prementes que envolvem a produção de alimentos, a sustentabilidade dos recursos naturais e a qualidade de vida das populações rurais e urbanas. Ao mesmo tempo, celebra a diversidade de perspectivas que enriquecem o campo das Ciências Agrárias, recordando-nos que a inovação muitas vezes emerge nos pontos de encontro entre disciplinas aparentemente distintas.

Nas páginas que se seguem, convidamos você a se envolver em uma jornada intelectual repleta de descobertas, onde a ciência se entrelaça com a prática, e onde


as soluções para os desafios agrários do nosso tempo são examinadas com rigor e visão de futuro. Que este livro inspire estudantes, pesquisadores, profissionais e todos aqueles que se preocupam com o futuro da agricultura e do nosso planeta.

Boa leitura e que as páginas que agora se abrem também sirvam de convite para a reflexão, o diálogo e a ação.

SUMÁRIO

<p>Capítulo 1 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE GRAMÍNEAS RECOMENDADAS PARA USO NO ESTADO DE RORAIMA <i>Harison Michel Correia de Sousa; Leonardo Breckenfeld de Lima; João Henrique Barbosa da Silva; Domingos Francisco Correia Neto; Cleice Kelly dos Santos Nascimento; Estefane de Sousa Borges; Cícera Fabrícia Alves da Costa; Calvino Zaqueu Areias Felix Pinto</i></p>	<p>11</p>
<p>Capítulo 2 DIFERENTES MALHAS AMOSTRAIS UTILIZADAS NA CARACTERIZAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DOS SOLOS DE CERRADO BRASILEIRO <i>Luan Assola; Caio Marsura de Melo; Jackeline Matos do Nascimento; Mateus Luiz Secretti; Tais Benitez Ruiz Fernandez; Mailson Vieira de Jesus; Salvio Napoleão Soares Arcorverde; Cacia Leila Tigre Pereira Viana</i></p>	<p>32</p>
<p>Capítulo 3 BIOESTIMULANTES VEGETAIS COMO PRECURSOR DE PRODUTIVIDADE NA CULTURA DO MILHO (Zea mays L.) <i>Augusto Henrique Buss; Leonardo Breckenfeld de Lima; João Henrique Barbosa da Silva; Júlio Sérgio Leite da Silva; Silas da Silva Souza; Djair Alves da Mata; Philip Moab Duarte de Amorim; Marcelino José da Silva; Fabio Mielezrski</i></p>	<p>51</p>
<p>Capítulo 4 FRACIONAMENTO QUÍMICO DA MATÉRIA ORGÂNICA: UMA REVISÃO SOBRE AS PRINCIPAIS METODOLOGIAS <i>Kalline de Almeida Alves Carneiro; Letícia Moro; Rodrigo Santana Macedo; Sebastiana Maely Saraiva; Raimundo Nonato de Araújo Neto; Jhony Vendruscolo; Alexandre Pereira de Bakker</i></p>	<p>71</p>
<p>Capítulo 5 EFEITOS DA SALINIDADE NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS: UMA REVISÃO DE LITERATURA <i>João Henrique Barbosa da Silva; Francisco Pereira Neto; Philip Moab Duarte de Amorim; Marcelino José da Silva; Belchior Oliveira Trigueiro da Silva; Silvio Lisboa de Souza Júnior; João Batista Medeiros Silva; Marlene Pereira do Nascimento; Dayane Gomes da Silva; Lucimere Maria da Silva Xavier; Luana dos Santos Carneiro; Larissa Albuquerque Brito</i></p>	<p>90</p>
<p>Capítulo 6 FRACIONAMENTO QUÍMICO DE FÓSFORO NO SOLO: REVISÃO DE MÉTODOS <i>Letícia Moro; Kalline de Almeida Alves Carneiro; Rodrigo Santana Macedo; Raimundo Nonato de Araújo Neto; Jhony Vendruscolo; Sebastiana Maely Saraiva; Alexandre Pereira de Bakker</i></p>	<p>105</p>

<p style="text-align: right;">Capítulo 7</p> <p>USO DE TORTA DE FILTRO SUPLEMENTADA COM NITROGÊNIO NA CULTURA DO QUIABO</p> <p><i>João Henrique Barbosa da Silva; Thiago Jardelino Dias; Bruno de Souza Oliveira; Adiel Felipe da Silva Cruz; Júlio César Guimarães Alves; Saint-Clear Sena e Santos; Antônio Pereira dos Anjos Neto; Lylían Souto Ribeiro; Daniele Batista Araújo; Talita Regina Veloso Ribeiro Gomes</i></p>	120
<p style="text-align: right;">Capítulo 8</p> <p>CURADORIA DA INFORMAÇÃO EM AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL: DESAFIOS E POSSIBILIDADES PARA GESTÃO COMPARTILHADA DO CONHECIMENTO</p> <p><i>Renato Marques Alves; Francisco Ricardo Duarte; Lúcia Marisy Souza Ribeiro de Oliveira; Ricardo Argenton Ramos</i></p>	135
<p style="text-align: right;">Capítulo 9</p> <p>MODELAGEM DO PLANO ESTRATÉGICO PARA COOPERATIVAS DE CRÉDITO: ESTUDO DE CASO, COM UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE IRAMUTEQ</p> <p><i>Teucle Mannarelli Filho; Carlos Renato Silva dos Santos; Luís Miguel Valente Gonçalves</i></p>	153
<p style="text-align: right;">Capítulo 10</p> <p>CORRELAÇÃO ESPACIAL ENTRE OS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E O ÍNDICE DE VEGETAÇÃO NDVI NA CULTURA DA SOJA</p> <p><i>Matheus Liné; Samuel Alberto Corrêa Paez; Jackeline Matos do Nascimento; Mateus Luiz Secretti; Tais Benitez Ruiz Fernandez; Aline Baptista Borelli; Antonio Luiz Viegas</i></p>	179
<p style="text-align: right;">Capítulo 11</p> <p>EFFECTS OF SALT STRESS ON BASIL (<i>Ocimum basilicum</i> L.)</p> <p><i>João Henrique Barbosa da Silva; Thiago Jardelino Dias; Daniele Batista Araújo; Mariana de Melo Silva; Bianca Marina Costa Nascimento; Vítor Araújo Targino; Géisa Emanuelle Silva Farias; Belchior Oliveira Trigueiro da Silva; Sidney Saymon Cândido Barreto; Jonathan Bernardo Barboza; Júlio César Guimarães Alves</i></p>	196
AUTORES	209



Capítulo 1
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE
GRAMÍNEAS RECOMENDADAS PARA
USO NO ESTADO DE RORAIMA
Harison Michel Correia de Sousa
Leonardo Breckenfeld de Lima
João Henrique Barbosa da Silva
Domingos Francisco Correia Neto
Cleice Kelly dos Santos Nascimento
Estefane de Sousa Borges
Cícera Fabrícia Alves da Costa
Calvino Zaqueu Areias Felix Pinto

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE GRAMÍNEAS RECOMENDADAS PARA USO NO ESTADO DE RORAIMA

Harison Michel Correia de Sousa

Instituto de Educação e Inovação – IEDI

Leonardo Breckenfeld de Lima

Instituto de Educação e Inovação – IEDI

João Henrique Barbosa da Silva

Universidade Federal da Paraíba – UFPB

Autor correspondente: henrique485560@gmail.com

Domingos Francisco Correia Neto

Universidade Federal da Paraíba – UFPB

Cleice Kelly dos Santos Nascimento

Universidade Federal da Paraíba – UFPB

Estefane de Sousa Borges

Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

Cícera Fabrícia Alves da Costa

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco – UFAPE

Calvino Zaqueu Areias Felix Pinto

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco – UFAPE

RESUMO

O setor pecuário é a fonte principal de alimentos e geração de emprego e renda a nível global. Contudo, tem-se elevado nos últimos anos a alta nos custos da produção animal fato que tá relacionado ao aumento do preço dos principais grãos que compõem a ração. Nesse

sentido, o uso de espécies forrageiras adequadas às regiões produtoras vem sendo uma alternativa viável. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo realizar por meio de pesquisa bibliográfica, o levantamento das peculiaridades de três espécies forrageiras (*Brachiaria brizantha*, *Brachiaria humidicola* e Capim-Capiaçu), demonstrando sua importância quanto ao seu uso no Estado de Roraima. Esse trabalho foi desenvolvido com base em uma pesquisa de abordagem qualitativa, realizada por meio de uma análise descritiva, utilizando-se de trabalhos publicados em revistas nacionais e internacionais no período dos últimos 8 anos ou superior que apresentam relevância para o referente estudo. Os resultados encontrados apontam que o gênero *Brachiaria* representa mais de 70% das pastagens cultivadas, apresentando três cultivares predominantes, sendo elas a Marandu, Piatã e Xaraés, utilizadas no Estado de Roraima. Além disso, entende-se que a *Brachiaria humidicola* e o Capim-Capiaçu é também fortemente utilizada no Estado, especialmente por pequenos produtores. Em síntese, este trabalho aponta as principais espécies forrageiras utilizadas em Roraima, enfatizando suas características principais bem como suas limitações, de modo que os resultados aqui selecionados possam subsidiar informações relevantes para os produtores do Estado. No entanto, entende-se que mais pesquisas são necessárias, bem como experimentos em campo com as cultivares e gêneros aqui apontados, buscando informações para a indicação mais precisa de uma espécie para uma determinada região do Estado.

Palavras-chave: *Brachiaria*. nutrição. pasto.

ABSTRACT

The livestock sector is the main source of food and generation of employment and income globally. However, there has been an increase in animal production costs in recent years, a fact that is related to the increase in the price of the main grains that make up the feed. In this sense, the use of forage species adapted to the producing regions has been a viable alternative. Thus, this work aimed to carry out, through bibliographical research, the survey of the peculiarities of three forage species (*Brachiaria brizantha*, *Brachiaria humidicola* and Capim-Capiaçu), demonstrating its importance regarding its use in the State of Roraima. This work was developed based on a research with a qualitative approach, carried out through a descriptive analysis, using works published in national and international journals in the period of the last 8 years or more that are relevant to the referent study. The results found indicate that the genus *Brachiaria* represents more than 70% of cultivated pastures, with three predominant cultivars, namely Marandu, Piatã and Xaraés, used in the State of Roraima. In addition, it is understood that *humidicola Brachiaria* and Capim-Capiaçu are also heavily used in the State, especially by small producers. In summary, this work points out the main forage species used in Roraima, emphasizing their main characteristics as well as their limitations, so that the results selected here can provide relevant information for producers in the State. However, it is understood that

more research is needed, as well as field experiments with the cultivars and genera mentioned here, seeking more precise information for the most precise indication of a species for a given region of the State.

Keywords: *Brachiaria*. nutrition. pasture.

INTRODUÇÃO

Mundialmente, o setor pecuário é a fonte principal de alimentos e geração de emprego e renda (KHANAL et al., 2022), fornecendo diversas maneiras de subsistência para cerca de 1,3 bilhões de pessoas, com boas perspectivas futuras de ser um setor ainda mais importante para garantir a segurança alimentar global, especialmente pelo crescente aumento da população humana com estimativa de 9,7 bilhões em 2050 (FAO, 2018). No entanto, nos últimos anos a alta nos custos da produção animal vem se elevando de forma abundante, fato que tá relacionado ao aumento do preço dos principais grãos que compõem a ração, como a soja e o milho, levando o produtor a tomar decisões alternativas para o manejo nutricional dos animais (CAETANO et al., 2021). Nesse sentido, o uso de espécies forrageiras adequadas as regiões produtoras vem sendo uma alternativa viável.

Na atividade agropecuária rural, seja ela pecuária leiteira ou de corte, o pasto é tido como a fonte principal de alimentos para a produção animal, utilizado pelos produtores como um alimento volumoso com fonte de fibra, sendo importante fazer uso de espécies que apresentem alta produtividade, qualidade, aceitabilidade e perenidade (SOUZA et al., 2021). Assim, a utilização de plantas forrageiras alternativas, de fácil cultivo e baixo custo é capaz de ajudar de forma significativa na substituição de alimentos tradicionalmente utilizados, além de suprir a necessidade de alimento para animais leiteiros no período de seca (RIZZO, 2019).

Para a produção de pequenos e grandes animais em regiões de clima equatorial e tropical-úmido, como é o caso do Estado de Roraima, torna-se primordial a utilização de fontes de alimentos com bom valor nutritivo para suprir as necessidades dos animais em pastejo, ou fazer uso de espécies forrageiras estratégicas, sendo este a forma mais utilizada por pequenos e médios produtores nessas regiões (FERNANDES et al., 2020). Dessa forma, é importante a escolha de espécies forrageiras adaptadas as regiões do Estado, e dentre as espécies cultivadas

com alto potencial forrageiro, tem-se *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria humidicola* e Capim-Capiaçu, consideradas de alta relevância na pecuária local e nacional.

Com base nessas questões, estudos que analisem o potencial do valor nutritivo de importantes espécies forrageiras utilizadas no Estado de Roraima são de grande importância. Com o intuito de contribuir com os avanços nesse campo de estudo, objetivou-se com este trabalho realizar por meio de pesquisa bibliográfica, o levantamento das peculiaridades de três espécies forrageiras (*Brachiaria brizantha*, *Brachiaria humidicola* e Capim-Capiaçu), demonstrando sua importância quanto ao seu uso no Estado de Roraima.

MÉTODOS

Tipo de pesquisa

Esse trabalho foi desenvolvido com base em uma pesquisa de abordagem qualitativa, realizada por meio de uma análise descritiva, com a técnica de documentação indireta, sendo caracterizada como uma revisão de literatura narrativa.

Quanto aos procedimentos técnicos empregados, é do tipo de documentação indireta, valendo-se da pesquisa documental, especificamente para a coleta de dados e pesquisa bibliográfica. Segundo Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa bibliográfica tem também aspecto documental já que se usa documentos técnico e científico na pesquisa.

Nesse sentido, este trabalho é uma revisão de literatura do tipo narrativa, ou seja, refere-se a um método de pesquisa onde é utilizado outros estudos e pesquisas de mesma temática.

Procedimentos técnicos

Para tanto, utilizou-se de trabalhos publicados em revistas nacionais e internacionais, com base de dados de sites e por meio das bibliotecas digitais: a Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Conab, Embrapa, Periódico CAPES, Web of Sciences e SCOPUS, no período dos últimos 8 anos ou superior que apresentam relevância para o referente estudo, sem restrição de idioma ou critérios de exclusão, com informações presentes em banco de dados disponíveis na internet e em livros, podendo assim ser encontrado na fonte original na pesquisa.

Para a seleção dos trabalhos, foram utilizados os seguintes descritores: “valor nutritivo”, “espécie forrageira”, “produção animal”, “*Brachiaria brizantha*”, “cultivar Marandu”, “cultivar Piatã”, “cultivar Xaraés”, “*Brachiaria humidicola*”, “Capim-Capiaçu”, entre outros.

Por se tratar de uma revisão de literatura narrativa, em que a escolha dos artigos para compor a fundamentação teórica do trabalho não necessita o esgotamento de uma fonte de dados, não houve um fluxograma definido referente a cada etapa de seleção das pesquisas, considerando a amplitude utilizada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas seções a seguir, será abordado a importância dos pastos para a alimentação animal, destacando as espécies forrageiras *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria humidicola* e Capim-Capiaçu, de modo a mostrar a importância dessas espécies, focando principalmente para as condições do Estado de Roraima.

IMPORTÂNCIA DOS PASTOS PARA A ALIMENTAÇÃO ANIMAL

As áreas com ocupação por pastagens no Brasil apresentam aproximadamente 21% do território e estão relacionadas às mais significativas alterações de utilização e cobertura do solo no país (FERNANDES et al., 2022). Dessa forma, ainda de acordo com os mesmos autores, levando em consideração que o pasto para os animais é tido como o principal alimento em muitas regiões brasileiras, a produtividade pecuária está fortemente ligada à qualidade e produtividade das pastagens. Contudo, a média da produtividade da pecuária no país é considerada baixa, mostrando que a qualidade das espécies forrageiras utilizadas também é baixa.

Os pastos é a base natural de alimento para os animais, além de ser uma forma menos onerosa de produzir forragem. Nesse sentido, torna-se importante fazer uso de plantas forrageiras que apresentem boa produção e valor nutritivo alto para os animais, o que ajuda em maior produtividade visto a possibilidade de maior taxa de lotação na área de pastagens (SOUZA et al., 2018). Pesquisas apontam que aproximadamente 90% da produção de bovinos de corte no Brasil apresentam criação à pasto, o que acaba exigindo uma alta quantidade de alimento volumoso (RIBEIRO, 2021).

Além de fatores como extensão territorial, boa incidência solar e solo adaptável para a produção de forrageira, outro fator que ocasiona o baixo custo da produção de pastos está relacionado ao sistema de colheita, visto o próprio animal em pastagem realizar esses procedimentos sem que precise fazer uso de mão-de-obra e mecanização (RIBEIRO, 2021). Além disso, a região onde a cultivar é empregada diz muito a respeito sobre seu potencial produtivo, por exemplo, Roraima por ser situado em um clima tropical, tende a apresentar condições edafoclimáticas ideais para o desenvolvimento de forrageiras.

Para que seja possível obter boa produtividade com animais em situação de pastejo, deve-se levar em consideração a produção da forragem utilizada na área, de modo que a espécie consiga atender a demanda dos animais durante todo o ano, além de apresentar teores de proteína bruta de aproximadamente 7%, consumo dos animais de forma voluntária e boa conversão alimentar, o que torna, por sua vez, o consumo de forragem de maneira eficiente (KOSCHECK et al., 2015). Assim, a performance dos animais está relacionada de maneira direta com a qualidade da pastagem.

No Brasil, alguns fatores são considerados essenciais para que as espécies forrageiras diminuam sua produção em alguns meses do ano, como por exemplo, redução da luminosidade, diminuição da temperatura e levando em consideração a região Norte, como é o Estado de Roraima, está relacionado a queda drástica na quantidade de chuva (SOUZA et al., 2018). Além disso, fatores como o manejo inadequado (adubação errada, degradação do pasto, e superpastejo) ocasionam reduções de forma significativa, com produção desuniforme da forragem durante o ano.

Assim sendo, para que seja possível a sobrevivência das espécies forrageiras em uma determinada área, é primordial que os produtores realizem manutenção constante do solo, de modo a oferecer condições adequadas para seu bom desenvolvimento, onde de início, é importante a realização de uma análise laboratorial do solo para entender se na área há uma necessidade de correção, seguida da adubação ou realização da correção do solo por meio de técnicas como a gessagem e calagem (EMBRAPA, 2020).

De modo geral, os sistemas de produção de animais no Brasil se caracterizam pelo uso de plantas forrageiras como sendo o alimento principal para o rebanho ou plantel, visto as forrageiras viabilizarem a competitividade brasileira e possibilitarem a

produção de forma natural, respeitando o meio ambiente e os próprios animais, e com isso, torna-se necessário a escolha da espécie para cada tipo de animal, visto que a forrageira deve atender as condições edafoclimáticas, manejo, espécie animal e o sistema de produção empregado na área, bem como o produtor deverá conhecer os hábitos de crescimento da espécie como também suas exigências nutricionais (TEIXEIRA et al., 2011; EUCLIDES et al., 2014). Com isso, levando em consideração que toda espécie forrageira apresenta suas vantagens e limitações, é de fundamental importância a investigação daquelas que apresentem vasta utilização em regiões produtoras, como é o caso do Estado de Roraima, afim de elencar suas principais características.

BRACHIARIA BRIZANTHA

O gênero *Brachiaria* representa mais de 70% das pastagens cultivadas, fato que está ligado a boa adaptabilidade a solos ácidos, carente em fertilidade, tolerância a altos teores de alumínio e baixos teores de cálcio e fósforo no solo, no entanto, as gramíneas desse gênero apresentam problemas de baixo valor nutritivo, limitando a sua utilização àquelas categorias que necessitam de menor exigência nutricional (AMORIM et al., 2017). Na espécie *B. Brizantha* apresenta três cultivares predominantes, Marandu, Piatã e Xaraés.

CULTIVAR MARANDU

A cultivar Marandu (Figura 1), se destaca entre as cultivares de *B. Brizantha*, com aproximadamente 30 anos de pesquisa e produção, sendo reconhecida por apresentar elevada resistência e rusticidade a pragas como cigarrinha, bem como apresenta alta produção, boa qualidade e cobertura de solo, sendo, portanto, a forrageira mais plantada no Brasil (VALE BEZERRA et al., 2020). Essa cultivar é uma gramínea forrageira perene que apresenta hábito de crescimento cespitoso, com formação de touceiras que chega a aproximadamente 1,0 metro de diâmetro e afilhos com altura de até 1,5 metros, apresentando rizomas horizontais curtos, duros, curvos, cobertos por escamas glabras de coloração amarela e púrpura, com sistema radicular profundo, o que ajuda na sobrevivência em períodos de estiagem ou seca prolongada (CUNHA JÚNIOR, 2022).



Figura 1. *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu. Fonte: Ponto Alto (2020).

Por apresentar bom funcionamento em períodos de seca, e capacidade de rotação no período das águas, está cultivar pode obter ganhos médios diários que pode chegar a 720 gramas por animal no período de bons índices pluviométricos e pouco mais de 255 gramas em períodos secos (BITTAR, 2017). A Marandu é originária do Zimbábue, lançada pela Embrapa em 1984, com bom valor nutritivo, produtividade em matéria verde, com alta velocidade na rebrota, sendo considerada ainda uma ótima produtora de sementes (SILVA, 2015). Segundo Martins (2014), está cultivar se destaca por apresentar boa produção de matéria seca, podendo chegar de 12 a 20 t/ha/ano, oferecendo uma quantidade de proteína bruta na MS de até 10% com ótima palatabilidade.

Em estudo realizado por Costa et al. (2016), ao avaliarem o efeito de níveis de desfolhação sobre a produção de forragem e características morfogênicas e estruturais de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu nos cerrados de Roraima, observaram que a manutenção dessa cultivar sob resíduos de 20 a 25 cm asseguram maior produtividade e eficiência de uso da forragem, favorecendo o pastejo. Além disso, em Roraima, essa forrageira é indicada para todas as fases de criação de bovinos, como cria, recria e engorda, visto que no momento de escolha para uso, essa espécie apresenta boas qualidades, como já supracitadas.

Dessa forma, muitos estudos no tocante a suas características fisiológicas vem sendo realizados, de modo a buscar otimização da produção por sofrer influência pela adubação, bem como os nutrientes necessários para seu bom desenvolvimento nem sempre se fazer presente no local de cultivo, e com quantidades propicias, podendo

assim, ser fornecido através de práticas de adubação levando em consideração o potencial produtivo da forrageira (ROSAS, 2017).

Por apresentar características inerentes, a Marandu é considerada como uma importantes espécie forrageira no sistema de produção animal a pasto, contudo, para que seja possível obter boa produtividade, é primordial um bom manejo da pastagem, visando bons rendimentos e qualidade da espécie produzida, e para tal, é necessário entender as peculiaridades da mesma, que como observado, se destaca em físicas, estruturais e anatômicas (CARNEIRO et al., 2014; MOREIRA, 2018). Assim, essa cultivar vêm sendo alvo de uso no Estado de Roraima para alimentação animal, visto suas vantagens que lhe confere bons rendimentos produtivos aos animais manejados com essa forrageira.

Quanto a fertilidade, a cv. Marandu é exigente em solos bem drenados e que apresentem de média a alta fertilidade do solo, capazes de produzir de 8 a 20 toneladas de matéria seca/ha/ano, respondendo de forma positiva em solos com saturação por bases de 40% (EMBRAPA, 2023). Quanto a adubação fosfatada, esta deve ser realizada segundo a análise química e textura do solo, de modo que para solos muito argilosos, com mais de 60% de argila, a adubação fosfatada deve ser suficiente para aumentar os teores de fósforo (extrator Mehlich⁻¹) para 4 mg/dm³, e para solos com 36 a 60% de argila para 6 mg/dm³, 16 a 35% para 12 mg/dm³ e aqueles solos com menos de 15% de argila, para 15 mg/dm³, fazendo uso de adubação potássica apenas quando o solo se encontrar abaixo de 50 mg/dm³ (UNIPASTO, 2014). Ainda, para uso em ambientes de recuperação e/ou pastejos intensivos, é recomendado a aplicação de pelo menos 30 kg/ha de S e 30 kg/ha de uma fonte composta de micronutrientes, como FTE.

CULTIVAR PIATÃ

A cultivar Piatã (Figura 2), é uma espécie de forrageira de alto valor nutritivo, com grande palatabilidade e apresenta crescimento cespitoso, ereto e rápido estabelecimento, com porte médio e apresenta colmos tenros, com boa produção de folhas e menor relação caule/folha (PASTOTECH, 2023). Essa planta pode ser empregada em pastejo direto e silagem, sendo altamente utilizada no Estado de Roraima por apresentar tempo médio para o primeiro pastejo, que ocorre de 60 a 70 dias com animais jovens e leves, com entrada quando a espécie atingir

aproximadamente 70 cm, realizando a retirada dos animais quanto as plantas estiverem com 30 cm, com o intuito de ajudar na longevidade da pastagem, bem como aumentar o tempo de rebrota (PASTOTECH, 2023).



Figura 2. *Brachiaria Brizantha* cv. Piatã. Fonte: Germine (2019).

É uma cultivar derivada de um ecótipo da Etiópia, localizado na África, se diferenciando das demais cultivares do gênero *Brizantha*, especialmente por sua rápida rebrota e elevada relação folha/caule, sendo uma gramínea perene que consegue atingir até os 110 cm de altura (VIEIRA et al., 2019). Além disso, a Piatã apresenta fácil estabelecimento e resistência a pragas como cigarrinhas-das-pastagens, além de apresentar média tolerância a solos mal drenados, o que é extremamente importante quando comparado a Marandu, no qual sofre com a morte súbita em solos encharcados em regiões Norte do país, como é o caso de Roraima (NOGUEIRA, 2019).

Na Tabela 1, pode-se observar as principais características desta cultivar.

Tabela 1. Características da *Brachiaria Brizantha* cv. Piatã. Fonte: Pastotech (2023).

Brachiaria Brizantha cv. Piatã	
PROTEÍNA MAT. V. (%)	10 a 12
PROTEÍNA MAT. S. (%)	6 a 8
PROD. MASSA V. TON/HA/ANO	40 a 50
PALATABILIDADE	Média/Alta
TIPO DE CRESCIMENTO	Touceira
TOLERÂNCIA	
SECA	Alta
FRIO	Média
UMIDADE	Baixa

PISOTEIO	Média
CIGARRINHA	Resistente
UTILIZAÇÃO	Pastoreio
RECOMENDADO	Bovino / Ovino
PROFUNDIDADE PLANTIO (CM)	1 a 3
EXIGÊNCIA DE FERTILIDADE	Média/Alta
PASTEJO	
ENTRADA / (CM)	70
SAÍDA / (CM)	30

Se tratando de fertilidade, é uma cultivar que é mais indicada para solos com média fertilidade, sendo equivalente a cv. Marandu em relação a este aspecto e menos exigente a cv. Xaraés. Quanto a nutrição, é necessário se basear na análise química do solo, no entanto, sugere-se elevar a saturação por bases do solo em pelo menos 40%. Essa cultivar responde melhor ao fósforo quando comparado a outras cultivares de *B. Brizantha*, podendo ser incluído na formula de adubação de plantio ou aplicação isolada, 30 kg de enxofre por hectare. Aplicar, também, de 50 a 75 kg/ha de nitrogênio, 30 a 45 dias após a germinação das plantas, ou, especialmente, após um leve pastejo de uniformização, sendo necessário a aplicação de 40 a 50 kg/ha de na fórmula de FTE que contenha zinco, cobre e molibdênio, no plantio, repetindo a cada três a quatro anos (UNIPASTO, 2014).

Com base nas informações apresentadas, e levando em consideração as características da cultivar em questão, torna-se mais fácil o entendimento por parte do produtor para uso dessa cultivar em seu ambiente de produção. Para tal, é necessário que o local seja propício para receber a cultivar, com o intuito de favorecer seu bom desenvolvimento sob as condições do ambiente.

CULTIVAR XARAÉS

A cultivar Xaraés (Figura 3), é originária de Burundi, localizado na África, com liberação pela Embrapa em 2003, sendo uma cultivar cespitosa de crescimento ereto e que consegue atingir até 1,5 metros de altura, com alta produtividade e boa porcentagem de folhas, com florescimento tardio que ajuda no prolongamento do pastejo durante períodos secos do ano (NOGUEIRA, 2019). Ainda de acordo com o mesmo autor, essa cultivar se destaca pelo seu valor nutritivo de qualidade, boa tolerância ao pastejo e capacidade de suporte cerca de 20% superior ao se comparar com a Marandu.



Figura 3. *Brachiaria Brizantha* cv. Xaraés. Fonte: Germine (2019).

Em contrapartida, a limitação dessa cultivar se dar no florescimento tardio, tornando a planta suscetível à mela das sementes, além de ser uma forrageira não indicada em ambientes com elevada infestação de cigarrinhas, visto ser uma planta que não apresenta resistência a este tipo de praga (NOGUEIRA, 2019). Quanto ao seu manejo em pastagem, este deve ser realizado quando as plantas se encontrarem com 25 cm de altura em pastejo contínuo ou 30 cm de entrada e (15 cm ou 20 cm de saída), com e sem adubação, respectivamente, quando for realizado o manejo em sistema rotacionado.

Em síntese, essa cultivar é indicada para regiões de clima tropical de cerrados, que apresentem superiores 800 mm de chuvas ao ano, e que apresentem até 5 meses de estação seca e para regiões que apresentem clima tropical úmido. No entanto, por apresentar suscetibilidade a pragas como a cigarrinha, essa variedade apresenta restrições de utilização em algumas regiões no Norte do país, não sendo totalmente indicada para o Estado de Roraima, norte de Mato Grosso, Tocantins, Rondônia e entre outros estados brasileiros.

Se tratando de fertilidade e nutrição, a cv. Xaraés responde bem ambientes de media fertilidades, sendo recomendado o uso de calagem para que se consiga elevar a saturação por bases do solo em 40%. Quanto ao uso de corretivos e fertilizantes, é importante fazer uso da análise química do solo para proceder com a adubação, no entanto, é uma cultivar altamente responsiva ao fósforo (P), possuindo uma elevada taxa de crescimento em fertilidade de solo mais alta, quando comparada as demais cultivares de *B. brizantha*, apresentando ainda, boa adaptação a solos arenosos,

recomendando-se fazer uso de 75 kg/ha/ano de nitrogênio (N) quando visa o sistema de recria e engorda, utilizando-se na fórmula de adubação ou em aplicação isolada, 30 kg de enxofre (S) por hectare (UNIPASTO, 2014). Se tratando de micronutrientes, para essa cultivar, é recomendável a aplicação entre 40 e 50 kg por hectare de uma fórmula de FTE que apresente zinco, cobre e molibdênio, para um período residual de 3 a 4 anos.

BRACHIARIA HUMIDÍCOLA

A *Brachiaria Humidícola* cv. Humidícola (Figura 4), é uma espécie de planta forrageira altamente utilizada no Estado de Roraima, principalmente por pequenos produtores da região, visto ser adaptável a solos com baixa fertilidade e alto nível de umidade, sendo seu uso principal para pastoreio direto, sendo indicado para gado de corte, principalmente, bem como caprinos e ovinos, sendo a altura de manejo dessa espécie de 20 cm na entrada e 10 cm na saída (BONAMIGO, 2022). Ainda, é uma espécie de origem da África equatorial, apresentando resistência ao pastejo e capaz de produzir até 50 kg/ha de semente.



Figura 4. *Brachiaria Humidícola* cv. Humidícola. Fonte: Bonamigo (2022).

A Humidícola apresenta um ciclo vegetativo perene, com hábito de crescimento do tipo estolonífero, com um porte de planta que chega até 1,0 metro de altura, com boa digestibilidade pelos animais e palatabilidade agradável, com teor de proteína

bruta na Massa Seca (MS) que chega de 4 a 8% e produção de MS que varia entre 8 a 10 ton/ha/ano, sendo uma espécie tolerante a seca e encharcamento, possuindo ainda tolerância ao frio por ser uma planta tropical, o que a torna ainda, tolerante a cigarrinha das pastagens e a solos de baixa fertilidade (BONAMIGO, 2022).

Para que seja possível o plantio de 1 hectare de Humidícola para o gado, cerca de 3 a 4 kg de sementes são necessárias para tal, levando em consideração uma taxa de germinação das sementes de aproximadamente 30% ou superior. Por esse motivo, produtores de animais do estado de Roraima se interessam pela espécie forrageira em questão, visto suas peculiaridades positivas. Na Tabela 2, pode-se observar algumas características principais dessa forrageira.

Tabela 2. Características da *Brachiaria Humidícola* cv. Humidícola. Fonte: Bonamigo (2022).

Brachiaria Humidícola cv. Humidícola	
CICLO VEGETATIVO	Perene
TIPO DE CRESCIMENTO	Estolonífero
ALTURA DA PLANTA	1,0 m
DIGESTIBILIDADE	Boa
PALATABILIDADE	Boa
PROTEÍNA BRUTA NA MS	4 a 8%
PRODUÇÃO DE MS	8 a 10 t/ha/ano
TOLERÂNCIA	
SECA	Alta
ENCHARCAMENTO	Alta
FRIO	Média
CIGARRINHA	Tolerante
FERTILIDADE DO SOLO	Baixa

Além disso, quanto ao ganho de peso (g/animal/dia), nas águas, essa forrageira chega a oferecer de 350 a 420 g/animal/dia, e na seca, chegando entre 130 a 180 g/animal/dia (SAFRASUL, 2023). No tocante a produtividade animal anual (kg peso vivo/ha/ano), está varia de 180 a 230 kg peso vivo/ha/ano, com manejo de pastejo em sistema contínuo ocorrendo de 15 a 25 cm, e se tratando de sistema rotacionado, com entrada de 25 cm e retirada de 15 cm (SAFRASUL, 2023).

Quanto a fertilidade, a *B. Humidícola* é responsiva em solos de baixa fertilidade, e saturação por bases do solo de 35 a 40%, e teores de fósforo (P) e potássio (K) no extrator de Mehlich⁻¹ entre 3 e 9, e 50 e 60 mg/dm³, respectivamente na camada de 0 a 20 cm de profundidade (UNIPASTO, 2014), no entanto, responde melhor com adubações de manutenção.

Haja vista tais vantagens dessa planta, é comum observar esse tipo de espécie no Estado de Roraima, sendo utilizada principalmente pelos pequenos produtores para uso na alimentação animal, o que acaba por oferecer um material de qualidade que tende a ter um alto retorno em um curto período de tempo. Dessa forma, é importante o conhecimento por parte dos produtores referente a espécie humidícola, visto que a compreensão sobre suas características acarreta em seu melhor uso.

CAPIM-CAPIAÇU

O Capiaçú (Figura 5), é uma espécie de forrageira que foi desenvolvida com o objetivo de atender a demanda por cultivares para corte e silagem, se destacando por apresentar alto potencial de produção, bom valor nutritivo e facilidade de mecanização (EMBRAPA, 2021).



Figura 5. Capiaçú. Fonte: Embrapa (2021).

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, o Capiaçú é conhecido por apresentar plantas com alto porte, chegando a alcançar superiores 4,0 metros de altura, com folhas verdes, largas e compridas, com ausência de pêlos em suas folhas quando a planta se encontra adulta, apresentando ainda colmos grossos e internódios compridos (EMBRAPA, 2021). Ainda de acordo com a Embrapa, o crescimento dessa espécie se destaca por ser vigoroso, com rápida expansão foliar e alta intensidade de perfilhamento por metro quadrado, conferindo alta resistência ao acamamento, o que por consequência favorece a colheita mecanizada.

Além disso, o florescimento dessa forrageira é tardio, ocorrendo nos meses de junho e julho na maioria das vezes, com boa tolerância ao estresse hídrico moderado, tornando assim, uma planta viável para locais com alto risco de ocorrência de veranicos. Assim sendo, o Capiáçu é uma espécie com alto destaque no Estado de Roraima, fato que está ligado principalmente a sua boa característica como planta forrageira. Outro fato que torna seu uso abundante no Estado, está no potencial de produção de biomassa, chegando a aproximadamente 30% superior a diversas outras cultivares, chegando a alcançar em torno de 50 ton/ha/ano de matéria seca ou 300 ton/ha/ano de matéria verde, obtido em três colheitas anuais (EMBRAPA, 2021). Em relação a forma de utilização dessa planta, é indicado para cultivo de capineiras, objetivando a suplementação de volumosa em forma de silagem ou picado verde, no entanto, por apresentar alto potencial de produção, é uma planta altamente utilizada para produção de biomassa energética.

Se manejada de forma adequada, a capineira consegue se manter produtiva por até 15 anos sem que precise realizar o replantio, contudo, é necessário entender que os colmos para o cultivo desta espécie precisam ser 'maduros', ou seja, apresentar entre 120 a 150 dias de crescimento, visto as gemas já estarem apresentando boa brotação (EMBRAPA, 2021).

No tocante a fertilidade e nutrição, o capim-Capiáçu, é importante que no momento do plantio, seja realizada adubação fosfatada nos sulcos, utilizando-se, para a maior parte dos solos, de 120 kg/ha de P₂O₅, que corresponde a 600 kg/ha de superfosfato simples, contudo, é importante a análise química do solo para uma adubação mais precisa (PEREIRA et al., 2016). Os mesmos autores apontam que, quanto a aplicação de potássio (K), este só deverá ser realizada no inferior a 50 ppm, em uma dose de 80 a 100 kg/ha de KCl. Por sua vez, em cobertura/manutenção, deve ser realizada quando as plantas atingirem a altura média de 50 cm, realizando aplicações fracionadas de 1.200 kg/ha/ano da formulação NPK (20-05-20), após cada corte, sempre com o solo úmido (PEREIRA et al., 2016).

Em síntese, percebe-se que o Capiáçu é uma forrageira com boas qualidades para a produção animal. No entanto, é necessário a compreensão mais aprofundada sobre essa espécie antes do seu uso, levando em consideração as informações supracitadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados apontam que o gênero *Brachiaria* representa mais de 70% das pastagens cultivada, apresentando três cultivares predominantes, sendo elas a Marandu, Piatã e Xaraés, utilizadas no Estado de Roraima.

Entende-se que a *Brachiaria humidicola* e o Capim-Capiaçu pode ser fortemente utilizada no Estado, especialmente por pequenos produtores.

Entende-se que mais pesquisas são necessárias, bem como experimentos em campo com as cultivares e gêneros aqui apontados, buscando informações para a indicação mais precisa de uma espécie para uma determinada região do Estado.

REFERÊNCIAS

AMORIM, D. S.; SILVA, A. L.; SOUSA, S. V.; SOUSA, P. H. A. A.; REIS, Á. L. A. Caracterização e restrições de forrageiras indicadas para as diferentes espécies de animais de produção—revisão. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 3, n. 1, p. 215-237, 2017.

BITTAR, D. Y. **Características morfológicas e acúmulo de biomassa de forrageiras irrigadas em ambiente de domínio de cerrado**. 2017. 101f. Dissertação (Mestrado em irrigação no cerrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, 2017.

BONAMIGO. ***Brachiaria Humidicola, ou Capim Humidicola***. 2022. Disponível em: <https://www.sementesbonamigo.com.br/>. Acessado em: 25 de março de 2023.

BONI, D.; LARA, O. Q.; FERREIRA, E. Aproveitamento do esterco de poedeiras na adubação do capim Mombaça na Zona da mata Rondoniense. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 1, p. 903-919, 2021.

CAETANO, A. K. C. O. S.; LIMA SILVA, C. A.; SILVA SANTOS, H. C.; SILVA, L. D. S. B.; SANTOS, D. M.; PINTO, A. D. V. F.; HOLANDA LEITE, M. J. Moringa Oleífera Lam como forrageira alternativa na alimentação animal. **Pesquisas agrárias e ambientais Volume VII**, Pantanal Editora, p. 70-79, 2021.

CARNEIRO, B.; PEREIRA, P. D. H.; SANTOS PINA, D.; CARNEVALLI, R. A.; LOPES, L. B. Intensificação da produção animal em pastagens: **Anais do 1o Simpósio de Pecuária Integrada**, 2014.

COSTA, N. D. L.; TOWNSEND, C. R.; FOGAÇA, F. D. S.; MAGALHÃES, J. A.; SANTOS, F. D. S.; RODRIGUES, B. H. N. Rendimento de forragem e morfogênese de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob diferentes períodos de descanso. **PUBVET**, v. 10, n. 4, p. 307-311, 2016.

CRUZ, P. G. **Produção de forragem em *Brachiaria brizantha*: adaptação, geração e avaliação de modelos empíricos e mecanicistas para estimativa do acúmulo de forragem**. 2010. 103f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, 2010.

CUNHA JÚNIOR, M. **Adubação nitrogenada em braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu)**. 2022. 39f. TCC (Bacharelado em Agronomia) - Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA, 2022.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **A importância dos modelos de pastagem para a qualidade dos rebanhos**. 2020. Disponível em: <https://summitagro.estadao.com.br/>. Acessado em: 25 de fevereiro de 2023.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **BRS Capiçu e BRS Kurumi: cultivo e uso**. 2021. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1131853>. Acessado em: 02 de abril de 2023.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. ***Brachiaria brizantha* cv. Marandu**. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/863/brachiaria-brizanthacv-marandu>. Acessado em: 17 de maio de 2023.

EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; BARBOSA, R. A.; NANTES, N. N. Manejo do pastejo de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf e de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Ceres**, v. 61, p. 808-818, 2014.

FAO. **The Future of Food and Agriculture-Alternative Pathways to 2050**; FAO: 2018, 224p.

FARIA, A.J.G.; FREITAS, G.A.; GEOR-GETTI, A. C. P.; FERREIRA JÚNIOR J. M.; SILVA, M. C. A.; SILVA, R. R., Adu-bação nitrogenada e potássica na produtividade do capim Mombaça sobre adubação fosfatada. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v. 2, n. 3, p. 98-106, 2015.

FERNANDES, L. D. O.; D'AUREA, A. P.; MACIEL, G.; LUCENA, A. **Novas conquistas na alimentação dos bovinos**. In: Bovinos do Brasil. 2022. 143-167p.

FERNANDES, P. B.; FARIA THEODORO, G.; GURGEL, A. L. C.; COSTA, C. M.; COSTA, A. B. G.; SANTANA, J. C. S.; BOMFIM, L. N. Aspectos relacionados ao potencial forrageiro do sorgo: revisão. **Pubvet**, v. 14, p. 119, 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2017**. Disponível em: < https://censoagro2017.ibge.gov.br/templatess/censo_agro/resultadosagro/estabelecimentos.html?localidade=0 >. Acesso em: 06 de maio de 2023.

KHANAL, P.; DHAKAL, R.; KHANAL, T.; PANDEY, D.; DEVKOTA, N. R.; NIELSEN, M. O. Sustainable livestock production in Nepal: A focus on animal nutrition strategies. **Agriculture**, v. 12, n. 5, p. 679, 2022.

KOSCHECK, J. F. W.; ZEVOUDAKIS, J. T.; DE CARVALHO, D. M. G.; DA SILVA CABRAL, L.; AMORIM, K. P.; DA SILVA, R. G. F.; DA SILVA, R. P. Suplementação de bovinos de corte em sistema de pastejo. **Uniciências**, v. 15, n. 1, 2015.

MARTINS, M. V. R. **Adubação nitrogenada em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no município de Humaitá-AM**. 2014. 40f. TCC (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Amazonas Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente Curso de Agronomia, 2014.

MATSUDA. **Sementes MG12 Paredão**. 2022. Disponível em: <https://sementes.matsuda.com.br/br/produto/mg-12-paredao/>. Acessado em: 08 de maio de 2023.

MOREIRA, E. D. S. **Produtividade e valor nutritivo de *Urochloa brizantha* cv. Piatã e qualidade do solo em sistemas Silvopastoris na região Central de Minas Gerais**. 2018. 135f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2018.

NOGUEIRA, L. ***Brachiaria brizantha*: principais orientações para tirar o melhor proveito**. 2019. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/brachiaria-brizantha/>. Acessado em: 22 de março de 2023.

PASTOTECH. ***Brachiaria Brizantha* cv. BRS Piatã**. 2023. Disponível em: <http://www.pastotech.com.br/produtos/7-brachiaria-brizantha-cv-brs-piata>. Acessado em: 21 de março de 2023.

PEREIRA, A. V.; LEDO, F. J. S.; MORENZ, M. J. F.; LEITE, J. L. B.; SANTOS, A. M. B.; MARTINS, C. E.; MACHADO, J. C. **BRS CAPIAÇU: Cultivar de capim-elefante de alto rendimento para produção de silagem**. 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1056288/brs-capiacu-cultivar-de-capim-elefante-de-alto-rendimento-para-producao-de-silagem>. Acessado em: 02 de abril de 2023.

PONTO ALTO. ***Brachiaria Brizantha* cv Marandu é a cultivar mais plantada do mundo**. 2020. Disponível em: <https://www.sementespontoalto.com.br/brachiaria-brizantha-cv-marandu-e-a-cultivar-mais-plantada-do-mundo/>. Acessado em: 21 de fevereiro de 2023.

RIBEIRO, M. F. F. C. **Suplementação alimentar de bovinos de corte a pasto visando a produção intensiva**. 2021. 33f. TCC (Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal do Tocantins, 2021.

RIZZO, P. V. **Moringa oleífera para alimentação animal**. 2019. REPILeite. Disponível em: <<http://www.repileite.com.br/profiles/blogs/moringa-oleifera-para-alimenta-o-animal-1>>. Acesso em: 10 de março de 2023.

ROSAS, R. C. ***Brachiaria brizantha* cv. Marandu X Adubação nitrogenada: Influência no crescimento inicial e características fisiológicas**. 2017. 86f.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2017.

SAFRASUL. **B. Humidícola**. 2023. Disponível em: <https://safrasulementes.com.br/produto/brachiaria-humidicola-cv-humidicola/>. Acessado em: 26 de março de 2023.

SILVA, K. N. **Caracterização molecular de Johnsongrass mosaic virus em plantas forrageiras dos gêneros *brachiaria*, *panicum* e *pennisetum***. 2015.111f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade de Brasília, 2015.

SOUZA, E. L.; CRUZ, P. J. R.; BONFÁ, C. S.; MAGALHÃES, M. A. Plantas forrageiras para pastos de alta produtividade. **Revista eletrônica Nutritime**, v. 15, n. 4, 2021.

SOUZA, J. G.; AIRES, F. P. G.; GOMIDE, P. H. O.; NUNES, J. C. Calagem e adubação no crescimento do capim Mombaça em Rorainópolis, Roraima. **Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, v. 13, n. 1, p. 24-35, 2020.

TEIXEIRA, S.; BRANCO, A. F.; GRANZOTTO, F.; BARRETO, J. C.; ROMA, C. F. D. C.; CASTAÑEDA, R. D. Fontes de fósforo em suplementos minerais para bovinos de corte em pastagem de *Cynodon nlemfuensis* Vandyerst. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 190-199, 2011.

UNIPASTO. **Marandu**. 2014. Disponível em: <http://www.semembras.com.br/folders/marandu.pdf>. Acessado em: 20 de maio de 2023.


UNIPASTO. **Piatã**. 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/123641/1/Folder-Piata-Final-2014.pdf>. Acessado em: 20 de maio de 2023.

UNIPASTO. **Tupi**. 2014. Disponível em: <http://semembras.com.br/folders/brs-tupi.pdf>. Acessado em: 20 de maio de 2023.

UNIPASTO. **Xaraés**. 2014. Disponível em: <https://www.semembras.com.br/folders/xaraes.pdf>. Acessado em: 20 de maio de 2023.

VALE BEZERRA, J. D.; NETO, J. V. E.; SILVA ALVES, D. J.; NETA, I. E. B.; NETO, L. C. G.; SILVA SANTOS, R.; SANTOS DIFANTE, G. Características produtivas, morfogênicas e estruturais de cultivares de *Brachiaria brizantha* cultivadas em dois tipos de solo. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e129972947-e129972947, 2020.

VIEIRA, E. A.; GALVÃO, F. C. A.; BARROS, A. L. Influence of water limitation on the competitive interaction between two Cerrado species and the invasive grass *Brachiaria brizantha* cv. Piatã. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 135, p. 206-214, 2019.



Capítulo 2
DIFERENTES MALHAS AMOSTRAIS
UTILIZADAS NA CARACTERIZAÇÃO DE
ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DOS
SOLOS DE CERRADO BRASILEIRO

Luan Assola

Caio Marsura de Melo

Jackeline Matos do Nascimento

Mateus Luiz Secretti

Tais Benitez Ruiz Fernandez

Mailson Vieira de Jesus

Salvio Napoleão Soares Arcorverde

Cacia Leila Tigre Pereira Viana

**DIFERENTES MALHAS AMOSTRAIS UTILIZADAS NA
CARACTERIZAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DOS
SOLOS DE CERRADO BRASILEIRO**

Luan Assola

Engenheiro Agrônomo, UNIGRAN, Dourados-MS, 302.910@alunos.unigran.br

Caio Marsura de Melo

Engenheiro Agrônomo, UNIGRAN, Dourados-MS, caio_marsura@hotmail.com

Jackeline Matos do Nascimento

*Doutora em Produção Vegetal, Prof. titular UNIGRAN, Dourados-MS,
jackeline.nascimento@unigran.br*

Mateus Luiz Secretti

*Doutor em Produção Vegetal, Prof. titular UNIGRAN, Dourados-MS,
mateus.secretti@unigran.br*

Tais Benitez Ruiz Fernandez

*Engenheira Agrônoma, mestranda em agronegócio, UNIGRAN, Dourados-MS,
taisbeniteseng@gmail.com*

Mailson Vieira de Jesus

*Doutor em Produção Vegetal, Prof. titular UNIGRAN, Dourados-MS,
mailson.jesus@unigran.br*

Salvio Napoleão Soares Arcorverde

*Doutor em Produção Vegetal, Prof. titular IFMS, Ponta Porã-MS,
salvionapoleao@gmail.com*

Cacia Leila Tigre Pereira Viana

*Doutora em Produção Vegetal, Prof. titular UNIGRAN, Dourados-MS,
cacia.viana@unigran.br*

RESUMO

Na agricultura de precisão uma das ferramentas mais importantes a ser definida é a grade amostral, sendo objetivo do trabalho comparar três densidades amostrais e a dependência espacial de cada uma delas. A área experimental possui 80 hectares, as grades testadas foi de um ponto por hectare, um ponto a cada dois hectares e um ponto a cada três hectares. A variabilidade espacial dos atributos químicos e físicos quando ocorreu a redução no número de amostras reduziu também a dependência espacial entre elas. A dependência espacial nas três malhas foi classificada entre forte e moderada, exceto para MO e pH que na malha amostral de 4 hectares foram independentes. A CTC e acidez potencial (H+Al) obtiveram correlação negativa com o NDVI. Na correlação entre os atributos físicos e o NDVI, areia e o silte obtiveram valores negativos enquanto com o aumento no teor de argila proporcionou também maiores valores de índice de vegetação (NDVI), tendo uma correlação positiva entre eles.

Palavras-Chave: Geotecnologias, capacidade de uso dos solos, NDVI, *Glycine max*.

ABSTRACT

In precision agriculture, one of the most important tools to be defined is the sampling grid. The objective of this work is to compare three sampling densities and the spatial dependence of each one of them. The experimental area has 80 hectares, the grids tested were one point per hectare, one point every two hectares and one point every three hectares. The spatial variability of chemical and physical attributes when the number of samples was reduced also reduced the spatial dependence between them. The spatial dependence in the three grids was classified between strong and moderate, except for OM and pH, which in the 4-hectare sampling grid were independent. CTC and potential acidity (H+Al) were negatively correlated with NDVI. In the correlation between the physical attributes and the NDVI, sand and silt obtained negative values while with the increase in the clay content it also provided higher values of vegetation index (NDVI), having a positive correlation between them.

Keywords: Geotechnology, land use capacity, *Glycine max*.

INTRODUÇÃO

A agricultura tem passado por uma série de transformações, tornando-se uma atividade que requer gradativamente o gerenciamento das etapas de produção. Com o incremento das novas tecnologias no campo, técnicas ligadas ao manejo das culturas e o manejo eficiente de insumos, obteve-se ganhos significativos nos rendimentos das culturas.

Para enfrentar o desafio de produzir alimentos de forma sustentável e atender às demandas mundiais, a agricultura precisará aumentar a produtividade, extraindo o máximo de produtividade em menores áreas (BASSOI et al., 2019). Diante de todos os desafios apresentados, principalmente o de aumentar a produção sem ampliar área, torna-se necessário cada vez mais o uso intenso de novas tecnologias, o que permite trabalhar o solo de forma sustentável (MASSRUHÁ et al., 2020).

A produção nacional de grãos de soja da safra 2020/2021 foi o maior produzido no País. A área de plantio nesta safra teve um aumento de 3,4% em relação à safra 2020/2021, chegando a 133,7 milhões de toneladas, sendo o Brasil o maior produtor de soja do mundo (CONAB, 2021). A segunda safra de destaque é o milho, onde se teve uma produção total estimada de 102,3 milhões de toneladas, uma queda de 6,9% na produção total ocasionada por condições climáticas desfavoráveis em todo território (CONAB, 2021).

Um dos fatores que interferem na produtividade das culturas é o solo, sendo um meio formado por componentes químicos, físicos e biológicos, sob influência das condições climáticas e das práticas de manejo adotadas (VARASCHINI, 2012). O manejo interfere diretamente nos componentes do solo nos permitindo entender a evolução da fertilidade explicando os índices crescentes de produtividade obtidos nos últimos anos.

O sistema de plantio direto em aproximadamente 60% da área cultivada com grãos, foi grande propulsora ao sistema de produção Brasileiro (FEBRAPDP, 2015). Os benefícios ao sistema produtivo são: redução da perda de água por escoamento superficial e da perda de solo e nitrogênio por erosão, contribuindo decisivamente no aumento da produção de grãos no Brasil (GUADAGNIN et al., 2005). Uma das ferramentas para a caracterização do solo em seu sistema de produção é a agricultura de precisão.

A agricultura de precisão (AP) é uma estratégia de gerenciamento agropecuário que reúne, processa e analisa dados temporais e espaciais da lavoura e os combina com outras informações para apoiar as tomadas de decisões do produtor (ISPA, 2020).

O sistema de agricultura de precisão implica a análise da variabilidade espacial, sendo caracterizado pelas etapas de coleta de dados, gerenciamento da informação, aplicação de insumos a taxa variada e a avaliação econômica e ambiental dos resultados, coletar dados significa quantificar a variabilidade existente e identificar sua

localização no campo, tanto na produtividade dos cultivos como nos fatores que influenciam na produção. Os dados obtidos são processados e plotados em mapas (MOLIN, 2002). A partir daí, buscam-se as relações de causa e efeito entre a produção e os fatores, propõem-se estratégias de gerenciamento e faz-se a aplicação localizada dos insumos e das práticas, visando à correção das anormalidades verificadas (COELHO, 2005; BARBIERI et al., 2008).

As informações detalhadas das características do solo podem ser obtidas a partir da amostragem por meio de uma malha amostral e posterior análise laboratorial (RODRIGUES et al., 2012; SANTI et al., 2012). Com o uso da agricultura de precisão é possível visualizar as variações dos nutrientes no solo e corrigi-los de maneira efetiva, conforme a necessidade de cada ponto amostral, uniformizando toda a área e aumentando os níveis dos nutrientes no solo.

A definição do tamanho da malha amostral é dependente da variabilidade espacial da variável em estudo, sendo que, quanto maior for essa variabilidade, mais amostras devem ser coletadas (malhas amostrais menores) para melhor representar a distribuição espacial da variável investigada na área. Quanto maior o nível de detalhamento amostral dos atributos químicos do solo maior também a precisão dos mapas gerados representando mais fortemente a realidade encontrada a campo; no entanto, o custo e o trabalho com amostragens intensas podem ser fatores limitantes (KNOB, 2006).

Diversos estudos têm demonstrado que a dependência espacial dos atributos é variável conforme o tipo de solo, relevo, atributo estudado, distância entre amostras e uso e manejo do solo. Portanto, as diferentes escalas de variação dos atributos do solo induzem grande dificuldade no desenvolvimento de um plano de amostragem que utilize uma malha amostral com espaçamento único quando vários atributos do solo estão envolvidos (MONTANARI et al., 2008; SOUZA et al., 2006; CHERUBIN et al., 2011; NANNI et al., 2011; KERRY et al., 2010; BOTTEGA et al., 2013; MONTANARI et al., 2012).

Uma outra ferramenta utilizada em agricultura de precisão é o NDVI (índice de vegetação normalizada), sendo muito utilizado para monitoramento de vegetação agrícola, por apresentar forte correlação linear com o crescimento das culturas. A simples razão entre o NIR e o canal vermelho fornece uma alta correlação com o desenvolvimento das plantas e com seus estágios de crescimento, sendo esse um dos primeiros índices vegetativos estudados (LIU, 2006).

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo avaliar diferentes densidades de amostrais (quantidade de pontos coletados por hectare) e na caracterização da variabilidade espacial de atributos químicos e físicos do solo e analisar a confiabilidade dos dados obtidos entre elas através da validação cruzada as malhas amostrais (autocorrelação), além de correlacionar com NDVI.

MATERIAL E MÉTODOS

A instalação do experimento foi realizada no Sítio Coqueiro, localizado no município de Itaporã – MS, com coordenadas geográficas de latitude 22° 00'33.42”S e longitude 54°68'43.34”W. O clima da região é classificado como Am, de acordo com a classificação de Köppen (ALVARES, 2013), onde se apresenta estação chuvosa no verão e estação seca no inverno, com temperatura média do mês mais frio superior a 18°C. As precipitações médias anuais estão entre 1500 á 1700 mm e temperatura média anual de 22,3°C.

A propriedade é cultivada há 20 anos com sistema de semeadura direta com sucessão soja/milho safrinha. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico e textura argilosa (57,23% argila, 20,67% areia e 22,10% silte), segundo a classificação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2013). A altitude média em relação ao nível do mar é de 315 metros.

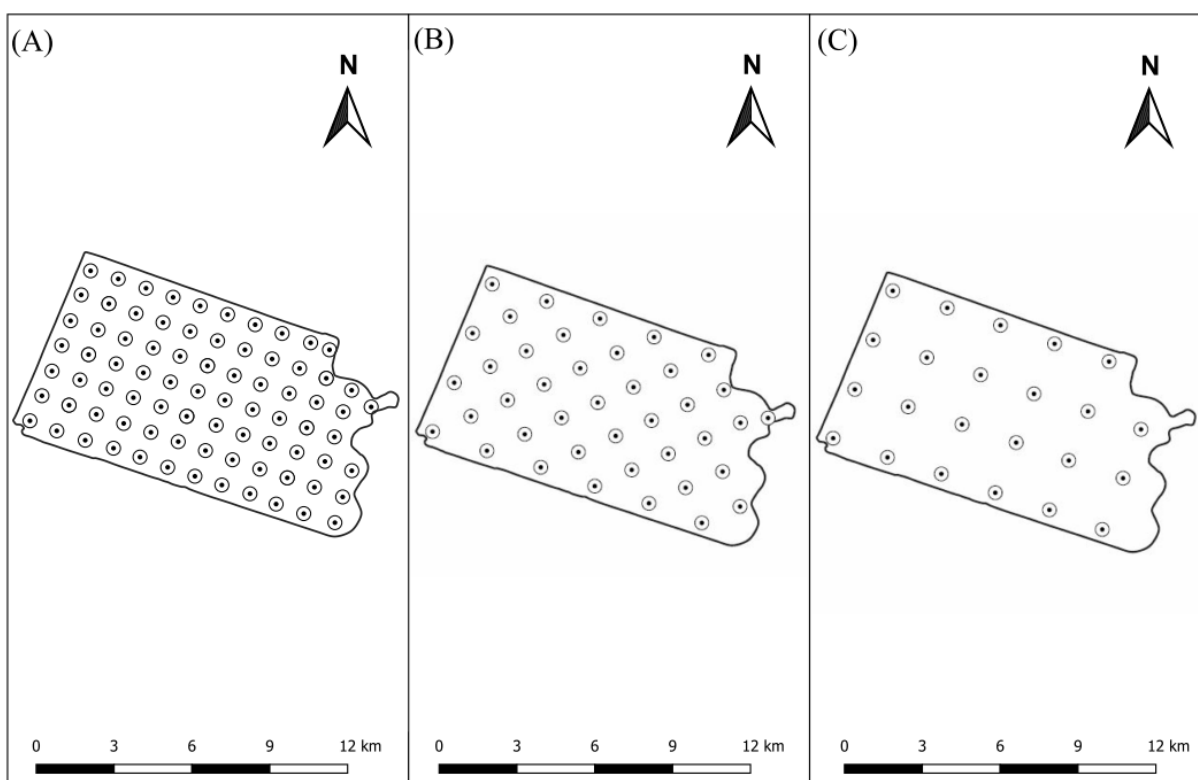
As coletas foram realizadas no dia 30 de setembro de 2021 num talhão de 80 hectares para o mapeamento dos atributos químicos e físicos do solo. O aparelho que utilizado é um receptor GPS TRIMBLE modelo YUMA 2, com precisão de 2 metros. Para a confecção da malha amostral e navegação para os pontos amostrais, foi realizada pelo Software FarmWorks Mobile versão 16.1. Na coleta de solo foi utilizado um quadriciclo HONDA, modelo FOURTRAX 420cc, equipado com amostrador de solo automatizado SACI, coletando amostras de solo em profundidades de 0 a 20 centímetros.

Cada ponto amostral foi coletado 10 sub amostras de 0 a 20 centímetros, sendo homogeneizado e embalado em saco plástico com etiqueta numérica para identificação dos pontos amostrais. As sub amostras foram coletadas em um raio de 5 metros do ponto georreferenciado, em formato de círculo a partir ponto central, (o amostrador de solo SACI utiliza uma broca helicoidal de uma polegada de diâmetro acoplada ao equipamento, onde a mesma perfura o solo a uma profundidade de 20

centímetros e deposita o solo em um reservatório específico, após os 10 pontos coletados retira-se esse reservatório e deposita esse solo dentro do saco plástico de coleta).

Os tratamentos foram três diferentes grades amostrais realizadas, a primeira grade amostral foi de 1 ponto por hectare, totalizando 80 pontos georreferenciados (distância entre pontos de 100 metros), partindo da grade com 80 pontos, foram geradas novas malhas amostrais com 40 pontos (1 ponto a cada 2 hectares) e 23 pontos (1 ponto a cada 4 hectares).

Figura 1. Distribuição das amostras de solo em 3 malhas amostrais. (A) malha amostral de 1 ha, (B) malha amostral de 2 ha, (C) malha amostral de 4 ha.



As avaliações do experimento foram os atributos químicos e físicos em resolução da grade amostral, após a coleta das amostras, as mesmas foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e encaminhadas ao laboratório para a avaliação de atributos químicos e físicos, seguindo as recomendações sugeridas pelo Manual da Embrapa (1997), sendo eles cálcio (Ca^{+2}), magnésio (Mg^{+2}), potássio (K^+), alumínio (Al^{+3}), CTC ($\text{SB} + (\text{H}^+ + \text{Al}^{+3})$), saturação por bases ($V = ((\text{SB}/\text{CTC}) \times 100)$), matéria orgânica (MO), fósforo (P), pH em CaCl_2 ($0,01 \text{ mol.L}^{-1}$), acidez potencial

($H^+ + Al^{+3}$). Os atributos físicos avaliados foram argila ($g\ kg^{-1}$), silte ($g\ kg^{-1}$), areia ($g\ kg^{-1}$).

Aos 40 dias após a emergência na área foi realizada a análise das imagens de satélite (NDVI). Os mapas foram construídos por séries temporais NDVI a partir da banda vermelha e infravermelho próximo proveniente do satélite Sentinel (USGS, 2022).

As bandas espectrais utilizadas para o cálculo dos índices de vegetação NDVI foram as bandas vermelha (Red) e infravermelha próxima (NIR), utilizando a fórmula descrita por (ROUSE et al., 1974):

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Para cada satélite existem bandas de cores, no caso do satélite Sentinel são as Bandas 4 (RED) e 8 (NIR) (GISCRACK, 2021).

Os resultados obtidos foram inseridos no Software SSTOOLBOX 4.0 (SST Development Group, 2010) para a geração dos mapas temáticos de atributos químicos e físicos do solo. Para obtenção dos dados de estatística descritiva e geoestatística foi utilizado o Software QGIS (QGIS, 2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As três malhas amostrais analisadas através da estatística descritiva apresentaram valores próximos da média (Tabela 1). Na malha amostral com maior densidade a acidez do solo apresentou valores entre 4,7 a 5,6. As maiores produtividades da soja são alcançadas com valores entre 5,8 e 6,2, abaixo recomenda-se calagem (BROCH; RANNO, 2009).

Tabela 1 – Resultados da estatística descritiva dos atributos químicos e físicos do solo nas malhas de 1, 2 e 4 pontos por hectare (Itaporã/MS).

Um ponto por hectare								
Variável ¹	Média	DP ²	CV%	Mínimo	Máximo	Assimetria	Curtose	Teor de nutrientes
Ca	96,300	13,028	13,528	70,600	133,000	0,549	3,405	Alto
Mg	28,438	5,001	17,586	18,900	40,300	0,615	2,672	Alto

Ciências Agrárias: Temáticas Multidisciplinares

K	6,621	2,711	40,943	1,900	12,500	0,213	1,980	Alto
Al	0,043	0,381	894,427	0,000	3,400	8,776	78,013	Baixo
CTC	183,424	15,502	8,451	152,400	233,000	1,325	4,894	Alto
V%	71,517	5,105	7,138	58,080	81,920	-0,798	3,333	Alto
MO	33,698	3,637	10,793	20,930	41,800	-0,421	3,690	Médio
P	17,919	12,847	71,696	7,120	111,970	5,421	38,299	Alto
Silte	221,025	34,306	15,521	159,000	315,000	0,325	2,467	-----
Areia	206,688	38,012	18,390	152,000	308,000	0,878	3,040	-----
Argila	572,288	64,755	11,315	423,000	674,000	-0,575	2,406	-----
pH	5,336	0,151	2,833	4,700	5,600	-1,096	5,742	Médio
H+Al	52,065	9,261	17,787	32,900	84,500	0,804	3,974	Alto

Um ponto a cada 2 hectares

Ca	96,340	11,801	12,250	70,600	133,000	0,527	4,298	Alto
Mg	28,973	5,046	17,418	21,100	40,300	0,505	2,460	Alto
K	6,530	2,889	44,236	1,900	12,200	0,296	1,820	Alto
Al	0,085	0,538	632,456	0,000	3,400	6,085	38,026	Baixo
CTC	183,932	14,924	8,114	165,900	229,000	1,587	5,151	Alto
V%	71,654	5,368	7,492	58,860	81,920	-0,595	2,945	Alto
MO	33,978	3,781	11,128	20,930	41,800	-0,758	4,922	Médio
P	18,388	16,095	87,530	7,120	111,970	5,084	30,097	Alto
Silte	220,525	33,599	15,236	159,000	289,000	0,068	1,984	-----
Areia	205,125	37,641	18,351	152,000	301,000	0,995	3,346	-----
Argila	574,350	63,234	11,010	423,000	674,000	-0,715	2,952	-----
pH	5,333	0,176	3,300	4,700	5,600	-1,163	5,576	Médio
H+Al	52,090	10,461	20,083	32,900	84,500	0,710	3,688	Alto

Um ponto a cada 4 hectares

Ca	95,965	9,721	10,130	70,300	112,300	-0,324	2,572	Alto
Mg	28,522	4,359	15,282	21,600	40,300	0,773	3,384	Alto
K	6,874	2,961	43,070	1,900	11,400	-0,043	1,752	Alto
Al	0,148	0,709	479,583	0,000	3,400	4,477	21,045	Baixo
CTC	181,543	10,727	5,909	165,900	209,800	1,124	4,235	Alto
V%	72,391	5,567	7,691	59,720	81,920	-0,696	3,015	Alto
MO	34,980	2,919	8,346	29,850	40,500	-0,227	2,128	Médio
P	14,320	4,798	33,507	7,120	27,410	0,866	3,538	Médio
Silte	225,652	32,756	14,516	170,000	289,000	-0,009	2,133	-----
Areia	202,261	36,950	18,269	152,000	288,000	0,702	2,733	-----
Argila	572,087	61,677	10,781	423,000	658,000	-0,653	3,044	-----
pH	5,330	0,203	3,812	4,700	5,600	-1,321	5,239	Médio
H+Al	50,183	11,180	22,277	32,900	84,500	1,239	5,037	Alto

¹Valores de CTC, H+AL, P, Ca, Mg e K em mmolc dm⁻³, MO em g.dm⁻³, e pH avaliado em CaCl². CV%= coeficiente de variação, ²DP =desvio padrão.

A dispersão relativa dos dados pode ser avaliada através do desvio padrão e coeficiente de variação (CV), facilitando a visualização dos valores observados em relação a média. Os valores expressos em porcentagem, quanto menor o coeficiente de variação, maior a precisão (BANZATTO; KRONKA, 2015). Os critérios para analisar a magnitude da variação do CV% foram de 0-15% baixa, 15-35% média e 35-100% alta variabilidade, respectivamente (WILDING, 1994). Sendo assim, o pH é considerado baixo nas três densidades de coleta, entre 2,8 até 3,8%. Os valores médios de CV% de K e P estão classificados como altos e com valores heterogêneos.

Avaliação dos dados através do coeficiente de variação (CV) também proporciona uma ideia da variação dos dados em relação à média, quanto mais próximo de zero o valor do CV mais os dados estão concentrados em torno da média (conjunto mais homogêneo) (BANZATTO; KRONKA, 2015). Os valores de CV da malha com um ponto a cada 4 hectares foram menores para a maioria do conjunto de dados avaliados, isso se deve ao menor número de amostras (23 pontos) em relação com a malha de um ponto a cada um hectare que possui 80 pontos amostrais, ou seja, à medida que diminuiu o número de pontos avaliados também reduziu a variação deles em relação à média.

O desvio padrão (DP) indica o quão próximo os valores estão da média, visto que, quanto maior o desvio padrão, mais disperso da média, ou seja, a área em estudo é mais desuniforme. Os atributos Argila, Areia e Silte apresentaram maior DP nas três malhas analisadas enquanto que os atributos pH, Al e K apresentaram menor DP.

A quantidade total de cátions retidos no perfil do solo (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} , Al^{+3} , H^{+} , Al^{+3}) é representada através da capacidade de troca de cátions (CTC), com valores representados em $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$. Portanto, a CTC é a capacidade de liberação de vários nutrientes, favorecendo a manutenção da fertilidade por um prolongado período. Um valor baixo de CTC indica que o solo tem pequena capacidade para reter cátions em forma trocável (RONQUIM, 2010). Conforme a classificação, a CTC média da área estudada é de $183,42 \text{ mmol}_c \text{dm}^{-3}$, considerado como solo de elevada retenção de cátions trocáveis.

A saturação de bases (V%) é um indicativo muito utilizado para considerar as condições gerais de fertilidade do solo, classificando-os em solos distróficos que apresentam V% menor que 50% são considerados solos pouco férteis, e os solos eutróficos considerados férteis apresentam V% maior ou igual a 50% (RONQUIM, 2010). De acordo com esta classificação, o solo da área apresenta uma saturação de

bases média de 71,51% de estudo e fértil apresentando valores superiores a 60% em todas as amostras analisadas.

O coeficiente de assimetria é uma medida de dispersão que expressa o quanto a curva de frequência se desvia ou se afasta da posição simétrica. Nas malhas de 1 hectare e 2 hectares os atributos V%, MO, Argila e pH, apresentaram assimetria negativa, o que indica que o valor de sua média foi menor que a mediana e a moda. Na malha de 4 hectares os atributos que apresentaram assimetria negativa foram Ca, K, V%, MO, Silte, Argila e o pH. À medida que foi reduzida a malha amostral o coeficiente ficou mais próximo de zero, tendendo a normalidade.

O coeficiente de curtose ou grau de achatamento mede a dispersão ou concentração dos valores de um conjunto de valores em relação as medidas de tendência central em uma distribuição de frequência normal. Pode ser classificado em três tipos: Mesocúrtica ($C = 3$) quando a distribuição é normal; Leptocúrtica ($C > 3$), quando a distribuição é mais pontiaguda que a normal e Platicúrtica ($C < 3$), quando a distribuição é mais achatada que a normal (GUIMARÃES, 2004). As três malhas amostrais apresentaram uma distribuição mais pontiaguda com a maioria dos atributos expressando curtose Leptocúrtica. Quando avaliados os componentes do semivariograma, pode-se inferir que quanto mais próximos estiverem os pontos amostrados, maior será a semelhança entre eles e, portanto, menor a semivariância e menor a dispersão (MOLIN, 2002).

Nas três malhas o modelo mais acertado foi o linear, a escolha do melhor modelo depende do R^2 e RSS, com a função informar sobre a qualidade do modelo. O R^2 é a relação entre a soma de quadrados devido ao modelo ajustado e a soma de quadrados total, medindo a variação dos dados devido ao modelo ajustado em relação à variação total dos dados e quanto mais próximo da unidade estiver o valor de R^2 melhor será o modelo ajustado (Tabela 2).

Tabela 2 – Parâmetros relacionados a geoestatística dos atributos químicos e físicos do solo nas malhas de 1, 2 e 4 pontos por hectare e a correlação com NDVI (Itaporã/MS).

Um ponto por hectare								
Variável	Modelo	Co ¹	Co+C ²	A ³ (m)	R ² (4)	RSS ⁵	Correl. NDVI	IDE
Ca	Linear	41,573	197,999	641,421	0,992	117,803	-0,31**	Forte
Mg	Spherical	11,489	26,152	279,309	0,658	14,683	0,15 ns	Mod.

Ciências Agrárias: Temáticas Multidisciplinares

K	Linear	2,467	9,107	544,198	0,983	0,450	-0,1 ns	Mod.
Al	Linear	0,076	0,196	565,021	0,567	0,006	-0,16 ns	Mod.
CTC	Linear	65,433	227,193	474,489	0,925	2627,016	-0,37**	Mod.
V%	Linear	18,715	29,895	532,791	0,701	31,180	0,09 ns	Mod.
MO	Linear	13,063	12,062	713,668	0,541	0,795	0,18 ns	Ind.
P	Linear	135,764	165,169	598,711	0,246	2064,889	-0,24*	Fraca
Silte	Linear	118,225	1491,717	478,604	0,965	37480,260	-0,23*	Forte
Areia	Linear	0,000	1294,881	483,581	0,973	67451,074	-0,53**	Forte
Argila	Gaussian	456,683	5648,078	987,176	0,996	76702,603	0,43**	Forte
pH	Spherical	0,011	0,019	211,863	0,225	0,000	0,13 ns	Mod.
H+Al	Linear	65,563	96,992	620,302	0,821	129,192	-0,25**	Mod.

Um ponto a cada 2 hectares

Variável	Modelo	Co ¹	Co+C ²	A ³ (m)	R ² (4)	RSS ⁵	Correl. NDVI	IDE
Ca	Linear	49,643	188,435	711,874	0,924	589,845	-0,21 ns	Mod.
Mg	Linear	18,528	25,607	476,244	0,920	3,643	0,15 ns	Mod.
K	Linear	2,661	10,877	619,807	0,996	0,115	-0,13 ns	Forte
Al	Linear	0,113	0,452	614,490	0,945	0,003	-0,22 ns	Mod.
CTC	Linear	57,609	286,727	711,874	0,899	2196,864	-0,39**	Forte
V%	Linear	22,096	37,588	711,874	0,851	15,711	0,17 ns	Mod.
MO	Linear	11,905	12,488	371,703	0,427	0,624	0,27 ns	Fraca
P	Linear	197,857	242,613	428,069	0,308	4640,245	-0,2 ns	Fraca
Silte	Gaussian	56,392	1429,047	464,395	0,970	18488,353	-0,18 ns	Forte
Areia	Linear	0,000	1745,825	671,905	0,980	28266,732	-0,51*	Forte
Argila	Gaussian	318,876	5283,766	639,859	0,995	53472,020	0,42**	Forte
pH	Linear	0,026	0,035	467,597	0,838	0,000	0,2 ns	Mod.
H+Al	Linear	69,705	142,264	711,874	0,926	157,453	-0,31*	Mod.

Um ponto a cada 4 hectares

Variável	Modelo	Co ¹	Co+C ²	A ³ (m)	R ² (4)	RSS ⁵	Correl. NDVI	IDE
Ca	Linear	38,087	111,645	542,699	1,000	0,000	-0,06 ns	Mod.
Mg	Linear	15,134	18,251	444,645	0,583	2,362	0,21 ns	Fraca
K	Gaussian	0,000	10,393	554,016	0,977	0,460	-0,05 ns	Forte
Al	Spherical	0,038	0,597	443,758	0,997	0,000	-0,33 ns	Forte
CTC	Linear	15,051	137,295	508,174	1,000	0,000	-0,2 ns	Forte
V%	Linear	25,174	31,261	533,763	1,000	0,000	0,16 ns	Fraca
MO	Linear	7,234	7,969	349,121	0,347	0,048	0,16 ns	Fraca
P	Linear	15,551	24,487	423,765	0,969	0,266	0,09 ns	Mod.
Silte	Linear	0,000	1342,217	477,733	1,000	115,561	-0,07 ns	Forte
Areia	Linear	0,000	1281,844	511,129	0,986	4033,876	-0,46*	Forte
Argila	Gaussian	0,000	4260,038	559,207	0,978	77796,409	0,32 ns	Forte
pH	Linear	0,043	0,042	466,547	0,262	0,000	0,21 ns	Ind.

H+Al	Spherical	69,554	124,176	540,321	1,000	0,000	-0,2 ns	Mod.
------	-----------	--------	---------	---------	-------	-------	---------	------

¹Co=efeito pepita. ²Co+C= patamar. ³A=alcance. ⁴R²= coeficiente de determinação. RSS⁵= a soma dos quadrados dos erros, IDE⁶= índice de dependência espacial, *Significativo⁷ a 5%, **Significativo⁸ a 1%, ns⁹= não significativo.

Para RSS quanto menor for este valor, melhor será o modelo de semivariograma (GUIMARÃES, 2004). Os valores mais baixos de R² para as três densidades amostrais foram MO, P, e pH, demonstrando menor ajuste dos modelos. Para RSS, nas densidades amostrais de 1 e 2 ha, os melhores valores são de K, Al, MO e pH. Na densidade de 4 ha, os melhores foram Ca, K, Al, CTC, V%, MO, P, pH, H+Al.

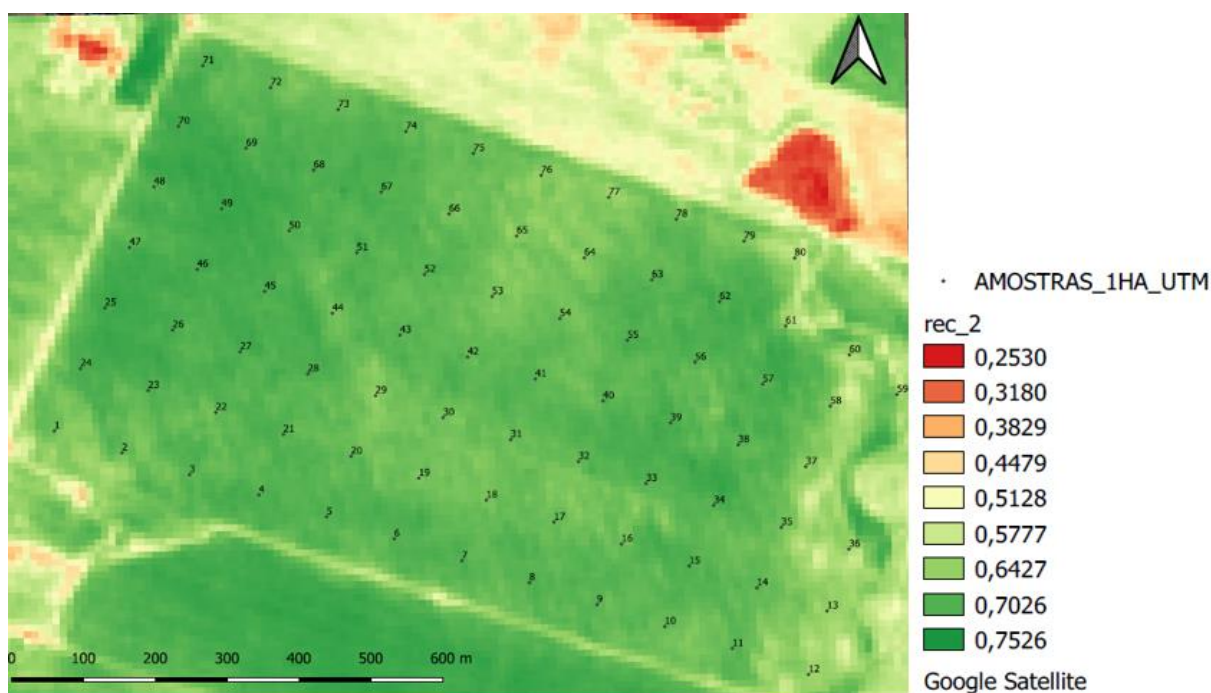
O semivariograma é um gráfico que expressa a variabilidade espacial entre as amostras, sendo composto essencialmente por três parâmetros espaciais que definem o comportamento da variável em análise: o alcance, o patamar, e o efeito pepita. O alcance determina a distância a partir da qual a variável em análise não influencia a vizinha, ou seja, a partir deste valor não há mais dependência espacial entre dois objetos, pois a diferença da variância entre dois pares de amostras torna-se aproximadamente constante (ANCHIETA, 2012). O alcance da malha amostral de 1 ponto por hectare variou entre 211,863 para o atributo pH e 987,176 para os atributos Argila. Na segunda malha, o alcance variou entre 371,703 para o atributo MO e 711,874 para os atributos Ca, CTC, V%, H+Al. Na terceira malha, o alcance variou entre 349,121 para o atributo MO e 559,207 para o atributo Argila, o aumento do alcance ocorre principalmente pela redução da densidade amostral, entretanto à medida que há uma redução no número de amostras há uma tendência a reduzir também a dependência espacial entre elas.

De acordo com classificação do índice de dependência espacial (IDE) for menor que 0,25 significa dependência espacial forte, índice entre 0,25 e 0,75 caracteriza dependência espacial moderada e valores maiores que 0,75 indica dependência espacial fraca (CAMBARDELLA et al., 1994 apud COSTA, 2015). A dependência espacial nas três malhas se mostrou entre forte e moderada, exceto MO na primeira malha e pH na terceira malha, que foram classificados como independentes. Os atributos físicos do solo obtiveram resultados de forte dependência espacial independente da malha amostral utilizada. Pode-se inferir que a área de estudo é homogênea em relação a atributos físicos do solo. Entretanto, observa-se que para atributos químicos do solo, Mg, V% e pH, reduziram a sua dependência espacial à

medida que foi reduzido o número de pontos e aumentado a distância entre eles. Outra característica semelhante observada foi à redução da malha amostral mantendo o índice de dependência espacial dos atributos químicos entre forte e moderado (LEANDRO JUNIOR et al., 2020).

O NDVI mede o estado e a saúde das culturas e o vigor das colheitas. Este índice de vegetação é um indicador de verde e tem forte correlação com a biomassa verde, o que é um indicativo de crescimento, seus valores têm alta correlação com o rendimento das culturas, sendo utilizado como ferramenta para medir a produtividade das culturas e prever rendimentos futuros (FORMAGGIO; SANCHES, 2017).

Figura 2. Imagem NDVI da cultura da soja em R1, safra 2021/2022 (Itaporã – MS).



A correlação entre os atributos químicos avaliados, apenas CTC e Acidez potencial (H+Al) obtiveram significância, sendo negativa e moderada na malha de 1 e 2 hectares para CTC e na malha de 1 hectare a correlação do NDVI e acidez potencial é fraca, ou seja, quanto maior o teor de acidez potencial e CTC, menor o índice de vegetação (Figura 2). Apenas na malha com maior densidade amostral houve correlação negativa entre NDVI e teores de Ca e P no solo. Outros trabalhos em solos de cerrado constataram a correlação negativa com o Ca, CTC e H+Al (SANTOS et al., 2017). A correlação entre NDVI de soja e atributos químicos foram avaliados na safra

2019/20 em solo com características semelhantes, no qual constatou-se a correlação negativa com Ca, Mg e CTC (GOMES et al., 2021).

O coeficiente de correlação pode ser classificado de acordo com Callegari-Jacques (2009), no qual os valores que variam entre $|0,00| < r \leq |0,10|$ são classificados como nulos, os valores de $|0,10| < r \leq |0,30|$ são fracos, $|0,30| < r \leq |0,60|$ existe moderada correlação linear, se $|0,60| < r \leq |0,90|$ existe uma forte correlação linear. Os índices NDVI analisados variaram entre 0,51 á 0,75. Nas safras de (2002/2003 e 2003/2004) foram observadas maiores correlações entre a produtividade da soja e os índices NDVI, considerando todo o ciclo produtivo, com valores de correlação de 0,61 a 0,70 (ESQUERDO, 2007).

Para os atributos físicos nas três malhas amostrais houve correlação negativa e moderada entre o teor de areia e NDVI, ou seja, quanto menor o teor de areia maior o índice de vegetação. Para o teor de silte no solo houve correlação significativa negativa e moderada apenas na malha de 1 hectare. A correlação entre teor de argila foi significativa positiva e classificada como moderada nas malhas de 1 e 2 hectares, com o aumento do teor de argila no solo há um aumento no índice de vegetação. Caon et al. (2013) contataram que a diminuição da densidade amostral diminui também a qualidade amostral e a exatidão dos mapas a níveis não desejados na agricultura de precisão.

CONCLUSÕES

1. Há uma redução na dependência espacial dos atributos químicos e físicos do solo à medida em que há uma redução no número de amostras.
2. A dependência espacial nas três malhas está entre forte e moderada, exceto MO na primeira malha e pH na terceira malha, que tiveram efeito pepita puro.
3. A CTC do solo tem correlação negativa com NDVI em todas as malhas amostrais. A correlação entre acidez potencial e NDVI foi negativa nas malhas de 1 hectare e 2 hectares.

4. A correlação entre teor de argila e NDVI foi positiva e moderada nas malhas de 1 e 2 hectares, enquanto teores de areia e silte foi negativa e moderada.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANCHIETA, L. **Amostragem de solo em Agricultura de Precisão: particularidades e recomendações**. 2012. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, São Paulo.

BANZATTO, D. A; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. Jaboticabal, SP: Funep, 2015. 4 ed. 237 p.

BARBIERI, D. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Argissolo para aplicação de insumos à taxa variável em diferentes formas de relevo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, p. 645-653, 2008.

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

BOTTEGA, E. L.; QUEIROZ, D. M.; PINTO F. A. C.; SOUZA, C. M. A.; Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 1-9, 2013a.

BROCH, D. L; RANNO, S. K. Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura da soja. **Tecnologia de produção: Soja e Milho**. Maracaju: Fundação MS, 2008. p. 5-36.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Tradução. [s.l.] Porto Alegre: Artmed, 2009.

CAON, D.; GENÚ, A. M. Mapeamento de atributos químicos em diferentes densidades amostrais e influência na adubação e calagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Guarapuava, v. 17, p. 629-639, 2013.

CHERUBIN, M.R.; SANTI, A. L.; BASSO C. J.; EITELWEIN M. T.; VIAN L. A. Caracterização e estratégias de manejo da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo utilizando a análise dos componentes principais. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 196-210, 2011.

COELHO, A. M. **Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e culturas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 62p.

CONAB. COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira – Grãos**: 4º levantamento, janeiro, 2021 – safra 2020\2021. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2021. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/3788-colheita-de-soja-tem-inicio-e-producao-deve-atingir-133-7-milhoes-de-toneladas>>. Acesso em: 25 Fev. 2022.

COSTA, da F. M. SCALON, J. D. Análise da estrutura de dependência espacial em dados de áreas. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v. 33, n. 2, p.197-215, 2015.

EMBRAPA. **A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente**. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/217698/1/LV-Agricultura-digital-2020-cap1.pdf>>. Acesso em: 22 Fev. 2022.

ESQUERDO, J. C. D. M. **Utilização de perfis multi-temporais do NDVI/AVHRR no acompanhamento da safra de soja no oeste do Paraná**. 2007. 186f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA (Ponta Grossa, PR). Evolução do plantio direto no Brasil 2015, Ponta Grossa, PR. Disponível em: <<https://febrapdp.org.br/noticias/680/sistema-plantio-direto-os-pilares-do-equilibrio#:~:text=No%20Brasil%2C%20segundo%20dados%20do,chegando%20a%20557%20mil%20estabelecimentos.>>. Acesso em: 20 Fev. 2022.

FORMAGIO, A. R., SANCHES, I. D. **Sensoriamento Remoto em agricultura**. Câmara Brasileira do Livro. São Paulo, v. 1, n. 1, p. 288, 2017.

GOMES, A. D.; SANTOS, P. H. L., NASCIMENTO, J. M., ARCOVERDE, S. N. S., SECRETTI, M. L., COSTA, E. G. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo e produtividade da soja e suas correlações. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v. 18, n. 2, p. 1-11, 2021.

GUADAGNIN, J. C.; BERTOL, I.; CASSOL, P. C.; AMARAL, A. J. Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 277-286, 2005.

GUIMARÃES, E. C. **Geoestatística básica e aplicada**. Uberlândia, MG. Fev.2004.

INTERNATIONAL SOCIETY OF PRECISION AGRICULTURE. Precision ag definition. 2018, McGill University, Canadá. Disponível em: <<https://www.ispag.org/about/definition>>. Acesso em: 29 Fev. 2022.

KERRY, R.; OLIVER, M. A.; FROGBROOK, Z. L. Sampling in precision agriculture. In: OLIVER, M.A. (Org.). **Geostatistical applications for precision agriculture**. Heidelberg: Springer-Verlag, 2010. p. 35-63.

KNOB, M. J. **Aplicação de técnicas de agricultura de precisão em pequenas propriedades**. Santa Maria, 2006. 129p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) –Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria.

LEANDRO JUNIOR, E. F., CUNHA, R. M. C., NASCIMENTO, J. M., ARCOVERDE, S. N. S., SEGRETTI, M. L. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo a partir de diferentes malhas amostrais em duas safras agrícolas. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 1, p. 01-09, 2020.

LIU, W.T.H. **Aplicações em Sensoriamento Remoto**. Campo Grande: Uniderp, 2006. 908 p.

MASSRUHÁ, S. M. F. S., LEITE, M. A. de A., MEIRA, C. A. A, LUCHIARI JUNIOR, A., BOLFE, E. L. **Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas**. Embrapa Informática Agropecuária, 2020.

MOLIN, J.P. Desafios da agricultura brasileira a partir da agricultura de precisão. In: SIMPÓSIO SOBRE ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, ed.3, 2002, Piracicaba. **Anais[...]**. Piracicaba: POTAFOS, 2002.

MONTANARI, R.; PEREIRA, G. T.; JÚNIOR, J. M.; SOUZA, Z. M.; PAZETO, R. J.; CAMARGO, L. A. Variabilidade espacial de atributos químicos em Latossolo e Argissolos. **Ciência Rural**, Jaboticabal, v. 38, n. 5, p. 1266-1272, 2008.

MONTANARI, R.; SOUZA, G. S. A.; PEREIRA, G. T.; MARQUES, J.; SIQUEIRA, D. S.; SIQUEIRA, G. M. The use of scaled semivariograms to plan soil sampling in sugarcane fields. **Precision Agriculture**, Dordrecht: Springer, v. 13, n. 5, p. 542-552, 2012.

NANNI, M. R.; POVH, F. P.; DEMATTÊ, J. A. M.; OLIVEIRA, R. B.; CHICATI, M. L.; CEZAR, E. Optimum size in grid soil sampling for variable rate application in site specific management. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 68, n. 3, p. 386-392, 2011.

QGIS. Disponível em: <https://www.qgis.org/pt_BR/site/>. Acesso em: 27 Fev. 2022.

RODRIGUES, M. S.; CORA, J. E.; FERNANDES, C. Soil sampling intensity and spatial distribution pattern of soils attributes and corn yield in no tillage system. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 5, p. 852-865, 2012.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade e manejo adequado para regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2010. 26p.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W.; HARLAN, J. C. **Monitoring the vernal advancement retrogradation of natural vegetation**. Greenbelt: NASA/GSFC Type III, Final Report, 1974, 371p.

SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; CHERUBIN, M. R.; MARTIN, T. N.; PIRES, J. L.; DELLA FLORA, L. P.; BASSO, C. J. Análise de componentes principais de atributos químicos e físicos do solo limitantes à produtividade de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 9, p. 1346-1357, 2012.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SANTOS, R. O.; FRANCO, L. B.; SILVA, S. A.; SODRÉ, G. A.; MENEZES, A. A. Variabilidade especial da fertilidade do solo e sua relação com a produtividade do cacauzeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 21, n. 2, p.88-93, 2017.

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA - SIG. Disponível em: <https://giscrack.com/>. Acesso em: 28 Fev. 2022.

SOFTWARE, **SSToolbox 4.0. (SST Development Group, Stillwater,. OK – USA) Versão 2010**. Fev. 2022.


SOUZA, Z. M.; JÚNIOR, J. M.; PEREIRA, G. T.; MONTANARI, R. Otimização amostral de atributos de latossolos considerando aspectos solo-relevo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n. 3, p. 829-836, 2006.

USGS. **Science for a changing world**. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/>>. Acesso em: 10 Fev. 2022.

VARASCHINI, A.A.C. **Avaliação da fertilidade do solo na Agricultura de Precisão**. Departamento de Estudos Agrários, 2012. 55p.

VILLAR, M. L. P. **Manual de interpretação de análise de plantas e solos e recomendação de adubação**. Cuiabá, MT: EMPAER, 2007. 182 p.

WILDING, L. P.; BOUMA, J. GOSS, D. W. Impact of spatial variability on interpretive modeling. In: BRYANT, B.; ARNOLD, R. W. (Eds). **Quantitative Modeling of Soil Forming Processes**. Madison: Editora, 1994. pp. 61-76



Capítulo 3
BIOESTIMULANTES VEGETAIS COMO
PRECURSOR DE PRODUTIVIDADE NA
CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.)
Augusto Henrique Buss
Leonardo Breckenfeld de Lima
João Henrique Barbosa da Silva
Júlio Sérgio Leite da Silva
Silas da Silva Souza
Djair Alves da Mata
Philip Moab Duarte de Amorim
Marcelino José da Silva
Fabio Mielezrski

BIOESTIMULANTES VEGETAIS COMO PRECURSOR DE PRODUTIVIDADE NA CULTURA DO MILHO (Zea mays L.)

Augusto Henrique Buss

Instituto de Educação e Inovação – IEDI

Leonardo Breckenfeld de Lima

Instituto de Educação e Inovação – IEDI

João Henrique Barbosa da Silva

Universidade Federal da Paraíba – UFPB

Autor correspondente: henrique485560@gmail.com

Júlio Sérgio Leite da Silva

Universidade Federal da Paraíba – UFPB

Silas da Silva Souza

Universidade Federal da Paraíba – UFPB

Djair Alves da Mata

Universidade Federal da Paraíba – UFPB

Philip Moab Duarte de Amorim

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco – UFAPE

Marcelino José da Silva

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco – UFAPE

Fabio Mielezrski

Universidade Federal da Paraíba – UFPB

RESUMO

O milho (*Zea mays* L.), é uma planta de grande importância para o mundo. Dentre os grandes produtores dessa cultura, destaca-se os Estados Unidos, China e Brasil. Por apresentar alto valor comercial, tecnologias vem sendo empregadas no processo de produção, como a utilização de bioestimulantes. Dessa forma, com o intuito de contribuir com os avanços nesse campo de estudo, objetivou-se com este trabalho realizar por meio de pesquisa bibliográfica, o levantamento da resposta direta ou indireta do vegetal quando utilizado o extrato de algas e extrato pirolenhoso. O estudo refere-se a uma pesquisa de abordagem qualitativa, realizada por meio de uma análise descritiva, com a técnica de documentação indireta, sendo caracterizada como uma revisão de literatura narrativa. Quanto aos procedimentos técnicos empregados, é do tipo de documentação indireta, valendo-se da pesquisa documental, especificamente para a coleta de dados e pesquisa bibliográfica. Foram utilizados trabalhos publicados em dois idiomas: português e inglês, com base de dados de sites e base de dados por meio das bibliotecas digitais no período dos últimos 8 anos ou superior que apresentam relevância para o referente estudo. Dessa forma, com a seleção dos dados, observou-se que a cultura do milho é submetida a condições degradantes que podem comprometer de forma negativa a sua qualidade e rendimento produtivo. No entanto, produtos como o extrato de algas e extrato pirolenhoso utilizados como bioestimulante são considerados insumos alternativos interessantes para o aumento no crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura do milho.

Palavras-chave: extrato de algas, extrato pirolenhoso, insumo alternativo.

ABSTRACT

Corn (*Zea mays* L.) is a plant of great importance to the world. Among the major producers of this crop, the United States, China and Brazil stand out. Due to its high commercial value, technologies have been used in the production process, such as the use of biostimulants. Thus, in order to contribute to the advances in this field of study, the objective of this work was to carry out, through bibliographical research, the survey of the direct or indirect response of the plant when using the seaweed extract and pyroligneous extract. The study refers to a research with a qualitative approach, carried out through a descriptive analysis, with the indirect documentation technique, being characterized as a narrative literature review. As for the technical procedures employed, it is of the indirect documentation type, making use of documentary research, specifically for data collection and bibliographical research. Works published in two languages were used: Portuguese and English, with database from websites and database through digital libraries in the period of the last 8 years or more that are relevant to the related study. Thus, with the selection of data, it was observed that the corn crop is subjected to degrading conditions that can negatively compromise its quality and productive yield. However, products such as seaweed extract and pyroligneous

extract used as a biostimulant are considered interesting alternative inputs for increasing the growth, development and productivity of the corn crop.

Keywords: seaweed extract, pyroligneous extract, alternative input.

INTRODUÇÃO

Mundialmente, o milho (*Zea mays* L.) é uma das principais culturas agrônômicas, superada apenas pelo trigo (*Triticum aestivum* L.) em área total (USDA, 2019), sendo um alimento básico para aproximadamente 25% da população (SHEMI et al., 2021; SUN et al., 2022), utilizado como fonte de renda para diversas populações de países em desenvolvimento (NGOUNE TANDZI & MUTENGWA, 2019). Com base nesta relevância, países como Estados Unidos, China e Brasil se destacam no cultivo dessa *commodity*, que juntos produziram 64% do total de 1,11 bilhão de toneladas na safra 2019/2020 (CONAB, 2020).

No Brasil, o cultivo de milho se concentra na maior parte em regiões do Centro Oeste, Sul e Sudeste, respectivamente (EICHOLZ et al., 2020). No país, a safra 2021/2022 foi responsável por apresentar uma área plantada com a cultura próximo a 21.240,0 milhões de hectares (CONAB, 2021), no entanto, o rendimento potencial é determinado por uma combinação de diferentes fatores, como radiação solar, tipo de solo, temperatura, densidade de plantas, potencial genético do genótipo, restrições bióticas e abióticas e em especial, o manejo empregado no ciclo da cultura (JANINI et al., 2022).

Para contornar tais problemas, o desenvolvimento e difusão de novas tecnologias é fundamental. Entre elas, os bioestimulantes vem demonstrando um elevado potencial nos últimos anos (PEREIRA & SIMONETTI, 2021), favorecendo o controle hormonal e as alterações nos processos vitais e estruturais da planta, ajudando, dessa forma, no aumento da produtividade. Ainda, os bioestimulantes apresentam substâncias como hormônios, nutrientes, reguladores vegetais e vitaminas (ARAÚJO et al., 2021). Assim, o uso de substâncias que agem com ação bioestimulante se torna uma opção viável para atenuar os efeitos negativos que atrapalham o desenvolvimento da cultura (SILVA CAVALCANTE et al., 2020).

Dessa forma, o conhecimento sobre os efeitos potenciais dos bioestimulantes se torna crucial, visto apontar os benefícios para as plantas de interesse agrícola.

Dentre os estimulantes vegetais, tem-se conhecimento do extrato de algas (RODRIGUES et al., 2015) e extrato pirolenhoso (ORAMAHI et al., 2018), que demonstram importância por apresentar uma abordagem inovadora para a regulação e/ou modificação dos processos fisiológicos das plantas, mediante o estímulo do crescimento, aumento da produção e redução do estresse acometido pelo ambiente, o que justificam o estudo e uso desses bioestimulantes.

Diante do exposto e com o intuito de contribuir com os avanços nesse campo de estudo, objetivou-se com este trabalho realizar por meio de pesquisa bibliográfica, o levantamento da resposta direta ou indireta do vegetal quando utilizado o extrato de algas e extrato pirolenhoso.

MÉTODOS

Tipo de pesquisa

Esse trabalho foi desenvolvido com base em uma pesquisa de abordagem qualitativa, realizada por meio de uma análise descritiva, com a técnica de documentação indireta, sendo caracterizada como uma revisão de literatura narrativa.

Quanto aos procedimentos técnicos empregados, é do tipo de documentação indireta, valendo-se da pesquisa documental, especificamente para a coleta de dados e pesquisa bibliográfica. Segundo Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa bibliográfica tem também aspecto documental já que se usa documentos técnico e científico na pesquisa.

Nesse sentido, este trabalho é uma revisão de literatura do tipo narrativa, ou seja, refere-se a um método de pesquisa onde é utilizado outros estudos e pesquisas de mesma temática.

Procedimentos técnicos

Para tanto, utilizou-se de trabalhos publicados em revistas nacionais e internacionais, com base de dados de sites e por meio das bibliotecas digitais: a Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Conab, Embrapa, Periódico CAPES, Web of sciences e SCOPUS, no período dos últimos 8 anos ou superior que apresentam relevância para o referente estudo, sem restrição de idioma ou critérios

de exclusão, com informações presentes em banco de dados disponíveis na internet e em livros, podendo assim ser encontrado na fonte original na pesquisa.

Para a seleção dos trabalhos, foram utilizados os seguintes descritores: “milho”, “*Zea mays* L.”, “bioestimulantes”, “extrato de algas”, “extrato pirolenhoso”, “biorregulador”, “fitohormônio”, entre outros.

Por se tratar de uma revisão de literatura narrativa, em que a escolha dos artigos para compor a fundamentação teórica do trabalho não necessita o esgotamento de uma fonte de dados, não houve um fluxograma definido referente a cada etapa de seleção das pesquisas, considerando a amplitude utilizada.

Com isso, após a seleção dos dados, tornou-se possível descrever a importância dos bioestimulantes vegetais como precursor de produtividade para a cultura do milho. As informações coletadas foram através das buscas em publicações de autores de referência e conhecimento na área de estudo, com posterior leitura crítica acerca do assunto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a compreensão da presente pesquisa, é necessário compreender diversos conceitos e peculiaridades a respeito dos bioestimulantes e da cultura do milho. As seções a seguir apresentam uma síntese dos principais conceitos levando em consideração diversos autores, que contribuíram para o uso e compreensão dos bioestimulantes vegetais como o extrato de algas e extrato pirolenhoso, apontando seus efeitos na cultura do *Zea mays*.

A cultura do milho (*Zea mays* L.)

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura pertencente à família das Poaceae, subfamília Panicoideae, tribo Maydae e gênero *Zea*, se dividindo em dois subgêneros (Luxuriantes e *Zea*), sendo de origem da América do Norte (LIMA, 2015; SILVEIRA et al., 2015). Plantas de milho apresentam classificação C4, espécie anual, cespitosa, com baixo afilamento, porte ereto, monoico-monoclina, estival, e apresenta boa adaptação a diversas condições ambientais. Ademais, é uma cultura que necessita de temperaturas entre 24 e 30 °C, com alta radiação solar.

Em grande parte, o cultivo do milho é realizado através de sementes híbridas provenientes periodicamente de agricultores de sementes, cuja escolha se dar na capacidade tecnológica do híbrido a diferentes adaptabilidades, o que acarreta em uma maior e melhor rentabilidade e retorno econômico ao produtor (GALVÃO et al., 2014). Além da importância do cultivo deste cereal em termos de produção, o milho apresenta diversas formas de consumo e aproveitamento, atuando tanto na alimentação humana quanto para a alimentação animal (MIRANDA, 2018). Além disso, é utilizado na produção de etanol, bebidas, xaropes, óleos, polímeros e entre outros que apontam essa cultura como uma ótima opção para o agronegócio brasileiro (SOLOGUREN, 2015).

Essa cultura apresenta ciclo altamente variado, apresentando variedades que são adaptáveis a diversas regiões do Brasil e do mundo. Variedades superprecoce de milho apresentam polinização com ocorrência aos 30 dias após a emergência, contudo, existem algumas que conseguem chegar a 300 dias o ciclo total de produção (BORÉM et al., 2017). No Brasil, as condições ambientais para o milho variam de 110 a 160 dias, especialmente por intermédio de suas características genéticas (FANCELLI, 2015). Dessa forma, essas variedades podem apresentar classificação em relação ao tempo gasto da semeadura até a sua floração, conhecidas como superprecoce (60 dias), precoce (61 a 70 dias), média (71 a 90 dias) e tardia (>90 dias) (FANCELLI et al., 2000).

Quanto ao ciclo desta cultura, se divide em cinco etapas de desenvolvimento, conhecidas em (i) germinação e emergência, (ii) crescimento vegetativo, (iii) florescimento, (iv) frutificação e (v) maturidade (BORÉM et al., 2017). Na Figura 1 e Tabela 1, pode ser observado a fenologia do milho quanto a seus estádios de desenvolvimento.

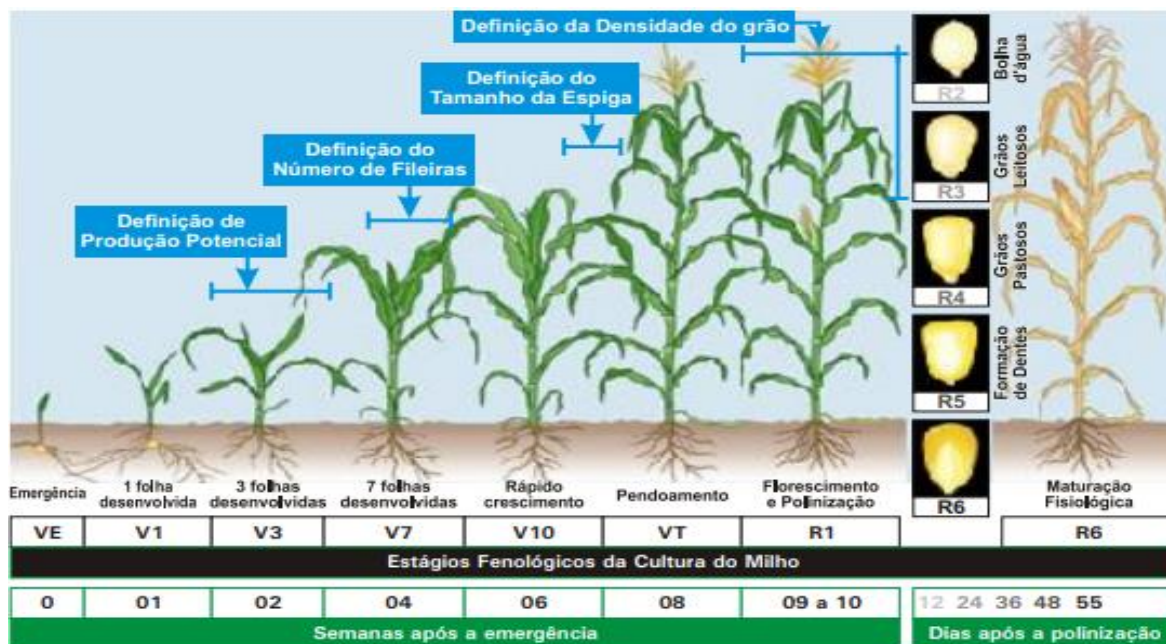


Figura 1. Escala fenológica do milho: estádios de desenvolvimento da cultura. Fonte: Weismann (2007).

Tabela 1. Escala fenológica do milho. Fonte: Fancelli, 1986, adaptada de Ritchie e Hanway, 1982 e Nel e Smit, 1978.

Estádio	Caracterização do estágio
fase vegetativa	
V0	V0 Germinação/emergência
V2	Emissão da 2ª folha
V4	Emissão da 4ª folha (1)
V6	Emissão da 6ª folha (2)
V8	Emissão da 8ª folha (3)
V12	Emissão da 12ª folha (4)
V14	Emissão da 14ª folha
Fase Reprodutiva	
VT	Emissão de pendão e abertura das flores masculinas
R1	Florescimento pleno (5)
R1	Grãos leitosos
R3	Grãos pastosos
R4	Grãos farináceos
R5	Grãos farináceos duros
R6	Maturidade Fisiológica (6)

(1) Início da definição do potencial produtivo. (2) Início da definição do número de fileiras não espiga. (3) Início da definição da altura de planta e da espessura do colmo. (4) Início da definição do número e tamanho de espiga. (5) Início da confirmação da produtividade. (6) máxima produtividade (máximo acúmulo de matéria seca) e máximo vigor da semente (aparecimento do ponto preto na base do grão).

Mundialmente, o Brasil se enquadra como terceiro maior produtor de milho, no entanto, é a gramínea mais plantada no país, tornando-a uma das principais

commodity agrícola. Na safra 2019/20, foi alcançado 102,5 milhões de toneladas de grãos com essa cultura, chegando a produtividade média em torno de 5,53 t ha⁻¹ e área plantada de 18,5 milhões de hectares. Na safra 2020/21, o Brasil apresentou 18.482,4 mil ha⁻¹ de área plantada e 5.690 kg ha⁻¹ de produtividade, com produção de 105.167,2 mil toneladas (CONAB, 2019; CONAB, 2020). De acordo com Silva et al. (2020), a safra de milho a nível mundial foi de 591 milhões para 1 bilhão de toneladas, equivalendo a um aumento superior a 82%.

No entanto, os bons rendimentos encontrados com essa cultura só foram possíveis através de uma gama de estudos que tem por objetivo elevar os tetos produtivos por meio de produtos que estimulam o crescimento e desenvolvimento vegetal, como por exemplo, o uso de bioestimulantes (JOSÉ & JOSÉ, 2021). Com base nisso, no tópico a seguir serão abordados o uso de bioestimulantes e sua importância para a cultura do milho, mostrando estudos que obtiveram bons resultados com o uso desses biorreguladores vegetais.

Bioestimulantes e sua importância para a cultura do milho

Os bioestimulantes são definidos, por muitos autores, como sendo substâncias ou microrganismos com capacidade de ajudar na melhoria e eficiência nutricional, suportar as injúrias do ambiente e aumentar os cultivos, levando em consideração, ou não, o conteúdo nutricional (NARDI et al., 2016). Ainda nesta vertente, são produtos obtidos de origem de diferentes materiais orgânicos e conhecidos por ofertar uma agricultura mais sustentável e com reduzida agressão ao ambiente (STADNIK et al., 2017).

Ademais, os bioestimulantes são produtos em que sua classificação as anuncia como reguladores de crescimento, agindo no crescimento e desenvolvimento vegetal, apresentando em sua constituição a presença de aminoácidos, nutrientes e vitaminas, possibilitando as plantas maior quantidade de nutrientes e água, tornando sua absorção e qualidade mais eficiente e atuam na resistência ao estresse hídrico (PERUCHINI & RUPOLLO, 2020), sem que haja o uso de produtos nocivos ao ciclo da cultura. De modo geral, são substâncias originadas pela mistura de dois ou mais produtos que atuam na regulação da planta, ou mesmo destes com outros tipos de substâncias, como nutrientes, vitaminas e aminoácidos (naturais ou sintéticos), podendo ser utilizados tanto via foliar ou via semente (SANTOS et al., 2020).

Com base nos supracitados, entende-se que os bioestimulantes são altamente importantes para a produção agrícola, no entanto, estes podem ser conhecidos por outros tantos nomes, a depender do fabricante, classificados ainda como, biorreguladores, aditivos, reguladores vegetais, promotores de crescimento, entre outros. No entanto, de acordo com a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980 (BRASIL, 1980) e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio da Instrução Normativa nº61 de 18 julho de 2020, esses produtos são classificados como sendo biofertilizantes (BRASIL, 2020).

A União Européia, América do Norte, região da Ásia e Pacífico e, América Latina se destacam como os principais participantes do mercado global de bioestimulantes, apresentando 42, 22, 20 e 13%, respectivamente (PERUCHINI & RUPOLLO, 2020). Na Europa, o valor de mercado desses produtos excede os 800 milhões de Euros, com aumento anual capaz de girar em torno de 10%, com destaque de liderança para países como a França, Itália e Espanha. Por sua vez, o mercado de bioestimulantes na América Latina tem se elevado anualmente, chegando a aproximadamente 14% ao ano, com valores superiores a 320 milhões de dólares (PERUCHINI & RUPOLLO, 2020). De acordo com o levantamento feito pela European Biostimulants Industry Council – EBIC, o Brasil e a Argentina concentram esse mercado.

De acordo com estudo realizado por Francischini et al. (2018), utilizando bioestimulantes na presença e ausência de fungicida para variáveis agronômicas e econômicas na cultura do milho verde, constataram resultados satisfatórios, com acréscimo no ganho de peso de espigas verdes sem o uso de fungicidas. Tejada et al. (2018) estudando o uso de bioestimulante na produtividade da cultura do milho, observaram aumento da nutrição das plantas, resultando em bom rendimento e qualidade dos grãos, com aumento significativo na produtividade.

Em síntese, o uso de bioestimulante em plantas de milho auxilia o vegetal em momentos estressantes, como por exemplo, o estresse hídrico, visto a falta de água nas plantas ser um fator que limita o seu bom desenvolvimento, ocasionando problemas na produção por diminuir de forma considerável a sua produtividade (MAGALHÃES & DURÃES, 2008). Em contrapartida, o uso desses produtos no estágio fenológico correto é capaz de elevar o crescimento e produção da cultura, como observado por Camuzzato et al. (2022), que ao estudar o uso de bioestimulantes nas características agronômicas da cultura do milho sobre restrição hídrica, observou

resultados favoráveis quanto ao aumento das variáveis estudadas, que refletem de forma positiva no rendimento produtivo da cultura. Por sua vez, Amaro et al. (2023) ao utilizarem bioestimulante via semente de milho sobre estresse hídrico, notaram aumento da tolerância durante o desenvolvimento inicial da cultura.

Nesta perspectiva, nos tópicos a seguir serão apresentados resultados de pesquisas que abordam os efeitos de diferentes bioestimulantes vegetais, em especial, o extrato de algas e o extrato pirolenhoso, mostrando sua importância e aplicação na cultura do milho. Dessa forma, tais evidências ajudarão na contribuição do processo da tomada de decisão por parte dos produtores em fazer uso de tais produtos.

Extrato de Algas

As algas são espécies marinhas que vivem ambientes com elevada quantidade de sais, apresentando funções essenciais nesses ecossistemas (SILVA CAVALCANTE et al., 2022). Na agricultura, essas espécies são utilizadas como matéria-prima de bioestimulantes, fato que se justifica por serem capazes de sintetizar compostos como esteroides, ácidos graxos, aminoácidos, pigmentos, fitohormônios e nutrientes, além de substâncias e complexos naturais que quando em contato com as plantas acarretam em diversos benefícios para o seu desenvolvimento (SILVA CAVALCANTE et al., 2020). Na Tabela 2, observa-se as formulações principais de bioestimulantes à base de extratos de algas comerciais.

Tabela 2. Principais formulações comerciais de bioestimulantes à base de extratos de algas utilizados na produção agrícola, no Brasil e no mundo. Fonte: Adaptado de Khan et al. (2009).

Nome comercial	Espécie da alga
Acadian®	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Actiwave	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Agri-Gro Ultra	<i>Ascophyllum nodosum</i>
AgroKelp	<i>Macrocystis pyrifera</i>
Alg-A-Mic	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Algifol	<i>Ascophyllum nodosum</i>
AlgiPower	<i>Ascophyllum nodosum</i>
AlgaminoPlant	<i>Sargassum spp</i>
AlgaeGreen	<i>Ascophyllum nodosum</i>
AZAL5	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Bio-Genesis™	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Biovita	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Espoma	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Kelpak	<i>Ecklonia maxima</i>

Kelpro	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Goemar BM 86	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Maxicrop	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Nitrozime	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Profert®	<i>Durvillea antarctica</i>
Seasol®	<i>Durvillea potatorum</i>
Stimplex	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Stella Maris	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Synergy	<i>Ascophyllum nodosum</i>

Globalmente, as algas são conhecidas como um recurso subvalorizado, utilizando para fins agrícola desde meados de 1982 (OSÓRIO et al., 2020; KAPOORE et al., 2021). Por exemplo, o sargaço (*Sargassum* spp.), é uma macroalga marrom com rápido de crescimento, rico em antioxidante e substâncias, incluindo as anticancerígenas, o que a torna de alto destaque como fonte de medicamentos e biofertilizante (AMMAR et al., 2022). Como pode ser observado na Tabela 1, o uso de bioestimulantes vegetais através de extratos de macroalgas são utilizados por meio das espécies *scophyllum*, *Ecklonia*, *Durvillea*, *Fucus*, *Himanthalia*, *Laminaria*, *Macrocystis*, *Dictyopteris* e *Sargassum* spp.

Matysiak et al. (2011) constataram em seu estudo ao utilizarem o extrato da espécie *Sargassum* spp., na cultura do milho sob as sementes e de forma foliar, houve um rápido crescimento das raízes e da parte aérea das plantas, o acarretou em uma maior germinação. Dessa forma, os extratos de algas vêm sendo considerados promissores na agricultura, em especial, na cultura do milho, com pesquisas que apontam que seu uso acarretam em melhoria no desenvolvimento, como um todo, das plantas, oferecendo maior vigor em sua fase fenológica (SILVA, 2018). Salienta-se ainda, que na fase reprodutiva da cultura do milho, os extratos agem de forma a uniformizar o florescimento e aumentar a produtividade, com maior qualidade dos grãos (SILVA, 2018).

Galindo et al. (2015) ao estudarem o desempenho agrônômico do milho com base na aplicação de bioestimulantes à base de extrato de algas, perceberam que quando utilizado um ou duas aplicações do extrato de *Egeria densa* mais concentrado, as plantas obtiveram maiores produtividades de grãos, estando relacionado ao potencial do produto como bioestimulador, oferecendo incremento em caracteres como no rendimento de grãos, em especial, com uma ou duas aplicações para melhor eficiência dos nutrientes. Por sua vez, Moraes et al. (2022) utilizando extrato de algas no tratamento de sementes e via foliar na cultura do milho, observaram que a

aplicação do extrato via semente mais foliar respondeu de forma positiva nas características número de folhas e diâmetro de colmo, podendo influenciar de forma positiva o desenvolvimento inicial das plantas, e conseqüentemente, a produtividade final da cultura.

De acordo com Souza et al. (2023), ao avaliarem os efeitos de diferentes doses do bioestimulante à base de extratos de algas da espécie *Ascophyllum nodosum*, aplicado via folha em plantas de milho, obtiveram resultados significativos, uma vez que o crescimento e desenvolvimento das plantas apresentaram incrementos significativos em produtividade de grãos, especialmente quando utilizado a dose de 200 mL.ha⁻¹. Por outro lado, Meshram et al. (2022) ao estudarem o efeito da aplicação foliar de algas marinhas no crescimento e produtividade de cultivares de milho sob diferentes concentrações, observaram aumento significativos quanto ao crescimento e o rendimento da cultura.

Jerusha e Singh (2022), estudando os efeitos do extrato de algas (*Kappaphycus alvarezii*) no crescimento e produtividade de milho de verão, constataram maiores rendimentos quanto ao número de espigas/planta, fileiras/espiga, grãos/linha, índice de sementes, índice de colheita, rendimento de grãos e rendimento de palha. Dessa forma, percebe-se que o uso de extratos de algas na cultura do milho se mostra relevantes, no entanto, na literatura ainda é carente de informações a respeito dessa tecnologia, sendo imprescindível a adoção de novos estudos em campo ou laboratório com o uso desse extrato como bioestimulante.

Extrato Pirolenhoso

O extrato pirolenhoso – EP, é um subproduto que vem sendo nos últimos anos empregado na agricultura, originado da queima da madeira com posterior uso em forma de bioestimulante, atuando como indutor de crescimento de raízes, e age como fungicida, pesticida, adubo orgânico e entre outros efeitos (ORAMAHI et al., 2018). O EP é utilizado na maior parte no tratamento de sementes, visto a presença de compostos metabólitos com ação antimicrobiano (PIMENTA et al., 2018). No Japão, o EP é utilizado a bastante tempo, no entanto, apenas em 2001 que o MAPA cedeu sua utilização na agricultura orgânica (CAMPOS, 2018). Na Tabela 3, observa-se os diferentes componentes elementares do EP e suas propriedades físico-químicas.

Tabela 3. Algumas propriedades do EP derivado da madeira. Fonte: Adaptado de Zhang et al. (2007); Czernik & Bridgwater (2004).

Propriedades	Valor em extrato pirolenhoso
Teor de umidade (% em peso)	15-30
pH	2,5
Gravidade Específica	1,2
Composição elementar (% em peso)	
C	54-58
H	5,5-7,0
O	35-40
N	0-0,2
Cinza	0-0,2
Alto poder calorífico (MJ/Kg)	16-19
Viscosidade a 773 K (cP)	40-100
Sólidos totais (% em peso)	0,2-1,0
Resíduo de destilação (% em peso)	Até 50

A literatura aponta que a natureza e a composição química do extrato pirolenhoso são dependentes da taxa de aquecimento, temperatura, tamanho de partículas e fonte de matéria-prima (MATHEW & ZAKARIA, 2015). Estudiosos como Melo et al. (2017) e Yahayu et al. (2017) enfatizam a importância do uso do extrato pirolenhoso na agricultura, especialmente como bioestimulante, servindo como condicionador do solo, indutor do enraizamento, repelente de insetos pragas e outras funções benéficas as culturas e ao ambiente onde é exposto.

Na cultura do milho, o extrato pirolenhoso pode ser usado em todas as fases durante o seu ciclo, desde o tratamento das sementes até suas fases fenológicas e reprodutivas, agindo de forma benéfica e atuando no metabolismo vegetal, além de contribuir na melhor resistência de doenças (AZEVEDO et al., 2021). De acordo com os resultados reportados por Silva et al. (2021) ao trabalharem com a cultura do milho sob uso do extrato pirolenhoso, observaram incremento na altura das plantas e na produção de massa seca da raiz. Não obstante, Almeida Júnior et al. (2022) utilizando extrato pirolenhoso em plantas de milho como indutor de enraizamento, observaram efeito positivo no aumento de raízes, alcançando ainda boas produtividades com o uso desse bioestimulante.

O extrato pirolenhoso é utilizado na agricultura, em muitas das vezes, aliado a uma outra forma de tecnologia, como no caso em pesquisas voltadas à interação dos índices de vegetação, como observado por Luna Neto (2022), onde observou maior teor de clorofila total nas plantas após uso do EP. Dessa forma, percebe-se que a

utilização de extrato pirolenhoso na cultura do milho se mostra interessante, contudo, as pesquisas encontradas na literatura são carentes de informações a respeito dessa tecnologia, sendo crucial a adoção de novos estudos em campo ou laboratório com o uso desse extrato como bioestimulante.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultura do milho é submetida a condições degradantes que podem comprometer de forma negativa a sua qualidade e rendimento produtivo.

Na cultura do milho, diversos estudos já são relatados na literatura como práticas que ajudam no aumento de caracteres agronômicos, como é o caso de bioestimulantes.

Observou-se que, o extrato de algas e extrato pirolenhoso utilizados como bioestimulante são considerados insumos alternativos interessantes para o aumento no crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura do milho.

Por serem produtos ainda pouco conhecidos, é necessário a difusão de mais pesquisas sob o uso desses materiais como bioestimulante, de modo a fornecer informações sobre boas práticas nesse segmento.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA JÚNIOR, J. J.; SILVA, D. S.; ALMEIDA, É. V.; CARNEIRO, A. O. T.; FERREIRA, M. C.; SANTOS, L. J. S. Milho implantado no sudoeste goiano com utilização do extrato pirolenhoso como enraizamento Corn implanted in southwest goiano using pyrolenhoso extract as rooting. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 4, p. 30094-30105, 2022.

AMARO, H. T. R.; FERNANDES, H. M. F.; ALMEIDA, P. M. A.; PORTO, E. M. V.; SOUZA DAVID, A. M. S. Tratamento de sementes com bioestimulante e disponibilidade hídrica no desenvolvimento inicial do milho. **MAGISTRA**, v. 33, n. 2023, 2023.

AMMAR, E. E.; AIOUB, A. A.; ELESAWY, A. E.; KARKOUR, A. M.; MOUHAMED, M. S.; AMER, A. A.; EL-SHERSHABY, N. A. Between current situation and future prospective. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 29, p. 3083-3096, 2022.

ARAÚJO, L. L. M.; RAMOS, D.; BRACHTVOGEL, E.; KOVALSKI, A. Ação de Bioestimulantes em cultivares comerciais de soja na Região Norte do Vale do Araguaia-MT. **PesquisAgro**, v. 4, n. 1, p. 3-21, 2021.

AZEVEDO, F. R.; GUIMARÃES, J. A.; BRAGA SOBRINHO, R.; LIMA, M. A. A. Eficiência de produtos naturais para o controle de bemisia tabaci biótipo b (hemiptera: aleyrodidae) em meloeiro. **Arquivos do instituto biológico**, v. 72, p. 73-79, 2021.

BARBOSA, E. D.; MELO, R. E.; PIMENTA, R. M. B.; JESUS OLIVEIRA, L.; SILVA, A. E. B. Produção de mudas de meloeiro sob efeito de diferentes doses de substâncias húmicas no Semiárido Baiano. **Diversitas Journal**, v. 7, n. 4, 2022.

BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. **Milho: do plantio à colheita**. 2. ed. Atual. e ampl. - Viçosa (MG): Ed. UFV, 2017.

BRASIL. **Lei Federal nº 6.894**, de 16 de dezembro de 1980. Dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura, e dá outras providências. Poder Executivo, Brasília, DF. 1980. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1980-1988/l6894.htm>. Acessado em: 08 de abril de 2023.

CAMPOS, A. D. **Informação Técnica sobre Extrato Pirolenhoso**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 9, 2018.

CAMUZZATO, G. **Potencial bioestimulante de *Trichoderma spp.* na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de milho sob restrição hídrica**. 2022. 39f. TCC (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2022.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a agropecuária, safra 2020/21**, Edição grãos, volume 8, Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/perspectivas-para-a-agropecuaria>. Acesso em: 15 de agosto de 2022.

CONAB. Companhia Brasileira de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 7 - Safra 2019/20 - Décimo segundo levantamento, Brasília, p. 1-68, setembro 2020. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb>>. Acessado em: 08 de abril de 2023.

CONAB. Companhia Nacional de abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira, Safra 2021/22 – 7º Levantamento** abril, Brasília. 2021.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira. Grãos. Safra 2018/19. **Monitoramento agrícola**. Brasília, v.6, n 4, p. 75-80. 2019.

CZERNIK, S.; BRIDGWATER, A. V. Overview of applications of biomass fast pyrolysis oil. **Energy & fuels**, v. 18, n. 2, p. 590-598, 2004.

EICHOLZ, E. D.; BREDEMEIER, C.; BERMUDEZ, F.; MACHADO, J. D. A.; GARRAFA, M.; BISPO, N. B. et al. **Informações técnicas para o cultivo do milho**

e sorgo na região subtropical do Brasil: safras 2019/20 e 2020/21. MISOSUL - Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2020.

FANCELLI, A. L. **Ecofisiologia, Fenologia e Implicações básicas de Manejo.** In: GALVÃO, J. C. C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M. A. Milho do plantio à colheita. 1 ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2015, p. 50-76.

FANCELLI, A. L. **Plantas Alimentícias:** guia para aula, estudo e discussão. Piracicaba: USP/ ESALQ, 1986. 131 p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção do milho.** Guaíba – RS; Livraria e editora agropecuária. 2000, 359p.

FRANCISCHINI, R.; SILVA, A. G.; TESSMANN, D. J. Eficiência de bioestimulantes e fungicida nos caracteres agrônômicos e econômicos na cultura do milho verde. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 2, p. 274-286, 2018.

GALINDO, F. S.; NOGUEIRA, M. L.; BELLOTE, J. L. M.; GAZOLA, R. N.; ALVES, C. J.; TEIXEIRA, F. M. C. M. Desempenho agrônômico de milho em função da aplicação de bioestimulantes à base de extrato de algas. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 9, p. 13-18, 2015.

GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V.; TROGELLO, E.; FRITSCHÉ-NETO, R. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Revista Ceres**, v. 61, p. 819-828, 2014.

JANINI, M. A.; CRUCIOL, G. C.; CATALANI, G.; PERSEGIL, E. O.; BARROS, L. M. Doses crescentes de fertilizante mineral no tratamento de sementes de milho. **Enciclopédia Biosfera**, v. 19, n. 40, 2022.

JERUSHA, B. M.; SINGH, S. Effect of Nitrogen Levels and Seaweed Extract (*Kappaphycus alvarezii*) on Growth and Yield of Summer Maize (*Zea mays* L.). **International Journal of Plant & Soil Science**, v. 34, n. 22, p. 1313-1321, 2022.

JOSÉ F. C. B.; JOSÉ G. C. **A cultura do milho.** Disponível em: <<https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/10804/1/Sebenta-milho.pdf>>. Acessado em: 08 de abril de 2023.

KAPOORE, R. V.; WOOD, E. E.; LLEWELLYN, C. A. Algae biostimulants: A critical look at microalgal biostimulants for sustainable agricultural practices. **Biotechnology Advances**, v. 49, 2021.

LIMA, L. R L. **Cruzamentos dialélicos para resistência a *Macrophomina phaseolina* e a *Thanatephorus cucumeris* em feijão-caupi.** 2015. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Piauí.

LUNA NETO, E. V. D. **Índice espectrais de vegetação no monitoramento de parâmetros fisiológicos do milho (*Zea Mays* L.) submetidos à bioestimulantes e sua correlação com a produtividade.** 2021. 49p. TCC (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, 2021.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. Fisiologia da produção. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHÃES, P. C. (Eds.). **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, cap. 3. 2008.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 61 de 8 de julho de 2020**. Diário Oficial da União, Brasília, n. 134, Seção 1. Disponível em: < <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-61-de-8-de-julho-de-2020-266802148>>. Acessado em: 08 de abril de 2023.

MATHEW, S.; ZAKARIA, Z. A. Pyroligneous acid—the smoky acidic liquid from plant biomass. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 99, n. 2, p. 611-622, 2015.

MATYSIAK, K.; KACZMAREK, S.; KRAWCZYK, R. Influence of seaweed extracts and mixture of humic and fulvic acids on germination and growth of *Zea mays* L. **Acta Scientiarum Polonorum**, v. 10, n. 1, 2011.

MELO, T. A.; ARAÚJO, M. U. P.; SERRA, I. M. R. S.; PASCHOLATI, S. F. Produtos naturais disponíveis comercialmente induzem o acúmulo de fitoalexinas em cotilédones de soja e mesocótilos de sorgo. **Summa Phytopathologica**, v. 43, n. 3, p.205-211, 2017.

MESHAM, M. R.; DAWSON, J.; SINGH, S.; SANODIYA, L. K.; RINA, L. Effect of seaweed sap foliar application on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) cultivars. **The Pharma Innovation Journal**, v. 11, n. 1, p.915-920, 2022.

MIRANDA, R. A. **Uma história de sucesso da civilização**: A Granja, v. 74, n. 829, p. 24-27, 2018.

MORAES, M. F.; SANTOS, C. L. R.; SILVA, C. F.; STIVAL, M. M.; LIMA, V. M. M. Uso de extrato de algas no tratamento de sementes e aplicação foliar na cultura do milho. **Revista Eletrônica Interdisciplinar**, v. 14, n. 2, 2022.

NARDI, S.; PIZZEGHELLO, D.; SCHIAVON, M.; ERTANI, A. Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. **Scientia Agricola**, v. 73, p. 18-23, 2016.

NEL, P.C.; SMITH, N.S.H. Growth and development stages in the growing maize plant. **Farming in South Africa**, p.1-7, 1978.

NGOUNE TANDZI, L.; MUTENGWA, C. S. Estimation of maize (*Zea mays* L.) yield per harvest area: Appropriate methods. **Agronomy**, v. 10, n. 1, p. 29, 2019.

ORAMAHI, H. A.; YOSHIMURA, T.; DIBA, F.; SETYAWATI, D.; NURHAIDA. Antifungal and antitermitic activities of wood vinegar from oil palm trunk. **Journal of wood science**, v. 64, n. 3, p. 311-317. 2018.

OSÓRIO, C.; MACHADO, S.; PEIXOTO, J.; BESSADA, S.; PIMENTEL, F. B., C.; ALVES, R.; OLIVEIRA, M. B. P. Pigments content (chlorophylls, fucoxanthin and

phycobiliproteins) of different commercial dried algae. **Separations**, v. 7, n. 2, p. 33, 2020.

PEREIRA, V. L. D.; SIMONETTI, A. P. M. M. Uso de Bioestimulantes associado ao tratamento de semente de milho (*Zea mays* L.). **Revista Cultivando o Saber**, v. 14, p.186-192, 2021.

PERUCHINI, M.; RUPOLLO, C. Uso de bioestimulantes na cultura da soja. **Anais de Agronomia**, v. 1, n. 1, p. 203-215, 2020.

PIMENTA, A. S.; FASCIOTTI, M.; MONTEIRO, T. V.; LIMA, K. M. Chemical composition of pyroligneous acid obtained from Eucalyptus GG100 clone. **Molecules**, v. 23, n. 2, p. 426, 2018.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University, 1982. 21p. (Special Report, 48).

RODRIGUES, L. A.; BATISTA, M. S.; ALVAREZ, R. C. F.; LIMA, S. F.; ALVES, C. Z. Avaliação fisiológica de sementes de arroz submetidas a doses de bioestimulante. **Nucleus**, v. 12, n. 1, p. 207-2014, 2015.

SANTOS, L. T. S.; VESPUCCI, I. L.; NUNES, M. P. C. Aplicação adicional de bioestimulantes em estágio reprodutivo de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) com intuito de acréscimo na produtividade. **Pubvet**, v.14, n.3, p. 1-7, 2020.

SHEMI, R.; WANG, R.; GHEITH, E. S.; HUSSAIN, H. A.; HUSSAIN, S.; IRFAN, M. et al. Effects of salicylic acid, zinc and glycine betaine on morpho-physiological growth and yield of maize under drought stress. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1-14, 2021.

SILVA CAVALCANTE, W. S.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; CORRÊA, F. R.; RODRIGUES, E.; CABRAL FILHO, F. R.; MARTINS, G. R.; CABRAL, P. H. F.; MATIAS, V. C.; MARTINS NETO, J. G.; MAGALHÃES, Y. C. M. Potencial de utilização do extrato de algas marrom no estágio fenológico reprodutivo da soja. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, p. e51311528563-e51311528563, 2022.

SILVA, D. W.; CANEPELLE, E.; WRITZL, T. C.; STEFFLER, A. D.; STEIN, J. E. S.; GUERRA, D.; SILVA, D. M.; REDIN, M. Efeito do extrato pirolenhoso no desenvolvimento inicial de plantas de milho e feijão. **Revista Eletrônica Científica Da UERGS**, v. 7, n. 1, p. 93-102, 2021.

SILVA, L. E. B.; SALES SILVA, J. C.; SOUZA, W. C. L.; LIMA, L. L. C.; SANTOS, R. L. V. Desenvolvimento da cultura do milho (*Zea mays* L.): revisão de literatura. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 3, p. 1636-1657, 2020.

SILVA, T. A. P. Uso de biofertilizantes (extrato de algas – *ascophyllum nodosum*) na cultura do milho. **Informativo técnico Nortox**. Edição 5, p. 1-4, 2018.

SILVEIRA, D. C.; MONTEIRO, V. B.; TRAGNAGO, J. L.; BONETTI, L. P. Caracterização agromorfológica de variedades de milho crioulo (*Zea mays* L.) na região noroeste do Rio Grande do Sul. **Rev. Ciência e Tecnologia**, v. 1, p. 01-11, n. 1, 2015.

SOLOGUREN L. **Visão agrícola milho**, USP ESALQ ANO 9, JUL | DEZ, 2015. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/Esalq-VA13-Milho.pdf>>. Acessado em: 05 de abril de 2023.

SOUZA, L. P.; JÚNIOR, K. S. F.; RIBEIRO, V. M.; BRIGANTE, G. P. Bioestimulante *Ascophyllum nodosum* na cultura do milho. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 2, p. e21112240072-e21112240072, 2023.

STADNIK M. J.; ASTOLFI P.; FREITAS M. B. Bioestimulantes: uma perspectiva global e desafios para a América Latina. In: I Simpósio Latino-Americano sobre Bioestimulantes na Agricultura, 2017. **Anais...** Universidade Federal de Santa Catarina, 2017. P. 18-23. Disponível em: <http://www.bioestimulantes.ufsc.br/files/2017/11/Anais-I-Simp%C3%B3sio-La-tino-Americano-sobre-Bioestimulantes-na-Agricultura-SLABA-2017.pdf>. Acessado em: 10 de abril de 2023.

SUN, H.; LEI, C.; YUAN, Y.; XU, J.; HAN, M. Nanoplastic impacts on the foliar uptake, metabolism and phytotoxicity of phthalate esters in corn (*Zea mays* L.) plants. **Chemosphere**, v. 304, p. 135309, 2022.

TEJADA, M.; RODRÍGUEZ-MORGADO, B.; PANEQUE, P.; PARRADO, J. Effects of foliar fertilization of a biostimulant obtained from chicken feathers on maize yield. **European Journal of Agronomy**, v. 96, p. 54-59, 2018.

USDA FAS. **Grain: World Markets and trade**. 2019. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain.pdf>. Acessado em: 05 de abril de 2023.

WEISMANN, M. **Fases de desenvolvimento da cultura do milho**. In: TECNOLOGIA e produção milho safrinha e culturas de inverno 2008. 4. ed. Maracajú: Fundação MS, 2007. p. 31-38.

YAHAYU, M.; MAHMUD, K. N.; MAHAMAD, M. N.; NGADIRAN, S.; LIPEH, S.; UJANG, S.; ZAKARIA, Z. A. Efficacy of pyroligneous acid from pineapple waste biomass as wood preserving agent. **Jurnal Teknologi**, v. 79, n. 4, 2017.



Capítulo 4
FRACIONAMENTO QUÍMICO DA MATÉRIA
ORGÂNICA: UMA REVISÃO SOBRE AS
PRINCIPAIS METODOLOGIAS

Kalline de Almeida Alves Carneiro

Letícia Moro

Rodrigo Santana Macedo

Sebastiana Maely Saraiva

Raimundo Nonato de Araújo Neto

Jhony Vendruscolo

Alexandre Pereira de Bakker

FRACIONAMENTO QUÍMICO DA MATÉRIA ORGÂNICA: UMA REVISÃO SOBRE AS PRINCIPAIS METODOLOGIAS

Kalline de Almeida Alves Carneiro

Pesquisadora PCI do Instituto Nacional do Semiárido, Química e Doutora em ciência do solo, kalline.carneiro@insa.gov.br.

Letícia Moro

Pesquisadora PCI do Instituto Nacional do Semiárido, Engenheira Florestal e Doutora em ciência do solo, leticia.moro@insa.gov.br

Rodrigo Santana Macedo

Professor e pesquisador colaborador da Universidade Federal da Paraíba, Graduado em ciências naturais, Doutor em solos e nutrição de plantas, macedors.rodrigo@gmail.com

Sebastiana Maely Saraiva

Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência de Tecnologia do Sertão Pernambucano, Agrônoma e Doutora em ciência do solo, smaelysaraiva@hotmail.com

Raimundo Nonato de Araújo Neto

Técnico de laboratório-PCI, Graduado em Ciências sociais, raimundo.araujo@insa.gov.br

Jhony Vendruscolo

Professor da Universidade Federal de Rondônia, Agrônomo e Doutor em ciência do solo, jhonyvendruscolo@gmail.com

Alexandre Pereira de Bakker

Pesquisador Titular III da carreira de Ciência e Tecnologia do Instituto Nacional do Semiárido, Engenheiro Florestal e Doutor em Solos, alexandre.bakker@insa.gov.br

RESUMO

Objetivo: Fornecer uma visão geral de alguns dos métodos utilizados para determinar os teores de carbono nas frações químicas da matéria orgânica do solo (MOS) mais utilizadas atualmente em laboratórios de rotina e na pesquisa nos solos do Brasil. **Métodos:** Sintetizamos os principais métodos analíticos de determinação de carbono no fracionamento químico das substâncias húmicas da MOS no solo do Brasil e comparamos as vantagens e desvantagens dos diferentes métodos. **Resultados:** O uso dos métodos avaliados aqui depende da disponibilidade de tempo e de recursos, portanto, nenhum método único pode ser utilizado para todas as situações. **Conclusão:** Este estudo fornece um referencial teórico com a finalidade de ser usado para a tomada de decisão sobre o tipo de método a ser designado para determinar o teor de carbono encontrado nas frações químicas dos ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e humina, nos solos do Brasil. **Palavras-chave:** Substâncias húmicas; Indicador de qualidade de solo; Frações químicas; Métodos analíticos; Carbono.

ABSTRACT

Objective: To provide an overview of some of the methods used to determine the carbon contents in the chemical fractions of soil organic matter (SOM) most currently used in routine laboratories and research in soils in Brazil. **Methods:** We synthesized the main analytical methods for carbon determination in the chemical fractionation of humic substances from SOM in Brazilian soil and compared the advantages and disadvantages of different methods. **Results:** The use of the methods evaluated here depends on the availability of time and resources, therefore, no single method can be used for all situations. **Conclusion:** This study provides a theoretical framework to be used for decision-making on the type of method to be designed to determine the carbon content found in the chemical fractions of humic acids, fulvic acids and humin, in Brazilian soils. **Keywords:** Humic substances, soil quality indicator, chemical fractions, methods analytical and carbon.

INTRODUÇÃO

A matéria orgânica do solo (MOS) é considerada um dos principais fatores da qualidade do solo, por apresentar uma imensa interrelação com quase todas as características físicas, químicas e biológicas do solo, exercendo forte influência na sua capacidade produtiva e na nutrição das plantas, desempenhando um papel fundamental nas funções do solo (Souza et al., 2016). Podendo ser considerada um importante captador de carbono, que tem a capacidade para amenizar o efeito estufa

(Wu et al., 2022). Além de, realizar diversas funções ecológicas e ambientais, tais como, preservar a fertilidade do solo, fomentar o crescimento das plantas e controlar do destino da contaminação ambiental (Gerke, 2018). A constituição da MOS se dá por C, H, O, N, S e P, com os teores 58%, 6%, 33% e os três últimos 3% (Guerra et al., 2017). Atualmente, as pesquisas mais recentes têm mostrado que a MOS na fração pesada associada ao material sedimentado (areia, silte e argila) compreende aproximadamente 80% do carbono orgânico total (COT) e nelas estão presentes as frações estáveis designadas de substâncias húmicas (SHs).

As substâncias húmicas (SH), são classificadas como compostos orgânicos concentrados, oriundos da ação microbiana e que diferem dos biopolímeros por sua estrutura molecular e elevada permanência no solo (Baldotto & Baldotto, 2014). O termo substâncias húmicas é utilizado cientificamente para caracterizar componentes específicos, decorrentes do processo de humificação, e que, seu isolamento e fracionamento pode ser efetuado de várias maneiras (Hayes & Swift, 2020). A constituição e o processo de decomposição das (SH), são refletidos em diversas funções ecológicas e qualidade do solo, a qual, englobam-se capacidade de retenção de umidade, estabilidade estrutural e sua biologia (Sarker et al., 2018).

É estimado que entre 50 à 80% da matéria orgânica do solo, seja composta pelas substâncias húmicas, as quais, são constituídas pelas frações ácidos fúlvicos (F-AF), ácidos húmicos (F-AH) e huminas (F-HU), sendo os componentes mais abundantes e reativos da MOS, além de ser um marcador chave para a qualidade do solo (Li et al., 2019).

Assim, o uso de métodos adequados para extração do fracionamento químico da matéria orgânica permite avaliar a qualidade e o rendimento das culturas, em solos com e sem adubação orgânica, analisando assim a disponibilidade de nutrientes e armazenamento de carbono no solo (BHUNIA et al., 2021). Logo, a associação do uso de adubos orgânicos como o esterco bovino ao disponibilizar nutrientes para as plantas juntamente com as substâncias húmicas, as quais aumentam a atividade das ATPases membranares favorece a entrada de nutrientes nas células vegetais e ativa os genes promotores de fitohormônios, sendo uma estratégia de manejo de adubação importante para melhorar a qualidade e a produtividade das culturas. Para medir o teor de carbono dos solos através do fracionamento químico, são utilizados alguns métodos precisos como: Analisador elementar de Carbono e Nitrogênio (LECO), espectroscopias na região do ultravioleta-visível (UV), na região do infravermelho (IV),

a espectroscopia de fluorescência induzida a laser (FIL), a ressonância magnética nuclear (RMN) e a ressonância paramagnética eletrônica (RPE).

Diante do exposto, esta revisão teve como objetivo fornecer uma visão geral dos principais métodos utilizados atualmente em laboratórios de rotina e na pesquisa científica sobre os teores de Carbono encontrado nas frações dos ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e humina, nos solos do Brasil.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Semiárido Nordeste

O Semiárido brasileiro (SAB) possui cerca de 1,83 milhões de estabelecimentos agropecuários na zona rural, ocupando uma área de mais de 52,7 milhões de hectares (Medeiros, 2018). De acordo com Fortini (2020), cerca de 79% desses estabelecimentos são constituídos pela agricultura familiar. Esses agroecossistemas apresentam vulnerabilidades devido está diretamente relacionadas com deficit hídricos, mudanças climáticas e o fenômeno da desertificação, o que torna necessário a implantação de estratégias criadas pelos agricultores, incluindo práticas de manejos sustentáveis que melhorem a gestão dos recursos naturais no SAB (Machado Filho et al., 2016).

Diante o exposto, a agricultura familiar têm adotado estratégias baseadas na produção agroecológica, onde cerca de 16% do total dos estabelecimentos agropecuários no SAB utilizam sistemas agroflorestais de produção, sendo esse percentual maior do que o verificado nacionalmente (Silva et al., 2020). A melhoria e a manutenção da qualidade do solo pode ser compreendida a partir da avaliação da sustentabilidade, auxiliando pequenos agricultores na seleção de sistemas sustentáveis de produção.

Os solos nessa região, em geral, são pouco desenvolvidos em função das condições de escassez das chuvas, tornando os processos químicos e físicos mitigados. Devido à variedade de condições climáticas, vegetação, tipos de rochas e formações do relevo, apresenta os mais diversos ambientes e, conseqüentemente, os mais diversos tipos de solos. Dentre os solos predominantes nas diferentes paisagens do semiárido se destacam os Latossolos, Argissolos, Planossolos, Luvisolos, Neossolos e Cambissolos. Em baixas proporções têm-se os Nitossolos, Chernossolos, Vertissolos e Plintossolos (Araújo Filho et al., 2019).

2.2 Matéria orgânica e suas frações químicas

A matéria orgânica do solo (MOS) é fundamental para a agricultura, sendo resultado da decomposição de resíduos vegetais e animais, microrganismos, biomassa microbiana, raízes e húmus (Berg; Laskowski, 2006). A MOS desempenha um papel essencial nas funções químicas, físicas e biológicas do solo (Ribeiro et al., 2022). A fração humificada da matéria orgânica torna o solo com uma maior fertilidade, contribuindo diretamente na ciclagem de nutrientes para as plantas. A fração lábil da matéria orgânica é considerada um bom indicador de qualidade do solo (Bongiorno et al., 2019), e é importante para mantê-lo em bom funcionamento (Salton et al., 2011). As frações de C lábeis são caracterizadas por tempos de renovações rápidas e respondem as mudanças em relação as frações estáveis de C do solo (Sing et al., 2021), sendo sua principal função o fornecimento de nutrientes às plantas por meio da mineralização, assim como energia e C aos microrganismos (Silva et al., 2011).

A análise da matéria orgânica é de grande relevância para averiguar a qualidade do solo, assim como verificar as perturbações ocorrentes no mesmo, apresentando influência no comportamento do solo através dos seus aspectos químicos, físicos e biológicos. A MOS compõe o maior reservatório de carbono da superfície terrestre, que é dinâmico e pode sofrer variações em virtude das práticas de manejo. Segundo Nascimento et al. (2010) as características e os teores da MOS são resultantes das taxas de produção, alteração e decomposição de resíduos orgânicos, dependentes de inúmeros fatores, como temperatura, aeração, pH e disponibilidade de água e nutrientes, a maioria deles condicionados pelo uso e manejo dos solos.

A decomposição da MOS resulta em produtos como CO_2 , NO_3^- , SO_4^{2-} e compostos de maior estabilidade (húmus). Nos sistemas agrícolas onde não há entrada de nutrientes de fontes externas, a matéria orgânica é a principal fonte de nutrientes, como é o caso da agricultura de subsistência da região semiárida do nordeste do Brasil.

As substâncias húmicas presentes na matéria orgânica do solo representam o compartimento de maior reatividade nos solos, ou seja, elas estão envolvidas na maior parte das reações químicas presentes nos solos (Rosa et al., 2017). Estruturalmente, as substâncias húmicas são bastante similares entre si, diferenciando-se pelo peso molecular, grupos funcionais e a solubilidade em meio aquoso. No entanto, admite-se

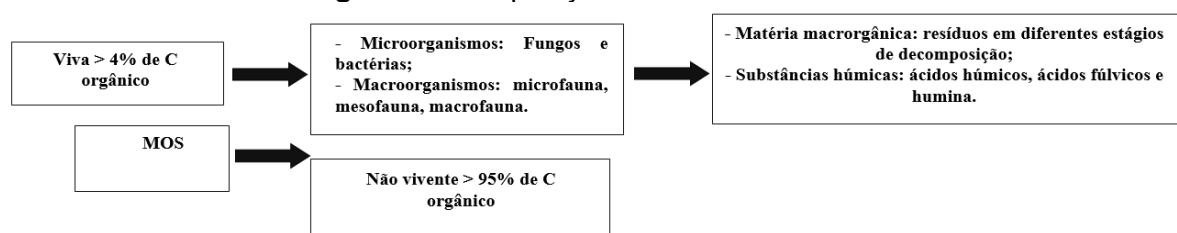
que esses compostos variam em peso molecular na ordem crescente FAF < FAH < HUM. De acordo com a sua solubilidade as substâncias húmicas são classificadas como FAH é solúvel em meio alcalino, FAF é solúvel tanto em meio alcalino como em meio ácido e HUM é insolúvel em qualquer condição de pH (Kukuls et al., 2019; Pham, 2021).

Os ácidos fúlvicos representam as frações claras e quimicamente constituídas por polissacarídeos, aminoácidos, compostos fenólicos, além de possuírem capacidade redutora nos solos formando complexos de Fe, Cu, Ca e Mg, já os ácidos húmicos são compostos escuros, quimicamente complexos, o que evidencia a alta capacidade de troca catiônica (Ihss, 2017). Por fim, a fração humificada equivale às substâncias que não são extraídas do solo, estando estreitamente ligadas à fração mineral do solo, denominada humina.

De acordo com Guerra et al. (2008) as substâncias húmicas são constituídas por moléculas complexas, heterogêneas e polidispersas, modificadas química e biologicamente que apresentam coloração variando de amarelo a castanho. Suas características são diversas, dentre elas destaca-se a capacidade de formar complexos solúveis e insolúveis com a água, com íons metálicos e com oxihidróxidos, além da interação com muitos compostos orgânicos e com a fase mineral do solo (Mendonça; Matos, 2005).

A (Figura 1) apresenta os compartimentos da matéria orgânica do solo responsáveis pelas transformações de compostos orgânicos. Neste contexto o fracionamento da matéria orgânica no solo é de grande importância para liberação de nutrientes às plantas, onde vale salientar que a origem e a qualidade da matéria-prima que origina as substâncias húmicas são fundamentais na relação final entre os ácidos orgânicos e os componentes minerais, químicos e biológicos do solo, promovendo melhores e estáveis interações, com influências diretas na produção e qualidade das produções agrícolas.

Figura 1 - Composição e Estrutura da MOS.



Fonte: Próprio autor.

Contudo, as substâncias húmicas desempenham um relevante papel na remediação em ambientes anaeróbicos contaminados com compostos orgânicos, tais como, hidrocarbonetos e compostos aromáticos, onde encontram-se envolvidas no processo de oxi-redução de compostos orgânicos (Barreiro, 2005).

2.3 Importância das SHs para o solo e as plantas

As substâncias húmicas (SHs) são importantes devido melhorarem a estrutura do solo, aumentarem a produtividade e a qualidade dos cultivos, disponibilizam fósforo adsorvido na fração argila, aumentam a superfície específica, a CTC e o efeito tampão, dando maior estabilidade ao solo e atuando como reservatório de N, P, S e micronutrientes. Logo, as SHs são importantes reguladores funcionais dos processos químicos e biológicos do solo e das plantas, representando uma forte sustentabilidade dos ecossistemas terrestres (Moreira & Siqueira, 2006). De acordo com Olsen (1913) as SHs apresentam-se como redutoras para transformar o Fe^{3+} em Fe^{2+} , forma absorvida pelas plantas. No processo de complexação dos metais polivalentes, o AF desempenham importante papel, além de alterarem as reações de sorção e disponibilidade de P na solução do solo. As SHs combina-se com os óxidos de Fe e de Al, argilas e outros compostos orgânicos, formando complexos estáveis com Fe, Cu, Ca e Mg.

No entanto, a dinâmica da MOS em sistemas de produção por meio do fracionamento químico, auxilia diretamente na recomendação de uso e de manejo que garantam incremento nos teores de MOS e que possam, reduzir os efeitos da agricultura sobre o ambiente. Logo, o seu fracionamento ajuda verificar o potencial de captura e armazenamento de C nos diferentes sistemas, contribuindo para a qualidade do solo ao longo do tempo de cultivo (Jha et al., 2017).

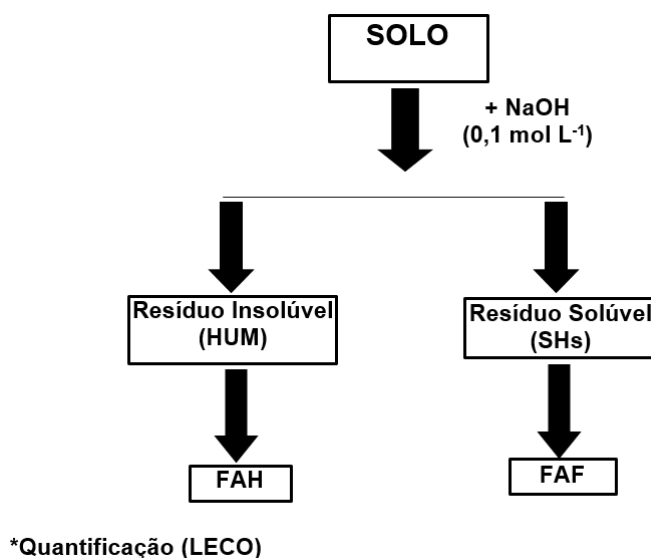
3. METODOLOGIA / MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Fracionamento químico do carbono nas substâncias húmicas

O fracionamento químico das substâncias húmicas geralmente é baseado em nos conceitos e na metodologia estabelecidos pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas, adaptados por Benites, Madari e Machado (2003) e adaptado o método de quantificação das frações húmicas utilizando o equipamento analisador

de carbono e enxofre (LECO). De acordo a técnica da solubilidade diferencial, foi realizada a separação dos ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e humina (HUM), logo após a extração, o teor de C orgânico nos extratos das frações foi determinado, de acordo com os conceitos de frações húmicas estabelecidos pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (SWIFT, 1996). Abaixo é demonstrado o processo de separação das frações orgânicas (Figura 2):

Figura 2: Método de extração e fracionamento da matéria orgânica do solo.



Fonte: Benites, 2003. *Quantificação das frações químicas realizada pelo equipamento elementar de Carbono e nitrogênio.

Resumimos os principais métodos analíticos do fracionamento químico das substâncias húmicas extraídas do solo no Brasil e comparamos criticamente as vantagens e desvantagens dos diferentes métodos. No entanto, investigamos as características de seis métodos: Analisador elementar de Carbono e Nitrogênio (LECO), espectroscopias na região do ultravioleta-visível (UV), na região do infravermelho (IV), a espectroscopia de fluorescência induzida a laser (FIL), a ressonância magnética nuclear (RMN) e a ressonância paramagnética eletrônica (RPE).

Normalmente, uma quantidade elevada de impurezas inorgânicas, podendo em alguns casos chegar até 50%, devendo ser, portanto, eliminadas antes dos estudos de caracterização. Uma redução considerável dessas impurezas inorgânicas

é obtida através de redissoluções e reprecipitações sucessivas, modificando-se o pH da suspensão.

4. RESULTADOS / DISCUSSÃO

As técnicas espectroscópicas são ferramentas importantes no estudo de inúmeras e complexas reações químicas no solo. Para determinar o teor de carbono no fracionamento químico das SHs algumas técnicas espectroscópicas são bastante utilizadas em laboratório pela precisão na obtenção de resultados. Com isso, metodologias que utilizam o princípio do analisador elementar de C e N (LECO), espectroscopia de infravermelho próximo e visível, espectroscopias na região do ultravioleta-visível, espectroscopias na região do infravermelho (IV), fluorescência, ressonância magnética nuclear (RMN) e ressonância paramagnética eletrônica (RPE) vêm surgindo como alternativas cabíveis às metodologias tradicionais de laboratório.

4.1 Analisador elementar de Carbono e Nitrogênio (LECO)

A determinação de COT por via seca, através do analisador elementar de C e N (LECO) tem sido bastante usado em pesquisas de caracterização de diversos materiais sólidos, através da combustão seca. Esse método consiste na combustão de amostras de 100 mg de material sólido e detecção da quantidade de dióxido de carbono gerado por meio de um sensor, gerando automaticamente a quantidade de carbono elementar existente na amostra (Silva et al., 2022). O método de determinação de COT pelo equipamento LECO apresenta menor geração de efluentes em relação aos demais métodos, como por exemplo o de Walkley Black e menor efeito ambiental.

4.2 Espectroscopia de Infravermelho próximo e visível (Vis-NIR)

A espectroscopia NIR é uma técnica alternativa promissora para medir o conteúdo de C no solo (Abreu Júnior et al., 2009), pois nesta região a maior parte dos materiais orgânicos possuem propriedades de absorção. A técnica é empregada para estimar e avaliar os números e os tipos de ligações moleculares presentes nas amostras. Logo, a eficácia da espectroscopia NIR depende de outros métodos

analíticos que são fundamentais para a sua calibração a partir dos resultados destes. Conforme Souza (2015), o uso da aplicação do NIR ocorre em virtude das vantagens que esta apresenta em relação às análises convencionais: ser uma técnica não destrutiva, livre de resíduos, ser de baixo custo, ser uma técnica rápida e inovadora. Uma das principais limitações dessa técnica é sua dependência da Quimiometria para tratamento dos dados espectrais, com o intuito de facilitar a determinação dos teores de C, N, areia, argila, entre outros atributos do solo em amostras de solo (Madari et al., 2006). Portanto, a utilização do espectro NIR quase não é usado para a caracterização de estruturas moleculares (Ferraresi, 2012).

4.3 Espectroscopias na região do ultravioleta-visível (UV)

A espectroscopia ultravioleta-visível (UV) é uma técnica de fácil manuseio, rápida e de baixo custo, porém com poucas bandas de absorção. Através dessa técnica pode-se avaliar o grau de humificação dos ácidos fúlvicos e húmicos da MOS (Abreu Júnior et al., 2009). Apesar de simular uma tecnologia eficaz, hoje raramente a espectroscopia de UV-VIS é usada como o principal método na análise estrutural. Isso ocorre devido os espectros UV-VIS das substâncias húmicas apresentarem pouca definição, e a absorção decresce linearmente com o aumento do comprimento de ondas, fornecendo a mínima informação estrutural.

A espectroscopia de absorção de luz UV-Vis é utilizada especialmente para medidas da razão E4/E6 (absorbância a 465 nm e a 665 nm) que tem sido associada também ao grau de humificação das SHs. Porém, quando a razão E4/E6 baixo, implica dizer que os constituintes aromáticos estão mais humificados e quando alto, suas estruturas alifáticas se apresentam menos humificadas. Quanto menor E4/E6 maior grau de condensação da amostra (Canelas & Santos, 2005). Essa técnica baseia-se nas conversões eletrônicas, derivadas de absorção de luz por moléculas. No decorrer do processo de irradiação, a molécula absorve energia e um dos elétrons é excitado do orbital que ocupa no seu estado funcional para outro orbital de maior energia (Rice, 2001). No estudos com as SHs de solo essa técnica tem sido de imenso uso devido avaliar o grau de humificação, principalmente dos AF e de AH. (Bayer et al., 2002).

4.4 Espectroscopias na região do infravermelho (IV)

Atualmente, as técnicas espectroscópicas vêm sendo empregadas em complementação e/ou substituição às técnicas convencionais de quantificação do carbono orgânico (CO), uma vez que estas demandam um longo tempo (Dias et al., 2009) e sendo muitas vezes prejudiciais à saúde humana e ambiental. O infravermelho (IR, do inglês Infrared) apresenta vantagens como precisão, exatidão, simplicidade e pequena quantidade de resíduos (Lucà et al., 2017). Essa técnica se baseia no fato de que os diversos tipos de ligações químicas e de estruturas moleculares absorvem radiação eletromagnética na região do infravermelho, em comprimentos de onda característico (Silverstein et al. 2013). A radiação IR interage com a molécula e causa alterações nos modos rotacionais e vibracionais (Barbosa, 2007) promovendo deformações axiais e angulares nas ligações entre os átomos de um grupamento funcional oxigenado. No caso das análises de moléculas orgânicas o infravermelho utilizado é o médio (MIR, abreviação, em inglês, de Middle Infrared) e está situada entre 4000 cm^{-1} a 400 cm^{-1} (Silverstein et al., 2013). No entanto, o intervalo que corresponde ao infravermelho próximo (NIR, abreviação, em inglês, de Near Infrared), situado entre 14290 cm^{-1} e 4000 cm^{-1} , também tem sido utilizado para análises quantitativas de amostras orgânicas (Hong et al., 2018).

As informações obtidas nos espectros de infravermelho classifica-se como qualitativas (Dias et al., 2009), portanto, para se extrair as informações quantitativas existentes nos espectros de IR, utiliza-se os métodos quimiométricos, que associam técnicas matemáticas, estatísticas e informáticas (Hein et al., 2009). No entanto, a interpretação dos espectros é utilizada para prever e predizer a evolução da MOS e os teores de C nos compartimentos da MOS (Hong et al., 2018). Espectros IR geram informações qualitativas e quantitativas de grupos funcionais do carbono e a relação de labilidade e recalcitrância destes compostos (Ferraresi et al., 2012).

Vale destacar que à espectroscopia de absorção na região do infravermelho (IV) apresenta os mesmos princípios da espectroscopia na região do ultravioleta-visível, exceto que, na região do IV a quantidade de energia é suficiente para provocar apenas movimentos vibracionais nas ligações entre os átomos, enquanto que na região do ultravioleta visível para substâncias húmicas, o espectro de infravermelho fornece maior quantidade de bandas de absorção e mais bem definidas. No caso do material húmico o valor das bandas do infravermelho são inconfiáveis, mas sugeriu-se

o uso comparativo, ou seja, sempre confrontar um espectro contra outro gerando mais informações sobre processos ocorridos no material do que sobre determinação estrutural. Essa técnica é de alta energia, absorvida por moléculas orgânicas e é convertida em rotação molecular.

A aplicação dessa técnica na análise de substâncias húmicas é relativamente comum e pode ser aplicada em amostras sólidas, líquidas e gasosas, porém a única restrição está relacionada com a complexidade do espectro e com o baixo grau de pureza das amostras analisadas (Canelas & Santos, 2005).

4.5 Espectroscopia de fluorescência induzida a laser (FIL)

A espectroscopia de fluorescência diferencia rapidamente frações humificadas em amostras de solo, porque o comprimento de ondas dos espectros de emissão e excitação encontra-se em faixas maiores que os ácidos fúlvicos e húmicos. As análises podem ser feitas diretamente na amostra, sem necessidade do processo de extração e purificação. A FIL é uma das mais sensíveis ferramentas disponíveis para propostas analíticas (Abreu Júnior et al., 2009). Essa técnica é de fácil implementação e, geralmente, não-invasiva, o que a torna essencial para aplicações ambientais. Esse método com aplicação em solos é recente e tem demonstrado resultados interessantes na avaliação do grau de humificação da MOS em solos sob diversos tipos manejos. Além disso, essa técnica também permite diferenciar, as diversas frações humificadas do solo, uma vez que os comprimentos máximos de emissão e de excitação se encontram-se em faixas maiores para os AH em relação aos AF. O fenômeno de fluorescência é altamente provável em sistemas moleculares que contêm átomos com pares solitários de elétrons, tais como: C = O, aromáticos, fenólicos, quinonas e, sistemas alifáticos conjugados insaturados rígidos. Esses grupos funcionais estão presentes nas SHs. As propriedades de fluorescência são dependentes de uma série de parâmetros tais como massa molar, concentração, pH, força iônica, temperatura, potencial redox e origem das substâncias húmicas. Os espectros de fluorescência podem ser medidos por emissão, espectro de excitação, espectro de varredura sincronizada e espectro tridimensional 3D, onde o gráfico é composto por um eixo relativo ao comprimento de onda de emissão, outro relativo de excitação e o terceiro de intensidade.

4.6 Ressonância magnética nuclear (RMN)

A ressonância magnética nuclear é uma técnica complexa e demorada. Através dessa técnica, pode ser feita a identificação e a quantificação dos diferentes grupos funcionais da amostra em estudo, podendo ser utilizada em diferentes solos e diferentes sistemas de manejo. A RMN apesar de ser uma técnica de caracterização estrutural relativamente recente, destaca-se como uma ferramenta essencial para estudar a MOS, devido fornecer informação estrutural das de C e sua dinâmica assim como, alguns fatores ambientais e seus processos de transformações e decomposição (Knicker et al., 2000). A RMN tem substituído à espectroscopia no infravermelho.

Essa técnica de RMN tem sido utilizada no Brasil, principalmente na avaliação qualitativa da MO em diferentes solos, uso e sistemas de manejo. No entanto, essa técnica identifica os grupos funcionais alifáticos, aromáticos e carboxílicos em suas respectivas bandas representadas, onde devido à sua baixa abundância natural, as análises são muito demoradas, requerendo às vezes, um período de mais de 24 horas. Nas análises por RMN no caso dos ácidos húmicos, em solos de zonas tropicais com predomínio de minerais de argila é o teor de Fe, que pode ocasionar um alargamento dos sinais. Outro problema é o isolamento dos ácido devido ao seu paramagnetismo, além de alterar o tempo de relaxação, que por sua vez, altera os húmicos que envolve a acidificação da amostra de solo, o que causa a degradação dos minerais de Fe, aumentando ainda mais sua concentração na solução de ácido húmico (Canelas & Santos, 2005).

4.7 Ressonância paramagnética eletrônica (RPE)

A técnica de ressonância paramagnética eletrônica realiza a análise qualitativamente das frações orgânicas, ácidos fúlvicos e ácidos húmicos, as mais estudadas, onde são utilizadas em estudo de amostras de solo após fracionamento físico. A ressonância RPE é capazes de fornecer informações estruturais, sem artefatos ou condições experimentais restritivas, sobre a complexação de íons metálicos (Fe^{3+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , V^{5+} , Cr^{3+} e outros) com substâncias húmicas de solos, água e sedimentos (Martin-Neto et al., 1991).

No entanto, permite analisar amostras sólidas, líquidas e gasosas, apresentando alta sensibilidade, identificando e determinando a concentração do elemento paramagnético, informando o estado de valência, localização e identificação dos radicais livres, para inferir sobre o grau de humificação da MO e dos constituintes húmicos (Martim-Neto et al., 2001). Porém, esse procedimento apresenta restrição de aplicações em amostras com altos teores de óxidos de ferro, isso por que o sinal de RPE do íon de Fe^{3+} , que é paramagnético, se sobrepõe aos sinais dos radicais livres semiquinona.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de técnicas espectroscópicas no estudo da matéria orgânica do solo (MOS) tem sido limitada em virtude do difícil acesso e o custo que é alto, principalmente nas instituições de ensino e pesquisa da região Nordeste do Brasil.

Todos os métodos têm suas vantagens e desvantagens específicas, a escolha de um determinado método deve ser baseada nos objetivos específicos e nas condições encontradas.

Os estudos sobre as substâncias húmicas com uso de técnicas espectroscópicas a serem realizados no Nordeste do Brasil poderão apresentar informações a respeito dos diferentes manejos nas áreas de cultivo, principalmente com culturas de ciclos reduzidos.

A forma estrutural das SHs e sua importância no sistema solo-planta das frações estáveis da MOS tem crescido atualmente com o intuito de melhorar a fertilidade do solo e conseqüentemente o aumento da produtividade agrícola.

REFERÊNCIAS

ABREU JUNIOR, C.H.; MARTIN-NETO, L.; MILORI, D.M.B.P.; SIMÕES, M.L.; SILVA, W.T.L. Métodos analíticos utilizados em química do solo. In: MELO, V.F.; ALLEONI, L. R.F. Química e mineralogia do solo. Viçosa: SBCS, 2009. p.539.

ARAÚJO FILHO, J.C.; CORREIA, R.C.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA NETO, M.B.; ARAÚJO, L.P.; SILVA, M.M.L. Ambientes e solos do semiárido: potencialidades, limitações e aspectos socioeconômicos. IN: XIMENES, L.F.; SILVA, M.S.L.; BRITO, L. T.L. (Eds). Tecnologias de convivência com o semiárido brasileiro. Fortaleza, CE: Banco do Nordeste do Brasil, 2019. p. 19-84p.

BARREIRO, J. C. Estudo do mecanismo de oxidação do herbicida atrazina na presença de minerais e substâncias húmicas em ambiente anaeróbio. 2005. P.165. Tese (Doutorado em Ciências)-Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2005.

BARBOSA LCA (2007) Espectroscopia no infravermelho na caracterização de compostos orgânicos. Viçosa: Ed. UFV, 189p.

BERG, B.; LASKOWSKI, R. Litter decomposition: a guide to carbon and nutrient turnover. v. 38. San Diego: Elsevier Academic Press, Advances in ecological research, 2006.

CANELLAS, L.P. SANTOS, G.A.. Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. UENF, 2005. 309 p.

COLNAGO, L.A.; MARTIN-NETO, L.; BISCEGLI, C.I.; NASCIMENTO, O.R.; BONAGAMBA, T.J.; PANEPUCCI, H.; VIEIRA, E.M.; SEIDEL, P.R.; SPOSITO, G.; OPELLA, S.J. Aplicações da ressonância magnética nuclear (RMN) e ressonância paramagnética eletrônica (EPR); In: CRESTANA, S. (eds) Instrumentação agropecuária: contribuições no limiar do novo século. 1996.

Dias BO, Silva CA, Soares BEM, Bettiol W, Guerreiro MC, Belizário M (2009) Infravermelho na 251 caracterização de ácidos húmicos de Latossolo sob efeito de uso contínuo de lodo de esgoto. 252 Revista Brasileira de Ciência do Solo 33:885-894.

Ferraresi TM, Silva WTL, Martin-Neto L, Silveira PM, Madari BE (2012) Espectroscopia de 266 infravermelho na determinação da textura do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo 36:1769- 267 1777.

FORTINI, R. M.. Um novo retrato da agricultura familiar do semiárido nordestino brasileiro: a partir dos dados do censo agropecuário 2017. 2020.

GERKE, J. Concepts and misconceptions of humic substances as the stable part of soil organic matter: A review. Agronomy, v. 76, n. 8, p. 1-16, 2018.

GUERRA, J.G.M.; SANTOS, G. de A.; SILVA, L.S. da; CAMARGO, F.A.O. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L.S. da; JHA, P.; VERMA, S.; LAL, R.; EIDSON, C.; DHERI, GS. Natural ¹³C abundance and soil carbon dynamics under long-term residue retention in a no-till maize system. Soil Use and Management, v. 33, p. 90-97, 2017.

GUERRA, J. G. M. et al. Macromoléculas e substâncias húmicas. In. SANTOS, G. A. et al. (Eds). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais, 2. ed., Porto Alegre: Metrópole, 2008.

HAYES, M. H. B.; SWIFT, R. S. Vindication of humic substances as a key component of organic matter in soil and water. Advances in Agronomy, v. 163, n. 5, p. 1 - 37, 2020.

HEIN, PRG; LIMA, JT; CHAIX, G. Otimização de calibrações baseadas em espectroscopia no infravermelho próximo para estimativa de propriedades da madeira de Eucalyptus. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 40, n. 3, p. 615-624, jul./set. 2010

HONG, Y; YU, L; CHEN, Y; LIU, Y; LIU, Y. Prediction of Soil Organic Matter by VIS–NIR Spectroscopy Using Normalized Soil Moisture Index as a Proxy of Soil Moisture. Remote Sens. 2018, 10, 28.

IHSS. International Humic Substances Society Products. Natural Organic Matter Research. What are Humic Substances?. 2017.

KUKULS, I.; KLAVINS, M.; NIKODEMUS, O.; KASPARINSKIS, R.; BRUMELIS, G. Changes in soil organic matter and soil humic substances following the afforestation of former agricultural lands in the boreal-nemoral ecotone (Latvia). Geoderma Regional, [s.l.], v. 16, e00213, 2019.

LI, M.; HU, H.; HE, X.; JIA, J.; DROSOY, M.; WANG, G.; LIU, F.; HU, Z.; XI, B. Organic carbon sequestration in soil humic substances as affected by application of different nitrogen fertilizers in a vegetable-rotation cropping system. J. Agric. Food Chem, v. 67, n.11, p. 3106– 3113, 2019.

LUCÀ, F; CONFORTI, M; CASTRIGNAN, A; MATTEUCCI, G; BUTTAFUOCO, G. Effect of calibration set size on prediction at local scale of soil carbon by Vis-NIR spectroscopy. Geoderma 288 (2017) 175–183

MACHADO FILHO, H.; MORAES, C.; BENNATI, P.; RODRIGUES, R. A.; GUILLES, M.; ROCHA, P.; LIMA, A.; VASCONCELOS, I.. Climate change and impacts on family farming in the North and Northeast of Brazil. Working Paper No 141. International Policy Centre for Inclusive Growth (IPG-IG), United Nations Development Programme (UNDP), Institute for Applied Economic Research (Ipea) and International Fund for Agricultural Development (IFAD). 2016.

Madari B, Reeves JB, Machado PLOA, Guimaraes CM, Torres E, MacCarty GW (2006) Mid- and near-infrared spectroscopic assessment of soil compositional parameters and structural indices in two Ferralsols. Geoderma 136:245–259.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. Matéria orgânica do solo: métodos de análises. Viçosa: UFV, 2005. 107p.

MEDEIROS, S. S.. Estabelecimentos agropecuários no semiárido brasileiro. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e Instituto Nacional do Semiárido (INSA), Campina Grande, 2018.

MOREIRA, F.M.S. SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. 2ª ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.

NASCIMENTO, P. C. et al. Teores e características da matéria orgânica de solos hidromórficos do Espírito Santo. Revista Brasileira Ciência do Solo, v. 34, p. 399-348, 2010.

PING, C. L. et al. Characterization of soil organic matter. In: LAL, R. et al. Assessment methods for soil carbon. Boca Raton, Lewis Publishers, 2001, p. 271-283.

PHAM, D. M.; KASAI, T.; YAMAURA, M.; KATAYAMA, A. Humim: No longer inactive natural organic matter. *Chemosphere*, [s.l.], v. 269, 128697, 2021.

RIBEIRO, L. L. O.; SEIDELL, E. P.; PAN, R.; CUNHA, L. S.; LANA, M. C.; BEJOLAL, P. C.; STEIN, J. M.; KUNZL, T. R.; SUSTAKOWSKIL, M. C.; MOTTIN, M. C. Frações químicas da matéria orgânica do solo em função do cultivo de plantas de cobertura e soja em sucessão. *Revista Conjecturas*. v.22, n 9, 2022.

RICE, J. Humim. *Soil Science*, 166:848-857, 2001.

ROSA, D. M.; NOBREGA, L. H. P.; MAULI, M. M.; LIMA, G. P.; PACHECO, F. P.. Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em rotação com milho e soja. *Revista Ciência Agronômica*. v.48, n.2, p.221-230, 2017.

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

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, n. 10, p. 1349-1356, 2011.

SARKER, J. R.; SINGH, B. P.; COWIE, A. L.; FANG, Y. F.; COLLINS, D.; DOUGHERTY, W. J.; SINGH, B. K. Carbon and nutrient mineralisation dynamics in aggregate-size classes from different tillage systems after input of canola and wheat residues. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 116, n. 7, p. 22 – 38, 2018.

SINGH, J.; SINGH, B.; SHARMA, S. Comparison of soil carbon and nitrogen pools among poplar and eucalyptus based agroforestry systems in Punjab, India. *Carbon management*, v. 12, p. 693-708, 2021.

SILVA, A. C. F.; FREIRE, F. J.; BORGES, C. H. A.; ARAÚJO, E. C. G.; SANTANA, G. M.; CUNHA NETO, E. M.; SANQUETTA, C. R. Teores de Carbono em espécies florestais da caatinga. *Revista Ciênc. Florest.* v. 32(1)Ciênc. Florest. 32 (1), p. 72-85, 2022.

SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; GOMES, J. H. G.; FONTES, M. A.; SILVA, E. M. R.. Enzyme activity, glomalin, and soil organic carbon in agroforestry systems. *Floresta e Ambiente*, v.27, n.e20170716, 2020.

SILVA, E. F.; LOURENTE, E. P. R.; MARCHENTTI, M. E.; MERCANTE, F. M.; FERREIRA, A. K. T.; FUJII, G. C. Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica do solo sob integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária brasileira*, v. 46, p. 1321-1331, 2011.

SILVERSTEIN, RM; WEBSTER, FX; KIEMLE, DJ. Identificação espectrométrica de compostos orgânicos. 7 ed. Rio de Janeiro: LCT, 2013.

SOUZA, G. P. D.; FIGUEIREDO, C. C. D.; SOUSA, D.M.D.G. Soil organic matter as affected by management systems, phosphate fertilization, and cover crops. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 51, p. 1668-1676, 2016.

SOUZA, L. M., SANTANA, F. B., GONTIJO, L. C., MAZIVILA, S. J., BORGES NETO, W. Quantification of adulterations in extra virgin flexseed oil using MIR and PLS. Food Chemistry, v. 182, p. 35-40, 2015.

TIWARI, J.; RAMANATHAN, A.; BAUDDH, K.; KORSTAD, J. Humic substances: Structure, function and benefits for agroecosystems a review. Pedosphere, v. 33, n. 2, p. 237-249, 2023. Doi: 10.1016/j.pedsph.2022.07.008.

THENG, B. K. G.; TATE, K. R.; SOLLENS, P. Constituents of organic matter in temperate and tropical soils. In: COLEMAN, D.; OADES, J. M.; UEHARA, G. (Ed.). Dynamic of soil organic matter in tropical ecosystems. Honolulu, University of Hawai, 1989. p.5-19.

WU, W.; HUANG, C.; TANG, Z.; XIA, X.; LI, W.; LI, Y. RESPONSE OF ELECTRON TRANSFER CAPACITY OF HUMIC SUBSTANCES TO SOIL MICROENVIRONMENT. ENVIRONMENTAL RESEARCH, v. 213, p. 1-9, 2022.

Capítulo 5
EFEITOS DA SALINIDADE NA
GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL
DE ESPÉCIES FLORESTAIS: UMA
REVISÃO DE LITERATURA

João Henrique Barbosa da Silva

Francisco Pereira Neto

Philip Moab Duarte de Amorim

Marcelino José da Silva

Belchior Oliveira Trigueiro da Silva

Silvio Lisboa de Souza Júnior

João Batista Medeiros Silva

Marlene Pereira do Nascimento

Dayane Gomes da Silva

Lucimere Maria da Silva Xavier

Luana dos Santos Carneiro

Larissa Albuquerque Brito

**EFEITOS DA SALINIDADE NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO
INICIAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS: UMA REVISÃO DE
LITERATURA**

João Henrique Barbosa da Silva

Universidade Federal da Paraíba

Autor correspondente: henrique485560@gmail.com

Francisco Pereira Neto

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco

Philip Moab Duarte de Amorim

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco

Marcelino José da Silva

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco

Belchior Oliveira Trigueiro da Silva

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Silvio Lisboa de Souza Júnior

Universidade Federal da Paraíba

João Batista Medeiros Silva

Universidade Federal da Paraíba

Marlene Pereira do Nascimento

Universidade Federal da Paraíba

Dayane Gomes da Silva

Universidade Federal da Paraíba

Lucimere Maria da Silva Xavier

Universidade Federal da Paraíba

Luana dos Santos Carneiro

Universidade Federal da Paraíba

Larissa Albuquerque Brito

Universidade Federal de Campina Grande

RESUMO

Objetivou-se realizar por meio de pesquisa bibliográfica, o levantamento das peculiaridades do efeito da salinidade na germinação e crescimento inicial de plântulas de canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert), mulungu (*Erythrina velutina* Willd), jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) e sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), além de determinar a máxima tolerância dessas espécies à salinidade. Para tanto, conduziu-se uma pesquisa bibliográfica utilizando o método de revisão integrativa. Os resultados levantados na literatura demonstram que a salinidade está entre os fatores ambientais que mais limitam o crescimento e desenvolvimento das espécies estudadas, além de ocasionar danos nos processos fotossintéticos, na composição mineral e na absorção de nutrientes essenciais. Assim, torna-se necessário mais pesquisas com relação ao estresse salino, ao qual as espécies florestais apresentadas estão sujeitas, visto a salinidade ser uma realidade em suas regiões de ocorrência.

Palavras-chave: desenvolvimento, estresse salino, tolerância.

ABSTRACT

The objective was to carry out, through bibliographic research, the survey of the peculiarities of the effect of salinity on the germination and initial growth of seedlings of canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert), mulungu (*Erythrina velutina* Willd), jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) and thrush (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), in addition to determining the maximum tolerance of these species to salinity. For this purpose, a bibliographical research was carried out using the integrative review method. The results raised in the literature demonstrate that salinity is among the environmental factors that most limit the growth and development of the species studied, in addition to causing damage to photosynthetic processes, mineral composition and absorption of essential nutrients. More research is needed regarding salt stress, which the forest species presented are subject to, since salinity is a reality in their regions of occurrence.

Keywords: development, saline stress, tolerance.

INTRODUÇÃO

Atualmente, 932 milhões de hectares de terra são afetadas pelo sal e devem aumentar no futuro devido às mudanças climáticas (SHAHID et al., 2018). Prevê-se que 20% do total cultivado e 33% das terras agrícolas irrigadas em todo o mundo podem ser afetados pela alta salinidade (GOPALAKRISHNAN et al., 2020). Essa área pode aumentar para mais de 50% nos próximos 30 anos (WANG et al., 2020). As tendências de aquecimento em virtude das mudanças climáticas associado ao uso excessivo dos aquíferos em todo o mundo, ameaçarão a segurança hídrica e a segurança alimentar da população, uma vez que 80% do consumo de água doce no mundo é de responsabilidade da agricultura (JASECHKO et al., 2021; FAMIGLIETTI et al., 2021), causando uma perda agrícola anual de até US\$ 27 bilhões (WANG et al., 2021). Portanto, a sustentabilidade da agricultura, principalmente em regiões semiáridas, é altamente dependente de recursos hídricos alternativos, que geralmente são mais salinos do que os de água doce (ZÖRB et al., 2019).

As condições de crescimento sob estresse salino desencadeiam desequilíbrios osmóticos e iônicos, alteram o metabolismo da planta e estimulam o estresse oxidativo através do aumento na produção de espécies reativas de oxigênio - EROs (EL GHAZALI et al., 2020; NAVADA et al., 2020). As EROs são continuamente geradas durante os processos metabólicos normais na mitocôndria, peroxissomo e citoplasma. No entanto, em alto nível eles são altamente citotóxicos e podem reagir com biomoléculas vitais, causando danos como peroxidação, desnaturação de proteínas e mutação de DNA (SHAHID et al., 2020). Os efeitos tóxicos do O₂⁻ e H₂O₂ podem iniciar uma cascata de reações que resulta na geração de radicais hidroxila e outras espécies nocivas, como peróxidos lipídicos (ISAYENKOV et al., 2019).

Algumas espécies florestais de importância econômica, silvicultural e ecológica para o Brasil e par ao mundo, são sensíveis ao estresse salino, com redução da sua produção de biomassa e pode acarretar em sua morte quando submetidas à alta salinidade por um longo tempo. O grau com que a salinidade influencia a germinação e o crescimento inicial das plântulas vai depender de diversos fatores, como por exemplo, à espécie vegetal (DUTRA et al., 2017). Entender os limites de tolerância e capacidade de adaptação de espécies florestais de interesse para o país confere vantagens ecológicas quando comparado à outras espécies que são sensíveis (LAVEZO et al., 2015).

Nesse sentido, esse trabalho objetivou realizar por meio de pesquisa bibliográfica, o levantamento das peculiaridades do efeito da salinidade na germinação e crescimento inicial de plântulas de canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert), mulungu (*Erythrina velutina* Willd), jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) e sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*), além de determinar a máxima tolerância dessas espécies à salinidade.

MÉTODOS

Tipo de pesquisa

Esse trabalho foi desenvolvido com base em uma pesquisa bibliográfica, sendo esta realizada por meio de buscas em artigos científicos nacionais e internacionais. Para tanto, adotou-se o método de revisão integrativa, tipo de método que proporciona além da síntese de conhecimento, a incorporação da aplicabilidade prática dos resultados de estudos significativos (SOUZA et al., 2010).

Procedimentos técnicos

Utilizou-se de trabalhos publicados sem restrição de idioma ou critérios de exclusão, com informações presentes em banco de dados disponíveis na internet e em livros, no período dos últimos 5 anos ou superior que apresentam relevância para o referente estudo. Para selecionar os artigos foram utilizados os seguintes descritores: “salinidade”, “estresse salino”, “estresse abiótico”, “tolerância”, “espécies florestais”, entre outros.

Dessa forma, com a seleção dos dados, tornou-se possível descrever os efeitos da salinidade na germinação e crescimento inicial de espécies florestais. As informações coletadas foram por meio de consulta em publicações de autores de referência na área de estudo com posterior leitura crítica acerca do assunto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a compreensão da presente pesquisa, é necessário compreender diversos conceitos e peculiaridades a respeito da salinidade e seus efeitos no desenvolvimento das plantas. Os tópicos a seguir apresentam uma síntese de

espécies florestais de relevância, de acordo com diversos autores que contribuíram para a compreensão dos efeitos do estresse salino na germinação e crescimento inicial do vegetal.

Influência da Salinidade em diferentes espécies florestais

Canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert)

A canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert) é uma planta decídua, heliófita e pertencente à família Fabaceae, subfamília Caesalpinoideae, e encontrada especialmente no cerrado, apresentando diversos usos por possuir ótima qualidade de madeira, utilizado principalmente na construção civil e marcenarias para a confecção de móveis rústicos, além de sua utilização na arborização de praças e rodovias, sendo abundantemente empregada para reflorestamentos mistos e recomposição de locais degradados, o que confere sua importância para o país (DUTRA et al., 2022). Com base no exposto, e levando em consideração o potencial da canafístula para utilização em sistemas produtivos, torna-se relevante estudos que envolvam essa espécie, principalmente quando acometidos a condições salinas, de modo que diversas regiões do país são afetadas por vários problemas, dentre eles a salinidade da água e do solo.

Dutra et al. (2017), ao estudarem o efeito da salinidade na germinação e crescimento inicial da espécie canafístula, observaram efeitos negativos pelo aumento da concentração salina no meio. Os resultados encontrados pelos autores com as concentrações de sais (0; -0,3; -0,6; -1,2 e -1,8 MPa), obtidos com NaCl para simulação de estresse salino, especialmente pelas maiores MPa, ocasiona diminuição no potencial hídrico, o que resultou em menor capacidade de absorção de água pelas sementes, influenciando de forma negativa a capacidade germinativa da espécie (DUTRA et al., 2017; SOUZA et al., 2010), ocasionando ainda o rompimento do tegumento que interfere no bom desenvolvimento do embrião, podendo ocasionar em morte da semente (FREITAS et al., 2013).

Em estudo realizado por Dutra et al. (2022) ao investigarem a germinação de sementes de canafístula submetidas ao efeito de agente osmótico (NaCl) em cinco níveis de potencial osmótico, constataram que a germinação, índice de velocidade de germinação e o tempo médio de germinação foram afetadas pelo estresse salino de modo em que os potenciais osmóticos se tornaram mais negativos. Por outro

lado, Trindade Ramos et al. (2022) ao avaliar a tolerância ao estresse salino em sementes de canafístula utilizando-se solução aquosa de NaCl, em potenciais de 0,0; -0,3; -0,6; -1,2; e -2,4MPa, observaram baixa tolerância as condições expostas, de modo que as sementes apresentaram redução do potencial hídrico a partir de -0,3MPa, sendo totalmente nula a partir de -1,2MPa ao NaCl, mostrando ser uma espécie sensível ao sal.

É carente na literatura estudos que envolvam a germinação e crescimento inicial de sementes de canafístula sob condições salinas, o que torna preocupante, tendo em vista que a habilidade das espécies em sobreviver a tais condições adversas é primordial para sua distribuição geográfica e realização de práticas agrícolas e florestais em ambientes que apresentam essa característica que o torna hostil para o bom desenvolvimento da planta (DUTRA et al., 2022).

Para isso, é importante o estudo de espécies que são sensíveis a condições salinas, como é o caso da canafístula aqui apresentado, de modo que suas sementes são afetadas por concentrações a partir de -0,3MPa ao NaCl, limitando a sua germinação quando presentes em ambientes nesta condição. Ademais, devido à falta de recursos naturais provenientes da variabilidade das chuvas aliado a elevada demanda evaporativa, torna-se primordial a utilização de água de baixa qualidade para irrigação, que em diversas situações, é inevitável o uso de água salina em várias regiões do país (ANDRADE et al., 2019; SILVA et al., 2020). Assim, no processo de germinação da canafístula, a salinidade reduz o gradiente de potencial entre o solo e a superfície da semente, dificultando a absorção de água e diminuindo a germinação das sementes (INÁCIO et al., 2021).

Dessa forma, é relevante pesquisas que busquem alternativas viáveis no tocante a mitigação dos impactos acometidos às plantas pelo estresse salino, como é o caso dos atenuadores. Contudo, a falta de estudos limita esse procedimento, especialmente quando direcionados a espécies florestais. Assim, levando em consideração que a canafístula é uma espécie sensível ao estresse salino, mesmo em baixas concentrações, é primordial a adoção de práticas que testem o uso de atenuadores para ajudar na germinação e crescimento inicial da planta, garantindo seu bom desenvolvimento, mesmo em condições limitantes.

Mulungu (*Erythrina velutina* Willd)

Erythrina velutina Willd., espécie xerofílica, conhecida popularmente como mulungu, é uma árvore nativa do Nordeste brasileiro, encontrada facilmente no bioma Caatinga e Cerrado, sendo uma planta de alto potencial econômico, especialmente por apresentar diversas utilidades na indústria farmacêutica bem como ser empregada para fins madeireiros, ornamentais e florestais (FELIX et al., 2020; LUANGSRIUMPORN et al., 2021).

Essa espécie é utilizada na medicina no tratamento de diversas doenças, sendo possível por apresentar metabólitos secundários com propriedades farmacológicas, que são atribuídas aos alcaloides eritrínicos e tetracíclicos (CAMPOS et al., 2021). No entanto, devido a estresses abióticos, como é o caso da salinidade, as sementes passam por dificuldades no processo de germinação, prejudicando o seu crescimento inicial e conseqüentemente o bom desenvolvimento da planta, sendo necessários esforços para a recomposição dessas espécies sob condições adversas.

Silva et al. (2019), ao investigarem o efeito da salinidade na emergência e no crescimento inicial de mulungu preparadas nas concentrações de 0, 25, 50, 75 e 100 mM, adicionando-se cloreto de cálcio (CaCl_2) à água destilada, correspondendo às condutividades elétricas de 0,01; 3,1; 5,52; 6,54 e 8,20 dS m^{-1} , observaram efeito prejudicial no processo de emergência e desenvolvimento inicial de mulungu a partir da concentração de 50 mM de CaCl_2 , sendo uma espécie tolerante a concentração salina de até 25 mM de CaCl_2 .

Não obstante, Figueiredo et al. (2019), ao estudarem as respostas fisiológicas de mulungu sob estresse salino nas condutividades elétricas de 0,5; 1,74; 4,75; 7,76 e 9,0 dS m^{-1} , observaram redução linear nas variáveis fisiológicas da espécie, especialmente nas maiores concentrações de estudo, o que ocasionou efeitos deletérios ao mulungu, mostrando ser uma espécie sensível ao sal. Por sua vez, Aderaldo et al. (2020), pesquisando os efeitos combinados da seca e da salinidade (50 e 100 mM de NaCl) no crescimento de plantas de mulungu, notaram que a salinidade ocasionou redução na produção de matéria fresca e seca das plantas, especialmente na concentração de 100 mM de NaCl.

Sousa Filho et al. (2017), estudando o efeito do estresse salino na germinação de sementes de mulungu nas concentrações salinas (1,0mol, 0,9mol, 0,8mol, 0,7mol, 0,6mol, 0,5mol, 0,4mol, 0,3mol, 0,2mol e 0,1mol, havendo um controle como

referência(0 M), observaram germinação nos níveis de KCl até 0,4mol, apontando que a espécie pode ser tolerante na fase de germinativa, no entanto, os autores apontam que o estresse salino interferiu todos os parâmetros avaliados no teste de germinação do mulungu. Em contraste, Pereira et al. (2022), ao avaliarem o efeito do estresse salino na germinação de sementes de *E. velutina* em diferentes concentrações salinas (0,5 mol, 0,45 mol, 0,4 mol, 0,35 mol, 0,3 mol, 0,25 mol, 0,2 mol, 0,15 mol, 0,1 mol, 0,05 mol e 0,0 mol), observaram que as doses estudadas não ocasionaram interferência na germinação das sementes de mulungu, contudo, houve redução à medida que a salinidade foi aumentada, com redução drástica a partir da concentração de 0,20mol.

Com base nos supracitados, os efeitos deletérios da salinidade no crescimento inicial de mulungu se configuram na massa seca das mudas, promovidos pelo estresse osmótico, o que diminui a captura, absorção e compartimentalização de íons tóxicos nos tecidos das sementes, acarretando em malefícios na expansão e divisão celular e, conseqüentemente, reduz o vigor das plantas (SILVA et al., 2019). Nóbrega et al. (2021), utilizando ácido salicílico como atenuador do estresse salino na qualidade fisiológica de sementes de mulungu, utilizando concentrações de (0,0, 3,0, 6,0 e 9,0 dS m⁻¹), constataram redução da qualidade das sementes mesmo com uso do atenuante, mostrando ser uma espécie com alta sensibilidade.

Os resultados mostram que a espécie de mulungu tende a sofrer sob condições salinas, especialmente sob altas concentrações. Com base nos supracitados, entende-se que essa espécie é sensível a condutividade elétrica superior a 25 nM de CaCl₂, sendo importante o desenvolvimento de mais pesquisas com essa rica espécie brasileira.

Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.)

Hymenaea courbaril L., conhecida popularmente como jatobá, é uma espécie pertencente à família das Fabaceae, se destacando por apresentando alto potencial econômico, especialmente na comercialização de sua seiva, com valorização de sua madeira, principalmente na amazônia (COSTA et al., 2019), apresentando ainda destaque para medicina popular, construção civil, arborização, reflorestamento e restauração de áreas degradadas (SANTOS et al., 2019).

H. courbaril é uma espécie vegetal de alta importância no país, especialmente na região Nordeste do Brasil, sendo essencial o desenvolvimento de pesquisas com essa espécie com o intuito de possibilitar a eficiência na produção de mudas. Contudo, alguns entraves são acometidos nesse processo, como é o caso da salinidade, que afeta a morfologia e características germinativas das sementes, impossibilitando seu crescimento inicial quando acometidas a elevadas concentrações salinas.

Pereira et al. (2022), ao avaliarem o efeito do estresse salino na germinação de sementes de jatobá em diferentes concentrações salinas (0,5 mol, 0,45 mol, 0,4 mol, 0,35 mol, 0,3 mol, 0,25 mol, 0,2 mol, 0,15 mol, 0,1 mol, 0,05 mol e 0,0 mol), observaram taxa de germinação satisfatória até a concentração de 0,10 M, o que mostra ser uma espécie que é sensível a concentrações salinas altas. Esses resultados encontrados pelos autores possivelmente podem ter ocorrido devido à queda do potencial hídrico ocasionada pelas altas concentrações salina nas sementes, possibilitando numa menor absorção de água pelas sementes, rompimento do tegumento e danos ao embrião, e em casos mais agravantes, pode ocasionar na morte das sementes (FREITAS et al., 2013).

Nascimento et al. (2015) investigando o ajustamento osmótico em mudas de jatobá submetidas a salinidade na concentração de (50 e 100 mM de NaCl), constataram alteração nas variáveis morfológicas da espécie. O jatobá é uma espécie pouco estudada no que diz respeito aos estresse abióticos, como é o caso da salinidade, e levando em consideração ser uma planta altamente presente no cotidiano de várias regiões do Nordeste, onde a maioria dos solos apresentam excesso de sais solúveis que desencadeiam problemas para a germinação das sementes e crescimento inicial da plântula, é importante estudos que subsidiem a produção de mudas em condições adversas. Solos com excesso de sais prejudiciais a essa espécie induz a diminuição da capacidade de absorção de água pela planta, e em consonância com os efeitos tóxicos do sal, ocorre efeito negativo na germinação da semente (CASTRO et al., 2023).

Os resultados nos mostram que é carente os estudos dos efeitos da salinidade em sementes de *Hymenaea courbaril*, especialmente no que diz respeito a sua máxima tolerância média pelas sementes. Assim sendo, é fundamental pesquisas que levem em consideração a utilização de diferentes condutividade elétrica nessa espécie, de modo a se buscar uma concentração adequada para a planta, trazendo subsídios aos produtores que fazem uso dessa espécie para diversas finalidades,

especialmente os da região Nordeste, onde o jatobá se torna uma das principais árvores de interesse. De modo geral, entende-se ser uma espécie sensível ao sal, especialmente sob altas concentrações.

Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.)

Mimosa caesalpiniaefolia, popularmente conhecida como sabiá, é uma espécie de árvore com destaque por apresentar uma madeira de boa qualidade, especialmente para a confecção de mourões no Nordeste do Brasil, com rápido crescimento que chega a um incremento médio de aproximadamente um metro de altura por ano (BARBOSA et al., 2008). De origem nativa da Caatinga, é uma leguminosa arbórea com forte relevância econômica, principalmente pelo seu alto potencial madeireiro e forrageiro (AZEVEDO et al., 2018), com aplicabilidade para utilização em sistemas silvipastoris (HERRERA et al., 2021).

Por estar inserida em uma região onde a água salobra é uma realidade, a salinidade tende a prejudicar o bom desenvolvimento de espécies de *M. Caesalpiniaefolia*. A germinação de sementes e crescimento inicial da plântula são os estágios mais vulneráveis e sensíveis no tocante a confecção de mudas, especialmente pela ocorrência de fatores ambientais que prejudicam nesse processo. Para isso, é fundamental que se conheça as condições propícias para a germinação e estabelecimento das espécies no ambiente (GONÇALVES et al., 2020).

Ordonho et al. (2022) ao estudar a seleção de progênies via germinação de sementes de sabiá sob estresse salino em soluções de NaCl com potenciais osmóticos de (0,0; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8; -1 Mpa), observou que a salinidade reduziu a germinação e o vigor das sementes dessa espécie, o que acarretou na diminuição das variáveis nos potenciais osmóticos mais baixos. Ainda de acordo com o mesmo autor, o teste germinativo se mostrou interessante para determinar o nível de tolerância ao sal pela espécie, mostrando uma tolerância a baixas concentrações osmóticas, de NaCl, com nível crítico de -0,4 MPa.

De acordo com Ribeiro et al. (2008), estudando a tolerância de sabiá sob salinidade durante a germinação e crescimento inicial, utilizando três soluções salinas (10, 20 e 30 dS m⁻¹), observou que a salinidade interferiu na germinação e desenvolvimento das plântulas, sendo sensível à salinidade a partir de 30 dS m⁻¹. Por sua vez, Tavares et al. (2007), investigando o efeito da inoculação com fungo

micorrízico em mudas de sabiá sob estresse salino na condutividade elétrica da água de irrigação de (0,7, 1,2, 2,2, 3,2 e 4,2 dS m⁻¹), observou que a salinidade promoveu maior redução na produção da massa seca das plantas.

Em síntese, a espécie de *M. Caesalpiniaefolia* apresenta ser sensível ao estresse salino. Contudo, é carente os estudos que mostrem maior veracidade quanto a essa espécie, especialmente no tocante ao seu limite máximo médio tolerante ao sal. Levando em consideração ser uma espécie em que sua produção ocorre em regiões semiáridas, onde a salinidade se faz presente em abundância nos solos, é viável estudos nesta área, de modo a buscar compreender como essa planta se desenvolve nesses ambientes hostis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A salinidade é um dos principais fatores que limitam a distribuição geográfica das plantas e afeta negativamente a germinação e crescimento inicial de espécies florestais como a canafístula, mulungu, jatobá e sabiá.

O trabalho mostra os impactos ocasionados pela salinidade em diferentes espécies florestais. O resultado desta pesquisa irá auxiliar novos trabalhos que possam despertar interesse no estudo da salinidade nessas espécies aqui estudadas, sendo possível a obtenção de novos conhecimentos ainda desconhecidos.

Entende-se que novas pesquisas no tocante aos efeitos da salinidade em espécies florestais devem ser levadas em consideração, de modo a selecionar espécies tolerantes para propagação e estabelecimento das espécies.

REFERÊNCIAS

ADERALDO F. Í. C. et al. Efeitos combinados da seca e da salinidade no crescimento de plantas de mulungu (*Erythrina Velutina* Wild). **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 2732-2740, 2020.

ANDRADE, E. M. G. et al. Gas exchanges and growth of passion fruit under saline water irrigation and H₂O₂ application. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, p. 945-951, 2019.

AZEVÊDO, T. K. B. et al. Substâncias tânicas presentes em partes da árvore sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) em plantio comercial de 5 anos. **Revista Agroecossistemas**, v. 9, n. 2, p. 263-274, 2018.

BARBOSA, T. R. L. et al. **Plantio do sabiazeiro (*Mimosa caesalpinifolia*) em pequenas e médias propriedades**. Niterói: Pesagro, 2008. 12p.

CAMPOS, J. L. A. et al. Indicators of conservation priorities for medicinal plants from seasonal dry forests of northeastern Brazil. **Ecological Indicators**, v. 121, p. 106993, 2021.

CASTRO, P. I. P. et al. Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) Cv. Tatu SP. Multifaces: **Revista de Ciência, Tecnologia e Educação**, v. 5, n. 1, p. 1-14, 2023.

COSTA, D. L. et al. Multipropósito de *Hymenaea courbaril* L. em uma área de manejo florestal comunitário na Amazônia. **Advances in Forestry Science**, v. 24, n. 2, p. 691–697, 2019.

DUTRA, T. R. et al. Efeito da salinidade na germinação e crescimento inicial de plântulas de três espécies arbóreas florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 91, p. 323-330, 2017.

DUTRA, T. R. et al. Germinação de sementes de Canafístula submetidas ao estresse hídrico e salino: Germination of Canaphistula seeds submitted to water and salt stress. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 11, p. 71226-71233, 2022.

DUTRA, T. R. et al. Germinação de sementes de três espécies arbórea submetidas ao estresse salino: Seed germination of three tree species subjected to salt stress. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 11, p. 71243-71249, 2022.

EL GHAZALI, G. E. B. Suaeda vermiculata Forssk. ex JF Gmel.: structural characteristics and adaptations to salinity and drought: a review. **International Journal of Sciences**, v. 9, n. 2, p. 28-33, 2020.

FAMIGLIETTI, J. S. et al. The hidden crisis beneath our feet. **Science**, v. 372, n. 6540, p. 344-345, 2021.

FELIX, F. C. et al. Molecular aspects during seed germination of *Erythrina velutina* Willd. under different temperatures (Part 1): reserve mobilization. **Journal of Seed Science**, v. 42, 2020.

FIGUEIREDO, F. R. A. et al. Respostas fisiológicas de mulungu submetida a estresse salino e aplicação de ácido salicílico. **Irriga**, v. 24, n. 3, p. 662-675, 2019.

FREITAS, A. R. et al. Superação da dormência de sementes de jatobá. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 73, p. 01-05, 2013.

GONÇALVES, M. P. M. et al. Influência de diferentes tipos de solos da Caatinga na germinação de espécies nativas. **Brazil Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 1216-1226, 2020.

GOPALAKRISHNAN, T. et al. Modeling and mapping of soil salinity and its impact on Paddy Lands in Jaffna Peninsula, Sri Lanka. **Sustainability**, v. 12, n. 20, p. 8317, 2020.

HERRERA, A. M. et al. Potential of *Gliricidia sepium* (jacq.) Kunth ex Walp. and *Mimosa caesalpinifolia* Benth. in silvopastoral systems intercropped with signalgrass [*Urochloa decumbens* (Stapf) RD Webster]. **Agroforestry Systems**, v. 95, n. 6, p. 1061-1072, 2021.

INÁCIO, J. T. M. et al. Efeito da salinidade na absorção de água por sementes de *Cedrela fissilis* Vell., *Cordia goeldiana* Huber e *Astronium lecointei* Ducke. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 19, n. 1, p. 42-45, 2021.

ISAYENKOV, S. V. et al. Plant salinity stress: many unanswered questions remain. **Frontiers in plant science**, v. 10, p. 80, 2019.

JASECHKO, S. et al. Perrone D. Global groundwater wells at risk of running dry. **Science**, v. 372, n. 6540, p. 418-421, 2021.

LAVEZO, A. et al. Estresse osmótico na germinação de sementes de *Petiveria alliacea* L. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, p. 622-630, 2015.

LUANGSRIUMPORN, P. et al. Requirements for efficient plantlet regeneration using cotyledonary nodal explants of purple coral tree (*Erythrina fusca* Lour.). **Vegetos**, v. 34, n. 1, p. 37-41, 2021.

NASCIMENTO, H. H. C. D. et al. Ajustamento osmótico em mudas de jatobá submetidas à salinidade em meio hidropônico. **Revista Árvore**, v. 39, p. 641-653, 2015.

NAVADA, S. et al. Biofilms remember: osmotic stress priming as a microbial management strategy for improving salinity acclimation in nitrifying biofilms. **Water Research**, v. 176, p. 115732, 2020.

NÓBREGA, J. S. et al. Ácido salicílico como atenuador do estresse salino na qualidade fisiológica de sementes de *Erythrina velutina*. **Revista Árvore**, v. 45, 2021.

ORDONHO, L. S. R. et al. **Seleção de progênies via germinação de sementes de *Mimosa caesalpinifolia* b. Sob estresse salino** [Monografia]. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco; 2022.

PEREIRA, D. P. et al. Efeito do estresse salino na germinação de sementes de mulungú e jatobá. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 17, n. 1, p. 17-21, 2022.

RIBEIRO, M. C. C. et al. Tolerância do sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* benth) à salinidade durante a germinação e o desenvolvimento de plântulas. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 5, p. 123-126, 2008.

SANTOS, J. C. C. et al. Biometry of fruits and seeds and pre-germination treatments of *Hymenaea courbaril* seeds. **Revista em Agronegocio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 3, p. 957–79, 2019.

SHAHID, M. A. et al. Insights into the physiological and biochemical impacts of salt stress on plant growth and development. **Agronomy**, v. 10, n. 7, p. 938, 2020.

SHAHID, S. A. et al. Soil salinity: Historical perspectives and a world overview of the problem. In: Guideline for salinity assessment, mitigation and adaptation using nuclear and related techniques. **Springer**, p. 43-53, 2018.

SILVA, E. C. A. et al. Influência da salinidade na emergência e crescimento inicial de mulungu. [TESTE]. **Revista Ciência Agrícola**, v. 17, n. 1, p. 63-69, 2019.

SILVA, J. G. et al. Tolerance to irrigation water salinity in physalis plants: productive aspects. **Bioscience Journal**, v. 36, n. 1, p. 83-96, 2020.

SILVA, M. F. et al. Tolerance of crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) to salinity and water stress during seed germination and initial seedling growth. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 43, p. e025418, 2019.

SOUSA FILHO, P. H. et al. Efeito do estresse salino na germinação de sementes de *Erythrina mulungu* Mart. Ex Benth. **Anais do Seminário de Pesquisa e Inovação Tecnológica-SEPIT**, 2017.

SOUZA, M. T. et al. **Revisão integrativa: o que é e como fazer**. Einstein (São Paulo), v. 8, p. 102-106, 2010.

SOUZA, Y. A. et al. Efeito da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 83-92, 2010.

TAVARES, R. C. **Efeito da inoculação com fungo micorrízico arbuscular e da adubação orgânica no desenvolvimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* benth.), sob estresse salino** [Dissertação]. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará; 2007.

TRINDADE RAMOS, L. M. et al. Estresse Hídrico e Salino na Germinação de Sementes de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. **Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 26, n. 4, p. 440-444, 2022.

WANG, F. et al. Characterizing soil salinity at multiple depth using electromagnetic induction and remote sensing data with random forests: A case study in Tarim River Basin of southern Xinjiang, China. **Science of the Total Environment**, v. 754, p. 142030, 2021.

WANG, F. et al. Multi-algorithm comparison for predicting soil salinity. **Geoderma**, v. 365, p. 14211, 2020.

ZÖRB, C. et al. Salinity and crop yield. **Plant Biology**, v. 21, p. 31-38, 2019.



Capítulo 6
FRACIONAMENTO QUÍMICO DE FÓSFORO
NO SOLO: REVISÃO DE MÉTODOS

Letícia Moro
Kalline de Almeida Alves Carneiro
Rodrigo Santana Macedo
Raimundo Nonato de Araújo Neto
Jhony Vendruscolo
Sebastiana Maely Saraiva
Alexandre Pereira de Bakker

FRACIONAMENTO QUÍMICO DE FÓSFORO NO SOLO: REVISÃO DE MÉTODOS

Letícia Moro

*Pesquisadora PCI no Instituto Nacional do Semiárido, Doutora em Ciência do Solo,
leticia.moro@insa.gov.br*

Kalline de Almeida Alves Carneiro

*Pesquisadora PCI no Instituto Nacional do Semiárido, Doutora em Ciência do Solo,
kalline.carneiro@insa.gov.br*

Rodrigo Santana Macedo

*Professor e pesquisador colaborador na Universidade Federal da Paraíba, Doutor
em Solos e Nutrição de Plantas, macedors.rodrigo@gmail.com*

Raimundo Nonato de Araújo Neto

*Técnico de laboratório PCI no Instituto Nacional do Semiárido, Graduado em
Ciências Sociais, raimundo.araujo@insa.gov.br*

Jhony Vendruscolo

*Professor na Universidade Federal de Rondônia, Doutor em Ciência do Solo,
jhonyvendruscolo@gmail.com*

Sebastiana Maely Saraiva

*Professora no Instituto Federal de Educação, Ciência de Tecnologia do Sertão
Pernambucano, Doutora em Ciência do Solo, smaelysaraiva@hotmail.com*

Alexandre Pereira de Bakker

*Pesquisador Titular no Instituto Nacional do Semiárido, Doutor em Mineralogia de
Solos, alexandre.bakker@insa.gov.br*

RESUMO

O fracionamento químico de fósforo (P) do solo é essencial para compreender sua dinâmica e disponibilidade para as plantas. Diferentes formas de P possuem graus variados de solubilidade e reatividade, o que afeta sua disponibilidade imediata. O fracionamento

químico permite identificar e quantificar essas diferentes formas, fornecendo informações valiosas para práticas de manejo adequadas. Esta revisão teve como objetivo comparar criticamente métodos de fracionamento químico de P do solo. Não existe um considerado universalmente o melhor, a escolha do método depende dos objetivos da análise, características do solo, informações desejadas e recursos disponíveis. Cada método possui vantagens e desvantagens específicas. O método de Chang & Jackson (1956) é antigo, mas fornece uma classificação abrangente das formas de P no solo. No entanto, não identifica separadamente as formas orgânicas e não estima a labilidade das formas extraídas. O método de Hedley et al. (1982) introduziu a inclusão de formas orgânicas, mas também não estima diretamente a labilidade. Os métodos da EMBRAPA (2017) e de Gatiboni & Condrón (2021) são mais atualizados e incluem etapas adicionais, permitindo uma caracterização mais detalhada das diferentes formas de P no solo. Portanto, a escolha do melhor método depende do contexto específico da pesquisa ou análise do solo, levando em consideração os objetivos, limitações e necessidades do estudo em questão. É fundamental avaliar cuidadosamente cada método em relação aos requisitos específicos antes de decidir qual utilizar.

Palavras-chave: Frações de P. Biodisponibilidade. Fósforo orgânico. Fósforo inorgânico. Extratores de fósforo.

ABSTRACT

The chemical fractionation of phosphorus (P) in the soil is essential to understand its dynamics and availability to plants. Different forms of P have varying degrees of solubility and reactivity, which affects their immediate availability. Chemical fractionation allows identifying and quantifying these different forms, providing valuable information for appropriate management practices. This review aimed to critically compare methods of chemical fractionation of soil P. There is not one universally considered the best, the choice of method depends on the objectives of the analysis, soil characteristics, desired information and available resources. Each method has specific advantages and disadvantages. Chang & Jackson's (1956) method is old but provides a comprehensive classification of P forms in soil. However, it does not separately identify the organic forms and does not estimate the lability of the extracted forms. The method by Hedley et al. (1982) introduced the inclusion of organic forms, but also does not directly estimate lability. The EMBRAPA (2017) and Gatiboni & Condrón (2021) methods are more up-to-date and include additional steps, allowing a more detailed characterization of the different forms of P in the soil. Therefore, choosing the best method depends on the specific context of the research or soil analysis, taking into account the objectives, limitations and needs of the study in question. It is critical to carefully evaluate each method against specific requirements before deciding which one to use.

Keywords: P fractions. Bioavailability. Organic phosphorus. Inorganic phosphorus. Phosphorus extractors.

INTRODUÇÃO

A realização do fracionamento químico de fósforo (P) no solo é fundamental para compreender a dinâmica desse nutriente no ambiente e sua disponibilidade para as plantas. Esse procedimento permite identificar e quantificar diferentes formas de fósforo no solo, fornecendo informações valiosas para a adoção de práticas de manejo adequadas e eficientes.

Um dos principais motivos para realizar o fracionamento químico de P no solo é avaliar a disponibilidade desse nutriente para as plantas. Diferentes formas de fósforo possuem graus variados de solubilidade e reatividade, afetando sua disponibilidade imediata. O fracionamento químico permite distinguir formas lábeis, moderadamente lábeis e recalcitrantes de P, fornecendo uma estimativa da disponibilidade do nutriente para as plantas (Gatiboni & Condrón, 2021).

Além disso, permite identificar as formas predominantes de P presentes, como fosfatos de cálcio, fosfatos de alumínio, fosfatos de ferro e formas oclusas em óxidos de ferro e alumínio. Isso é importante para entender as interações entre o P e os componentes do solo, bem como os mecanismos de sorção desse nutriente (Chang & Jackson, 1956; EMBRAPA, 2017).

A adoção de práticas de manejo adequadas depende de uma compreensão detalhada da dinâmica do P no solo. O fracionamento químico fornece informações que auxiliam na definição de estratégias de adubação fosfatada, na seleção de fontes de fertilizantes e no monitoramento da fertilidade do solo ao longo do tempo. Também ajuda a identificar solos com deficiência de P ou excesso de formas não disponíveis, orientando ações corretivas (Hedley et al., 1982; EMBRAPA, 2017).

Em síntese, o fracionamento químico de P do solo é essencial para compreender sua disponibilidade e comportamento no ambiente. Possibilita avaliar as diferentes formas de fósforo, estimar sua disponibilidade para as plantas e auxiliar na tomada de decisões sobre o manejo adequado desse nutriente. As informações obtidas por meio desse procedimento contribuem para a otimização da adubação fosfatada e o uso eficiente dos recursos agrícolas.

Com base no exposto, o propósito desta revisão foi oferecer uma perspectiva geral dos principais métodos empregados na pesquisa científica sobre o fracionamento químico do fósforo nos solos do Brasil.

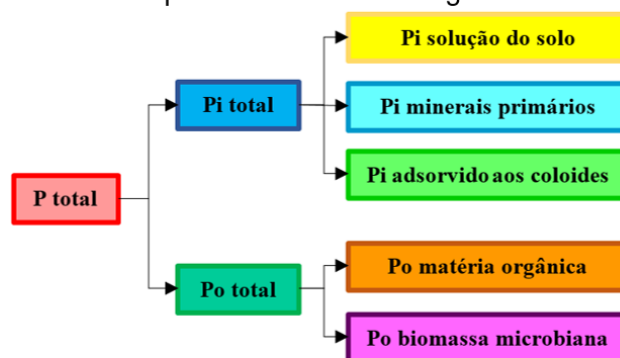
REFERENCIAL TEÓRICO

O fósforo é um elemento essencial para o crescimento e produção vegetal, desempenhando papéis cruciais na fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão celular e crescimento das células (Marschner, 2012). Em solos tropicais da América, cerca de 80% deles são naturalmente pobres em fósforo (Sanches & Salinas, 1981). Além disso, solos com cargas variáveis possuem alta capacidade de sorção de fósforo (Barrow, 1987).

A disponibilidade de P no solo é frequentemente reduzida devido à sua habilidade em formar compostos de alta energia de ligação com os coloides, o que confere alta estabilidade na fase sólida (Richardson et al., 2009). Mesmo que os teores totais de P no solo sejam elevados em relação às necessidades das plantas, apenas uma pequena fração desse elemento possui baixa energia de ligação, o que permite sua dessorção e disponibilidade para as plantas (Richardson et al., 2009).

Existem diferentes formas de P no solo, que podem variar em termos de adsorbato e energia de ligação entre eles, determinando sua capacidade de dessorção e reposição do fósforo absorvido pelas plantas (Gatiboni, 2003). As frações de P encontradas nos solos podem variar de acordo com as características do solo, práticas de manejo e histórico de uso da terra.

Figura 1 – Divisão do fósforo total do solo em diversos compartimentos segundo o composto a que o íon fosfato está ligado.



Fonte: Elaborada pelos autores. P = fósforo, Pi = fósforo inorgânico, Po = fósforo orgânico.

Fósforo inorgânico lábil: Essa fração é considerada a forma mais disponível de P para as plantas. Geralmente, é encontrado na solução do solo como íons HPO_4^{2-} ou H_2PO_4^- . Essa forma de fósforo pode ser rapidamente absorvida pelas raízes das plantas e atender às suas necessidades imediatas (Tiessen et al., 2019).

Fósforo inorgânico moderadamente lábil: Essa fração está associada aos coloides do solo, como minerais de argila e óxidos de ferro e alumínio. Embora seja menos disponível do que o P inorgânico lábil, essa forma ainda pode contribuir para o suprimento de P às plantas em prazos mais longos (Gatiboni & Condrón, 2021).

Fósforo inorgânico recalcitrante: Essa fração é considerada menos disponível para as plantas. É encontrada principalmente em minerais primários, como apatitas e fosfatos de cálcio, que possuem baixa solubilidade em água. O P inorgânico recalcitrante pode ser liberado lentamente por meio de processos de intemperismo e transformação mineralógica (Liu et al., 2020).

Fósforo orgânico: Essa fração está associada à matéria orgânica do solo, incluindo resíduos vegetais em decomposição. O P orgânico pode ser mineralizado ao longo do tempo por meio da atividade microbiana, liberando P inorgânico disponível para as plantas (Condrón & Richardson, 2011).

É importante ressaltar que a distribuição e proporção dessas frações de P podem variar amplamente entre os solos e são influenciadas por fatores como o pH do solo, a composição mineralógica e a história de uso da terra. O fracionamento químico de P no solo é uma ferramenta valiosa para identificar e quantificar essas frações, auxiliando no manejo adequado desse nutriente em sistemas agrícolas.

METODOLOGIA

Nesta revisão, resumimos os principais métodos analíticos utilizados para o fracionamento químico de fósforo no solo e realizamos uma análise crítica das vantagens e desvantagens de cada um. Dessa forma, examinamos as características de quatro métodos distintos: Chang & Jackson (1956), Hedley et al. (1982), EMBRAPA (2017) e Gatiboni & Condrón (2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Chang & Jackson (1956)

O método baseia-se no modo de ação dos compostos químicos e utiliza soluções químicas específicas para extrair seletivamente diferentes formas de P do solo. O método permite classificar o P do solo em quatro grandes grupos: fosfatos de alumínio, fosfatos de ferro, fosfatos de cálcio e fosfatos oclusos (que são

precipitados no interior de oxihidróxidos de ferro e alumínio ou não são detectáveis pelos extratores utilizados). Essas formas são identificadas com base nos extratores utilizados, que são $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{F}$, NaOH , H_2SO_4 e $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$, respectivamente (Figura 2). No entanto, esse método não distingue separadamente as formas orgânicas e, principalmente, não estima a labilidade das formas extraídas. A partir do trabalho de Chang & Jackson, foram desenvolvidos vários métodos de extração ou fracionamento do P no solo (Fixen & Grove, 1990).

Hedley et al., (1982)

O método propõe a inclusão das formas orgânicas durante as etapas de extração com soluções alcalinas. Essa técnica envolve a utilização de extratores químicos sequenciais para remover tanto o fósforo inorgânico quanto o orgânico, começando pelas frações mais disponíveis e avançando para as mais estáveis (Figura 3).

Na primeira etapa, é utilizada uma resina de troca aniônica para extrair o P inorgânico presente em frações lábeis. Em seguida, o extrator NaHCO_3 0,5 M é empregado para extrair tanto o P inorgânico quanto o orgânico de frações lábeis. Essas duas frações lábeis têm a capacidade de contribuir para o suprimento de nutrientes às plantas e podem ser lixiviadas facilmente pela solução percolante devido à sua baixa retenção (Gatiboni et al., 2007, 2008). O extrator NaOH 0,1 e 0,5 M é utilizado para extrair o P inorgânico ligado a óxidos e argilas silicatadas, com energia de ligação intermediária, além de extrair o P orgânico de frações moderadamente lábeis (Cross & Schlessinger, 1995; Gatiboni et al., 2007). A etapa de extração com HCl visa remover o fósforo inorgânico presente nos fosfatos de cálcio e nos fosfatos fortemente adsorvidos. Por fim, a digestão do solo com $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{MgCl}_2$ é realizada para extrair o P residual do solo, também conhecido como fósforo recalcitrante. Essa fração geralmente não contribui ativamente para a disponibilidade de fósforo às plantas, sendo considerada de alta recalcitrância (Stewart & Sharpley, 1987), embora alguns estudos mostrem que em solos com deficiência severa de fósforo, essa fração pode servir como fonte desse nutriente para as plantas (Guo & Yost, 1998; Guo et al., 2000).

Figura 2 - Esquema da técnica do fracionamento de fósforo proposto por Chang & Jackson (1956).

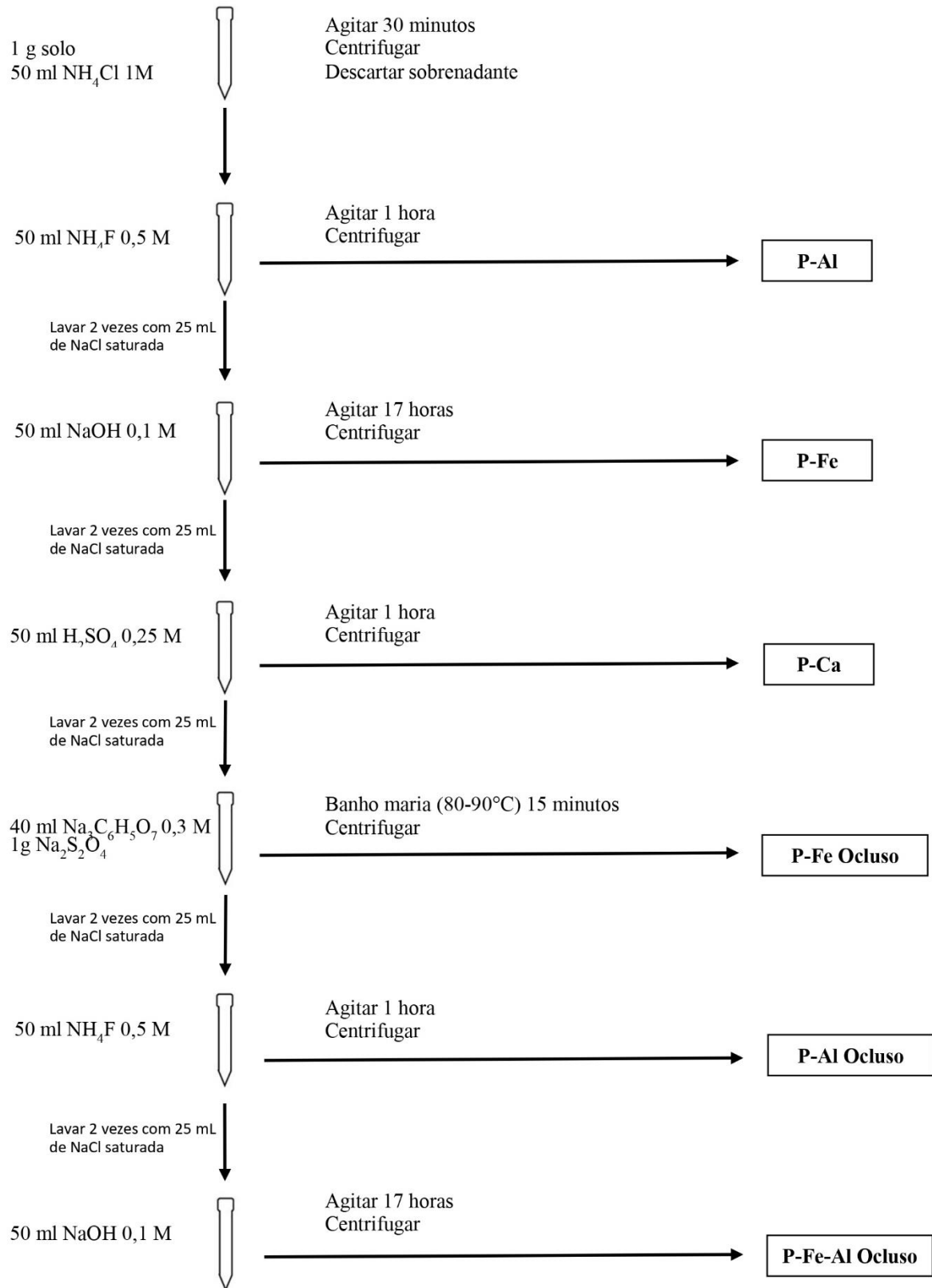
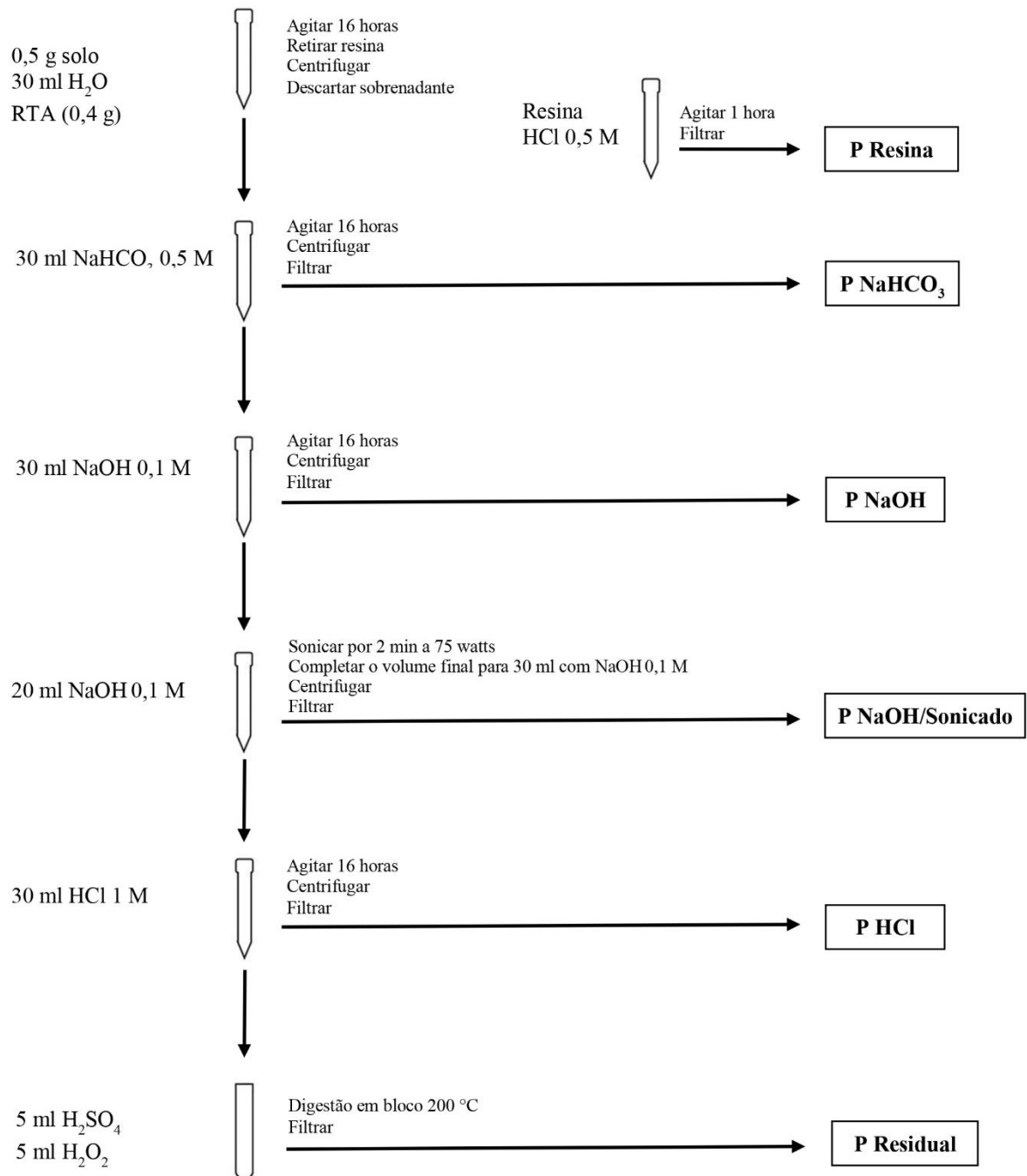


Figura 3 - Esquema da técnica do fracionamento de fósforo proposto por Hedley et al. (1982).



É importante ressaltar que a técnica de fracionamento proposta por Hedley e colaboradores passou por várias modificações ao longo do tempo, com o objetivo de facilitar sua execução e adequá-la aos recursos laboratoriais disponíveis e necessários para sua realização. Por exemplo, na ausência de equipamento de ultrassom, a extração com NaOH 0,1 M + sonicação pode ser substituída pela

extração com NaOH 0,5 M (Condrón et al., 1985). A utilização de uma concentração mais alta de NaOH proporciona uma maior eficiência na extração do fósforo inorgânico e orgânico moderadamente lábil, permitindo obter resultados mais representativos dessas formas de fósforo no solo (Condrón et al., 1985).

EMBRAPA (2017)

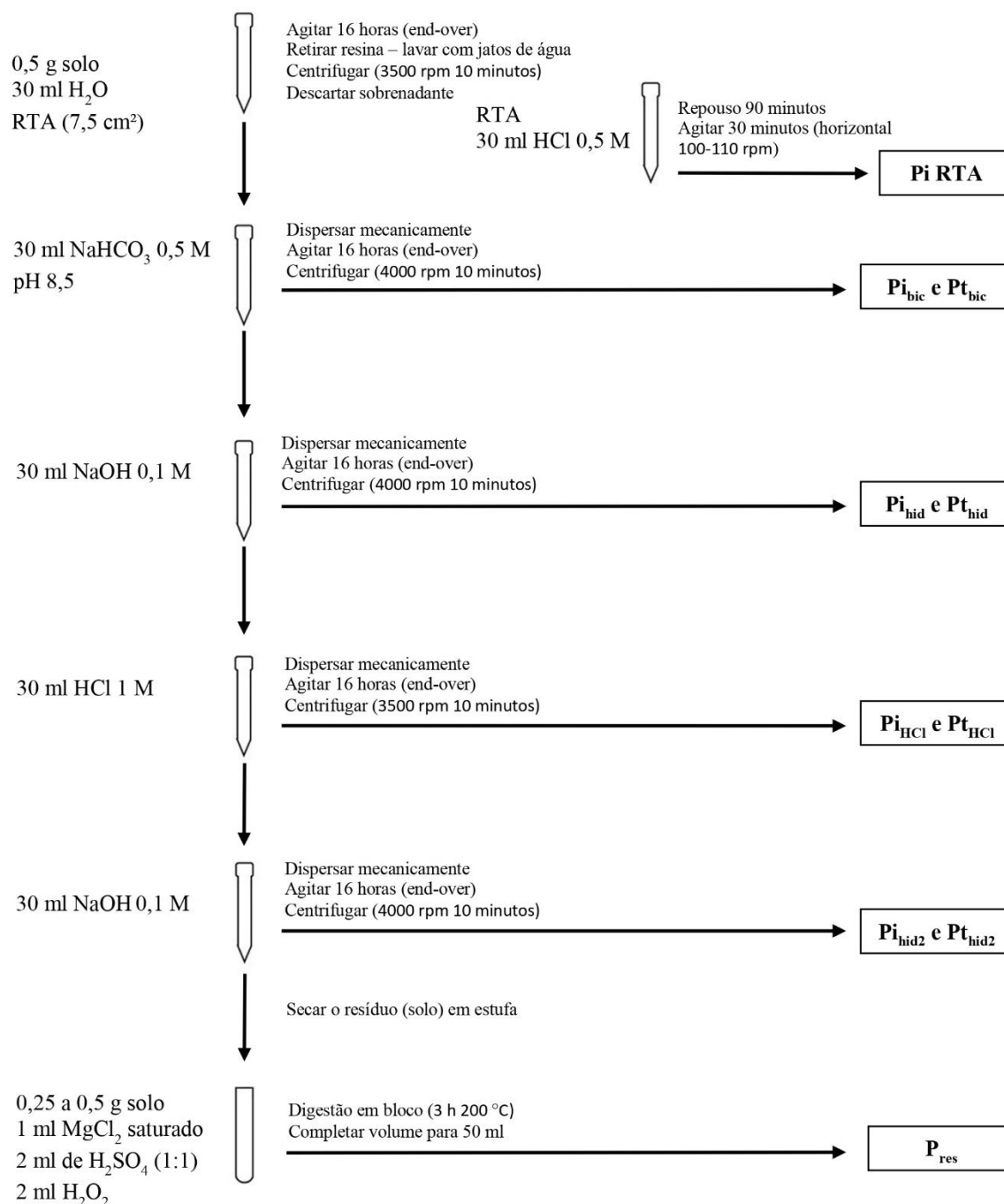
O método de fracionamento químico da EMBRAPA permite avaliar as diferentes formas de fósforo no solo, fornecendo informações sobre sua disponibilidade e contribuição para a nutrição das plantas (Figura 4).

O fracionamento é realizado em seis etapas sequenciais: i) Extração com solução de resina de troca aniônica: Esta etapa extrai o fósforo inorgânico lábil presente no solo, que é facilmente disponível para as plantas. A resina de troca aniônica é utilizada para reter os íons fosfato presentes na solução do solo; ii) Extração com solução de NaHCO₃ 0,5 M: Nesta etapa, são extraídas formas lábeis de fósforo inorgânico e orgânico. O NaHCO₃ solubiliza o P presente em compostos orgânicos e inorgânicos mais solúveis; iii) Extração com solução de NaOH 0,1 M: Essa etapa visa extrair o P inorgânico ligado a óxidos e argilas silicatadas de ligação intermediária, além de formas moderadamente lábeis de P orgânico. O NaOH reage com os óxidos e argilas para liberar o fósforo presente nessas formas; iv) Extração com solução de HCl 1M: Nesta etapa, o P inorgânico associado a fosfatos de cálcio e formas fortemente adsorvidas é extraído. O HCl dissolve os fosfatos de cálcio e promove a liberação do fósforo adsorvido; v) Extração com solução de NaOH 0,1 M: Essa etapa extrai o P inorgânico e orgânico restantes; e vi) Digestão em bloco com H₂SO₄ + H₂O₂ + MgCl: Esta última etapa visa extrair o fósforo residual, que é considerado recalcitrante e de baixa disponibilidade para as plantas, atacando as formas mais estáveis de fósforo, como minerais primários e formas orgânicas resistentes.

Gatiboni & Condrón (2021)

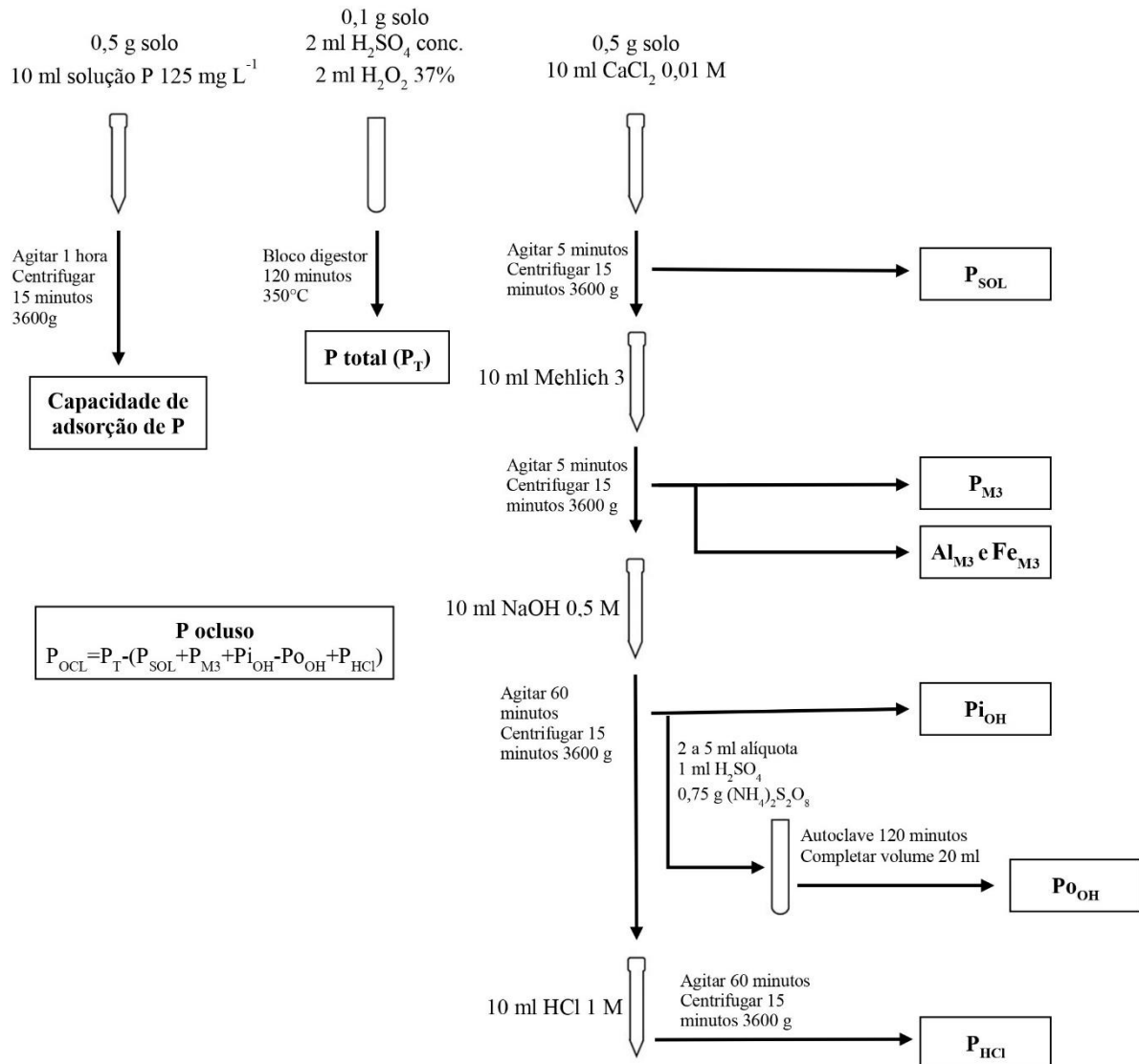
A técnica proposta é de fácil e rápida execução para investigar e quantificar os impactos do uso e manejo da terra na dinâmica do P. Uma técnica alternativa de extração em vários estágios que é possível concluir em um dia, mas ainda necessita de testes em diferentes classes de solos.

Figura 4 - Esquema da técnica do fracionamento de fósforo proposto por EMBRAPA (2017).



Isso envolve a análise separada de três subamostras (Figura 5), incluindo avaliação da capacidade de adsorção de P inorgânico (Pi), frações de P (extração sequencial com CaCl₂ 1 M, Mehlich-3, NaOH 0,5 M, HCl 1 M e P total (digestão com H₂SO₄ e H₂O₂). Isso fornece dados sobre Pi potencialmente móvel, Pi disponível para plantas, Pi moderadamente disponível para plantas, P orgânico, P ocluso, o grau de saturação de P, juntamente com um “índice de legado de P”.

Figura 5 - Esquema da técnica do fracionamento de fósforo proposto por Gatiboni & Condron (2021).



Comparação dos métodos

Os métodos de fracionamento químico de fósforo no solo, propostos por Chang & Jackson (1956), Hedley et al. (1982), EMBRAPA (2017) e Gatiboni & Condron (2021), têm diferenças significativas em termos de abordagem e etapas de extração.

O método de Chang & Jackson (1956) foi um dos primeiros métodos de fracionamento químico de P no solo. Ele classifica o P em quatro grandes grupos: fosfatos de alumínio, fosfatos de ferro, fosfatos de cálcio e fosfatos oclusos. No entanto, não identifica separadamente as formas orgânicas e não estima a labilidade das formas extraídas.

O método proposto por Hedley et al. (1982) é um dos mais amplamente utilizados para fracionamento químico de fósforo no solo. Utiliza uma sequência de extratores químicos para extrair diferentes formas de fósforo, começando pelas mais disponíveis até as mais estáveis. Inclui a extração de formas orgânicas, o que não era previsto em propostas anteriores. Permite a identificação de formas lábeis e recalcitrantes de fósforo no solo.

O método de fracionamento químico de fósforo da EMBRAPA (2017) foca na extração de diferentes formas de fósforo inorgânico e orgânico, permitindo uma avaliação mais detalhada da disponibilidade desse nutriente, mas não fornece uma estimativa direta da labilidade das formas extraídas. Já o método de Gatiboni & Condrón além de diferenciar as frações de P bem como por labilidade, tem como diferencial a rapidez analítica.

Em termos de avanços, o método de Hedley et al. (1982) introduziu a inclusão de formas orgânicas no fracionamento químico de fósforo, enquanto o método de Gatiboni & Condrón (2021) diminuiu consideravelmente o tempo de análise.

As diferenças nos extratores utilizados e nas etapas de extração podem levar a variações nos resultados obtidos em diferentes métodos. No geral, cada método tem suas vantagens e desvantagens, e a escolha do método de fracionamento químico de P no solo depende do objetivo da análise, das características do solo e das informações desejadas sobre a disponibilidade desse nutriente para as plantas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não é possível determinar objetivamente qual é o melhor método de fracionamento químico de fósforo no solo. A escolha do método depende de vários fatores, como os objetivos da análise, as características do solo, as informações desejadas e os recursos disponíveis. Cada método tem suas vantagens e desvantagens. O método de Chang & Jackson (1956) é um dos mais antigos e fornece uma classificação ampla das formas de fósforo no solo, mas não identifica separadamente as formas orgânicas e não estima a labilidade das formas extraídas. O método de Hedley et al. (1982) introduziu a inclusão de formas orgânicas e é amplamente utilizado, mas também não estima diretamente a labilidade. Os métodos da EMBRAPA (2017) e de Gatiboni & Condrón (2021) têm abordagens mais

atualizadas e incluem etapas adicionais, permitindo uma caracterização mais detalhada das diferentes formas de fósforo no solo.

Portanto, a escolha do melhor método depende do contexto específico da pesquisa ou análise do solo, levando em consideração os objetivos, as limitações e as necessidades do estudo em questão. É importante avaliar cuidadosamente cada método em relação aos requisitos específicos antes de tomar uma decisão sobre qual utilizar.

REFERÊNCIAS

BARROW, N. J. **Soil fertility and plant nutrition**. Longman Group Limited, 1987.

CHANG, S. C.; JACKSON, M. L. Fractionation of soil phosphorus. **Soil Science Society of America Journal**, v. 20, n. 6, p. 519-526, 1956.

CONDRON, L. M.; RICHARDSON, A. E. Organic phosphorus in the soil microbial biomass. In: TURNER, B. L.; FRIEDRICH, T. (Eds.). **Organic Phosphorus in the Environment**. CABI Publishing, 2011. p. 207-220.

CONDRON, L. M. et al. A simplified method for the extraction of the phosphorus status of New Zealand soils. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 28, n. 4, p. 557-562, 1985.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017.

GATIBONI, L. C. Adsorção, dessorção e reatividade do fósforo em solos brasileiros. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 3, p. 53-92, 2003.

GATIBONI, L. C.; CONDRON, L. M. A rapid fractionation method for assessing key soil phosphorus parameters in agroecosystems. **Geoderma**, v. 385, p. 114893, 2021.

HEDLEY, M. J. et al. Desorption of phosphate from soils and its relationship with phosphate sorption. **Soil Research**, v. 58, n. 4, p. 271-285, 2020.

HEDLEY, M. J.; STEWART, J. W. B.; CHAUHAN, B. S. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. **Soil Science Society of America Journal**, v. 46, n. 5, p. 970-976, 1982.

LIU, C. et al. Phosphorus adsorption–desorption on sediments from agricultural and urban river systems. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 30, p. 31102-31111, 2019.

LIU, Y. et al. Advances in phosphorus fractionation in soil and sediment: A review. **Journal of Soils and Sediments**, v. 20, n. 1, p. 452-469, 2020.

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. Academic Press, 2012.

RICHARDSON, A. E. et al. Plant and microbial strategies to improve the phosphorus efficiency of agriculture. **Plant and Soil**, v. 282, n. 1-2, p. 1-2, 2009.

SANCHES, P. A.; SALINAS, J. G. Fósforo. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1981. p. 247-274.

TIESSEN, H. et al. Soil phosphorus: A review. In: WHITE, R. E. (Ed.). **Encyclopedia of Soil Science**. Third Edition. CRC Press, 2019.

Capítulo 7
USO DE TORTA DE FILTRO
SUPLEMENTADA COM NITROGÊNIO NA
CULTURA DO QUIABO

João Henrique Barbosa da Silva

Thiago Jardelino Dias

Bruno de Souza Oliveira

Adiel Felipe da Silva Cruz

Júlio César Guimarães Alves

Saint-Clear Sena e Santos

Antônio Pereira dos Anjos Neto

Lylían Souto Ribeiro

Daniele Batista Araújo

Talita Regina Veloso Ribeiro Gomes

USO DE TORTA DE FILTRO SUPLEMENTADA COM NITROGÊNIO NA CULTURA DO QUIABO

João Henrique Barbosa da Silva

Universidade Federal da Paraíba

Autor correspondente: henrique485560@gmail.com

Thiago Jardelino Dias

Universidade Federal da Paraíba

Bruno de Souza Oliveira

Universidade Federal da Paraíba

Adiel Felipe da Silva Cruz

Universidade Federal da Paraíba

Júlio César Guimarães Alves

Universidade Federal da Paraíba

Saint-Clear Sena e Santos

Universidade Federal da Paraíba

Antônio Pereira dos Anjos Neto

Universidade Federal da Paraíba

Lylían Souto Ribeiro

Universidade Federal da Paraíba

Daniele Batista Araújo

Universidade Federal da Paraíba

Talita Regina Veloso Ribeiro Gomes

Universidade Federal da Paraíba

RESUMO

O quiabo [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench], é uma hortaliça de elevada importância socioeconômica. Nos últimos anos, tem-se debatido muito a respeito de uma agricultura mais sustentável, em que o uso de resíduos orgânicos vem sendo uma opção para inúmeras culturas, como é o caso da torta de filtro. Contudo, nutrientes importantes como o nitrogênio, fornecido da matéria orgânica desse resíduo, nem sempre exerce as necessidades da cultura, sendo importante fazer uso de uma suplementação mineral. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo demonstrar as recentes descobertas a respeito do uso da torta de filtro suplementada com nitrogênio e seus efeitos sobre a cultura do quiabeiro. Esta pesquisa quanto aos procedimentos técnicos, é do tipo bibliográfico, pois utiliza de outras fontes de dados já publicados anteriormente como artigos científico, livros e outros documentos relevantes para sua elaboração. Com base nos resultados encontrados, é notório que o quiabo é uma hortaliça que apresenta várias possibilidades para diversos fins, ajudando o produtor em maiores rendimentos produtivos. Por sua vez, a torta de filtro propicia a diminuição de custos com adubos químicos, além de recuperar a fertilidade do solo, sendo importante a sua suplementação com nitrogênio para que a cultura se estabeleça sem interrupções durante seu ciclo. Dessa forma, o uso de torta de filtro suplementada com nitrogênio na cultura do quiabeiro pode ser indicado para aumentar a produção de forma sustentável.

Palavras-chave: *Abelmoschus esculentus*, hortaliças, nutrição de plantas, produção, resíduo orgânico.

ABSTRACT

Okra [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench] is a vegetable of high socioeconomic importance. In recent years, there has been much debate about a more sustainable agriculture, in which the use of organic waste has been an option for numerous crops, such as filter cake. However, important nutrients such as nitrogen, supplied from the organic matter of this residue, do not always meet the needs of the crop, and it is important to use a mineral supplement. Therefore, the present work aimed to demonstrate the recent discoveries regarding the use of filter cake supplemented with nitrogen and its effects on okra culture. This research, regarding technical procedures, is of the bibliographic type, as it uses other data sources previously published, such as scientific articles, books and other documents relevant to its elaboration. Based on the results found, it is clear that okra is a vegetable that presents several possibilities for different purposes, helping the producer in greater productive yields. In turn, the filter cake provides a reduction in costs with chemical fertilizers, in addition to recovering soil fertility, and its supplementation with nitrogen is important for the crop to establish itself without interruptions during its cycle. Thus, the use of filter cake supplemented with nitrogen in okra culture can be indicated to increase production in a sustainable way.

Keywords: *Abelmoschus esculentus*, vegetables, plant nutrition, production, organic waste.

INTRODUÇÃO

O quiabo [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench] é uma hortaliça pertencente à família Malvaceae, nativa da África Tropical (BARUPAL et al., 2022), planta neutracêutica de elevado valor, cultivada em diversas regiões do planeta (ELSHAIKH et al., 2018; DURAZZO et al., 2018; DALIU et al., 2020), sendo uma ótima fonte de nutrientes para a saúde humana (MUNIR et al., 2020), atuando no controle dos níveis de colesterol no corpo humano (SARWAR et al., 2022), tornando-o mais saudável e forte. Visto tais qualidades, o quiabo é considerado um alimento benéfico na dieta alimentar (SARWAR et al., 2022).

Globalmente, a Índia sustenta o primeiro lugar na produção dessa hortaliça, com uma área estimada de 509 hectares, gerando uma produção anual de 6.094,9 milhões de toneladas e produtividade de 12 milhões de t ha⁻¹ (MOULANA & BAHADUR, 2020). No Brasil, a produção de quiabo aumentou em torno de 422% entre 2016 e 2019, destacando o grande impacto social e econômico dessa hortaliça para o país (BRASIL, 2019). Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), o baixo consumo de hortaliças está entre os maiores fatores de risco que favorece à mortalidade (OMS, 2019), sendo importante o seu consumo frequentemente. No entanto, nos últimos anos começou-se a se ter uma preocupação crescente referente a uma agricultura mais sustentável, e a utilização de resíduos orgânicos vem ganhando espaço por oferecerem nutrientes importantes para as culturas, como é o caso da torta de filtro (CAIONE et al., 2018; SOARES et al., 2020).

Dessa forma, o uso da torta de filtro na fertilização de culturas agrícolas é vantajoso especialmente para diminuição de custos de produção (SCHMIDT FILHO et al., 2016), além de ser um produto viável no tocante a substituição da adubação mineral, visto apresentar macroelementos importantes como o fósforo (P), potássio (K) e ainda o nitrogênio (N) (SOARES et al., 2020). Entretanto, o fornecimento de N pela mineralização da matéria orgânica nem sempre exerce as necessidades das culturas, ocasionando um desequilíbrio nutricional, sendo importante a utilização da adubação mineral como suplementação (SANTOS et al., 2021).

Ressalta-se que o quiabo é uma hortaliça pouca estudada, sendo imprescindível maiores investigações a respeito dessa cultura. Percebe-se, então, a maior necessidade de estudos para aprofundar os conhecimentos no que tange o uso de torta de filtro suplementada com nitrogênio, de modo que a análise dessas

informações pode ser um importante critério a se considerar na produção de *Abelmoschus esculentus*.

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo demonstrar as recentes descobertas a respeito do uso da torta de filtro suplementada com diferentes níveis de nitrogênio e seus efeitos sob a cultura do quiabeiro.

MÉTODOS

Tipo de pesquisa

O estudo refere-se a uma pesquisa de abordagem qualitativa, realizada por meio de uma análise descritiva, com a técnica de documentação indireta, sendo caracterizada como uma revisão de literatura narrativa.

A abordagem qualitativa é aquela em que se atribuem critérios de qualidade na escolha dos trabalhos e fontes bibliográficas, sem que haja a necessidade de apresentar dados, números e/ou estatísticos, somente de forma descritiva (GIL, 2008).

A pesquisa descritiva é caracterizada por buscar uma descrição, análise e verificação entre os fatos e fenômenos, por meio de uma investigação detalhada visando identificar as causas e consequências da temática abordada (PRODANOV & FREITAS, 2013).

Quanto aos procedimentos técnicos empregados, é do tipo de documentação indireta, valendo-se da pesquisa documental, especificamente para a coleta de dados e pesquisa bibliográfica. Prodanov e Freitas (2013), descreve que a pesquisa bibliográfica tem também aspecto documental já que se usa documentos técnico e científico na pesquisa.

Assim, trata-se de uma revisão de literatura do tipo narrativa, em que conforme Cordeiro et al. (2007), se refere a um método de pesquisa onde busca-se outros estudos e pesquisas de mesma temática, sem que seja necessário o uso de critérios explícitos e sistemáticos para a busca e análise crítica, sem que haja a necessidade de se esgotar uma determinada fonte de dados, realizando, portanto, uma ampla pesquisa onde os dados são selecionados conforme a opinião do autor (CORDEIRO et al., 2007).

Procedimentos técnicos

Foram utilizados trabalhos publicados em dois idiomas: português e inglês, com base de dados de sites e base de dados como utilizadas foram consultas por meio das bibliotecas digitais: a Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Conab, Oms, Embrapa, Periódico CAPES, Web of sciences e SCOPUS, no período dos últimos 5 anos ou superior que apresentam relevância para o referente estudo, sem restrição de idioma ou critérios de exclusão, com informações presentes em banco de dados disponíveis na internet e em livros, podendo assim ser encontrado na fonte original na pesquisa. Para selecionar os artigos foram utilizados os seguintes descritores: “*Abelmoschus esculentus*”, “Torta de filtro”, “Nutrição de plantas”, “Resíduo orgânico”, “Nitrogênio” entre outros.

Por se tratar de uma revisão de literatura narrativa, em que a escolha dos estudos para compor a fundamentação teórica da pesquisa não necessita o esgotamento de uma fonte de dados, não houve um fluxograma definido referente a cada etapa de seleção das pesquisas, considerando a amplitude utilizada.

Dessa forma, com a seleção dos dados, tornou-se possível descrever a importância do uso da torta de filtro suplementada com nitrogênio na cultura do quiabo. As informações coletadas foram por meio de consulta em publicações de autores de referência na área de estudo com posterior leitura crítica acerca do assunto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca dos conhecimentos por meio das bases de dados supracitadas na metodologia conferiu informações relevantes para a apresentação da temática. Conforme mencionado, não houve um preceito linear para a seleção dos estudos para compor a fundamentação teórica, tendo em vista que se trata de uma revisão de literatura narrativa.

A importância do quiabo (*Abelmoschus esculentus*)

Abelmoschus esculentus, conhecido popularmente como quiabo, ou quigombó, gombô e entre outros nomes em línguas africanas, é uma espécie de planta pertencente à família das Malvaceae (SANTOS VIANA et al., 2019). Mesmo não

sendo considerada uma das hortaliças mais procuradas pela população brasileira, sabe-se da sua real importância nutricional que esse alimento apresenta, fonte de vitaminas (A, C e B1) e minerais (Ca), apresentando ainda, relevantes teores de água, proteínas e gorduras (SANTOS, 2023).

O quiabo é considerado uma hortaliça de ciclo anual, constituindo de folhas grandes com a presença de limbo excessivamente recortados, lobadas e com pecíolos extensos, com colorações que vai do roxo, vermelho e o mais comum sendo o esverdeado, podendo chegar aos 3 metros de altura com caule semilenhoso, ereto e com a presença de ramificações laterais que é ocasionado principalmente pelo manejo da cultura, como o próprio espaçamento utilizado no plantio (MORAES et al., 2018).

O Brasil é um país que apresenta boas condições edafoclimáticas para o cultivo de *Abelmoschus esculentus*, ficando o Nordeste e Sudeste do país como os principais estados produtores (COUTO & COQUEIRO, 2020). Ainda segundo os mesmos autores, a planta de quiabeiro propicia características positivas, podendo ser citado o seu ciclo acelerado, preço de produção viável ao produtor e consegue ser resistente a determinadas pragas, fazendo dessa hortaliça uma importante fonte alimentícia.

O quiabeiro é uma cultura presente em mais de 43 mil propriedades rurais em todo o Brasil, contudo, grande parte da produção tem seu cultivo com base no baixo nível tecnológico, sendo o Nordeste a região destaque em produção, cultivado em um pouco mais de 15 mil propriedades rurais, dando ênfase ao estado da Paraíba, que apresenta em torno de 500 propriedades que utilizam essa cultura em seus campos de produção (IBGE, 2017).

Como observado, a produção dessa cultura se dá por pequenos e médios produtores, com uma produtividade média variável que gira em torno de 20 t ha⁻¹, com forte tendência da cultura em conseguir 40 t ha⁻¹ quando a colheita se prolonga por mais tempos (MENDONÇA & SOUZA GOUVEIA, 2020). Por sua vez, o Brasil apresenta uma produção de aproximadamente 116.190 t de quiabo, sendo a variedade 'Santa Cruz 47' a mais utilizada no país, visto seus importantes atributos específicos como, alta produtividade e uniformidade, que ajudam o produtor a ter bons rendimentos no final do ciclo da cultura (SOUZA et al., 2014; SANTOS MATOS et al., 2020).

Por apresentar várias possibilidades em suas diversas partes morfológicas (raiz, caule, folha, flor e fruto), essa hortaliça pode ser utilizada para fins diversos

(SALIK et al., 2021). Seu consumo é tido de forma cozida, ocasionando inúmeros benefícios para a saúde visto os nutrientes e minerais mencionados anteriormente, ajudando na melhoria e bom funcionamento do sistema digestivo do ser humano, tal fato que ocorre devido ao quiabo apresentar polissacarídeos de cadeia longa, contendo ainda em seu fruto a presença de mucilagem que torna essa cultura apta a fins medicinais e industriais (HARUNA et al., 2016).

No tocante ao método de propagação do quiabeiro, tem-se a prática por sementes, visto as mudas não serem eficientes para tal, em que se faz uso de 50 a 60 mil plantas por hectare, fazendo uso de 18 a 22 kg de sementes para o semeio da área (SALIK et al., 2021), com bom desenvolvimento e crescimento das plantas quando acometido a maiores temperaturas, visto climas frio com dias curtos e noites longas apresentarem menores taxas de germinação, afetando de forma geral, todo a área de cultivo (MORAES et al., 2018).

Com base nas informações mencionadas, e levando em consideração a importância do quiabo para o país, tecnologias vem sendo utilizadas como forma de aumentar a produtividade, como é o uso da torta de filtro nos campos de produção de quiabo. Dessa forma, torna-se necessário compreender a importância desse resíduo orgânico e buscar informações que ajudem a aprimorar as práticas culturais dessa cultura.

Usos de torta de filtro

Na agricultura moderna, a utilização de resíduos agroindustriais como subprodutos vêm sendo uma forma de agregar valor às cadeias produtivas, alterando a ideia do que antes era visto como problema, para uma forma de oportunidade, sendo a torta de filtro um resíduo que se encaixa nessa premissa (SAQUETI et al., 2019). Por sua vez, a torta de filtro é um subproduto resultante do processo de fabricação de açúcar e etanol, nas indústrias canavieiras, quem tem por benefício de seu uso nos cultivos devido a sua liberação gradativa de nutrientes que se encontra presente nesse material (NOLLA et al., 2015).

A torta de filtro é um composto gerado através do processo de filtração do caldo extraído das moendas no filtro rotativo a vácuo ou prensa, alcançado através de uma mistura que envolve o bagaço moído e lodo da decantação, que é originado a partir do processo de tratamento de clarificação do caldo em decantadores (RAMOS et al.,

2017). Além disso, esse material é composto por 70% de umidade, com altas taxas de matéria orgânica presente em sua estrutura, além de nutrientes como Ca, K, Mg e P (ROSSETTO & SANTIAGO, 2022).

Nessa perspectiva, a torta de filtro como fertilizante orgânico atua de forma positiva em diferentes culturas de interesse agrícola, além de ser uma atividade mais sustentável, visto diminuir os problemas acometidos ao ecossistema e saúde humana, especialmente quando comparado a outros tipos de fertilizantes em forma mineral, tornando a torta de filtro uma alternativa que minimiza esses problemas (PAIVA & MARIA, 2018).

De acordo os estudos reportados por Yuri et al. (2016), os solos quando ricos em matéria orgânica apresentam diversos benefícios as culturas ali presentes, como por exemplo, maior fauna biológica, taxa de retenção e infiltração de líquidos mais elevadas e, resistência à erosão e compactação, que por consequência, ajuda no maior número e aumento de raízes, possibilitando um maior rendimento produtivo. Nesse sentido, a torta de filtro surge como uma fonte orgânica viável para os cultivos, visto sua aptidão nessa natureza.

Com isso, a torta de filtro além de ser utilizada como adubo orgânico, ajuda a diminuir os custos com a compra de adubos químicos, sendo uma importante fonte de recuperação da fertilidade do solo, de modo que seu uso tende a substituir de maneira total ou parcial a utilização de fertilizantes minerais (PRADO et al., 2013). No entanto, o fornecimento de nitrogênio pela torta de filtro é bastante escasso, sendo importante a suplementação desse elemento junto ao resíduo orgânico, de forma a evitar desequilíbrio nutricional na cultura (SANTOS et al., 2021).

Nesse cenário, ainda existem poucos trabalhos na literatura fazendo uso da torta de filtro como adubo na cultura do quiabo, o que justifica a pesquisa a buscar informações recentes e novas descobertas no tocante a esse parâmetro, especialmente sob a relação da torta de filtro suplementada com o nitrogênio.

Torta de filtro suplementada com nitrogênio

A mineralização ao nitrogênio que é contido na torta de filtro quando adicionado ao solo, visto ser direcionada a ação de microrganismos ali presentes, passa por diversas influencias que modificam a microflora, em que a imobilização desse elemento ocorre de forma simultânea a mineralização, contudo, em sentido oposto,

dependendo da quantidade de N da torta de filtro em decomposição (CHACÓN et al., 2011).

Dessa forma, torna-se importante a suplementação de nitrogênio com a torta de filtro, de modo que ofereça uma melhor qualidade para o desenvolvimento das culturas, visto esse resíduo ser um material que apresenta em torno de 1,0% de N e pode levar a imobilização desse nutriente quando incorporado diretamente no solo, por consequência da estimulação da atividade microbiana nativa, acarretando na perda do rendimento produtivo (BOECHAT et al., 2012).

Com isso, entende-se que a torta de filtro pode ser empregada de forma benéfica no plantio, contudo, torna-se necessário a suplementação de adubos minerais juntamente a esse resíduo orgânico, de modo que torna necessário uma análise de solo para determinação da quantidade que será aplicada do produto por hectare, beneficiando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (SANTOS et al., 2005). Assim, a suplementação da adubação mineral (N) junto com a matéria orgânica (torta de filtro), proporciona aumento da CTC do solo e diminuição de perdas que são ocasionadas por drenagem e lixiviação (RONQUIM, 2010), possibilitando as culturas um melhor crescimento e produtividade, visto sua utilização a longo prazo pelas plantas.

Assim, a prática de utilizar resíduos orgânicos nos cultivos tem sido interessante, especialmente em épocas que hortaliças como o quiabo tendem a diminuir sua demanda nos comércios. Com isso, diversos horticultores optam por fazer uso de resíduos orgânicos como fonte principal de fornecer nutrientes a seus campos de produção, fazendo uso apenas de uma suplementação mineral que aumente o cenário produtivo da cultura, embora alguns pesquisadores apontarem que o próprio adubo orgânico seja capaz de constituir por si só uma ótima opção (QUEIROZ et al., 2017; HORTIFRUTI, 2021).

Em estudo realizado por Cardoso e Berni (2012), ao investigar o rendimento do quiabeiro com doses de nitrogênio e adubação orgânica, constataram resultados interessantes para todas as variáveis estudadas, especialmente no rendimento produtivo dessa cultura. Além disso, a literatura já aponta a utilização desse resíduo orgânico em diferentes hortaliças de interesse agrônomo, como alface (MARTINS et al., 2020), rúcula (SALLES et al., 2017), tomate (JULIANO et al., 2019) e com boas perspectivas para a cultura do quiabo (SOARES et al., 2020).

Dessa forma, com o aumento da disponibilidade de resíduos orgânicos proporcionados pelas indústrias sucroalcooleiras, a utilização desses métodos de tratamento como fonte de nutrientes para as plantas pode se tornar uma prática viável para o produtor, como é o caso da torta de filtro. Nessa perspectiva, é primordial refletir a importância desse trabalho analisado com base em pesquisas verídicas e de alta relevância, e levar a ideia para campo, de modo que esse resíduo orgânico suplementado consiga trazer boas premissas futuras para a agricultura, aumentando a produção, produtividade e enriquecendo os solos que é base para geração de alimentos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da torta de filtro suplementada com nitrogênio na cultura do quiabeiro pode ser indicada para aumentar a produção de forma sustentável. Contribuindo, além de ganhos produtivos, para a destinação sustentável desse subproduto.

Entende-se que novas pesquisas no tocante ao uso de torta de filtro deve ser levada em consideração. No entanto, os trabalhos apontam que o uso dessa técnica na agricultura se encontra em crescimento, visto sua alta eficiência.

Sugere-se que para trabalhos futuros, sejam desenvolvidas pesquisas focadas em apresentar o efeito da torta de filtro suplementada com nitrogênio no quiabeiro, divididos pelo sistema de cultivo em campo aberto e casa de vegetação.

REFERÊNCIAS

BARUPAL, S.; SHARMA, R.; KUMAR, M.; DILTA, B. S.; SARMA, C. L.; VERMA, R.; SINGH, A. K. Seed priming: A effective method for enhancing seed quality and plant stand establishment in okra (*Abelmoschus esculentus* L.). **The Pharma Innovation Journal**, v. 11, n. 2, p. 1359-1364, 2022. doi: <https://dx.doi.org/10.22271/tpi>

BOECHAT, C.; SANTOS, J. A. G.; ACCIOLY, A. M. D. A.; BOMFIM, M. R.; SANTOS, A. C. D. Industrial and urban organic wastes increase soil microbial activity and biomass. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** v. 36, p. 1629-1636, 2012. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000500027>

BRASIL. **Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos**. 2019. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em:

<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/cadastro-nacional-produtoresorganicos>. Acessado em: 27 de junho de 2022.

CAIONE, G.; CASTELLANOS GONZÁLEZ, L.; MELLO PRADO, R.; REYES HERNÁNDEZ, A.; ROSATTO MODA, L.; PARETS SELVA, E.; NAHAS, E. Adubação fosfatada com torta de filtro, fosfato natural e biofertilizantes em ultisol (argissolo). **Ciencia del suelo**, v. 36, n. 1, p. 110-116, 2018.

CARDOSO, M. O.; BERNI, R. F. Rendimento do Quiabeiro com Doses de Nitrogênio em Cultivo Não Adensado. **Embrapa: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 1. p.1-22, 2012.

CHACÓN, E. A. V.; MENDONÇA, E. D. S.; SILVA, R. R. D.; LIMA, P. C. D.; SILVA, I. R. D.; CANTARUTTI, R. B. Decomposição de fontes orgânicas e mineralização de formas de nitrogênio e fósforo. **Revista Ceres**, v. 58, p. 373-383, 2011. doi: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2011000300019>

CORDEIRO, A. M.; OLIVEIRA, G. M.; RENTERÍA, J. M.; GUIMARÃES, C. A. Revisão sistemática: uma revisão narrativa. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões**, v. 34, n. 6, p. 428-431, 2007. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-69912007000600012>

COUTO, L. A.; COQUEIRO, J. S. Desenvolvimento de farinha de quiabo orgânico. **Profiscientia**, n.14, p. 194-208, 2020. <http://www.profiscientia.ifmt.edu.br/profiscientia/index.php/profiscientia/article/view/295>

DALIU, P.; ANNUNZIATA, G.; TENORE, G. C.; SANTINI, A. Abscisic acid identification in Okra, *Abelmoschus esculentus* L. (Moench): Perspective nutraceutical use for the treatment of diabetes. **Natural product research**, v. 34, n. 1, p. 3-9, 2020. <https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1637874>

DURAZZO, A.; LUCARINI, M.; NOVELLINO, E.; SOUTO, E. B.; DALIU, P.; SANTINI, A. *Abelmoschus esculentus* (L.): Bioactive components' beneficial properties—Focused on antidiabetic role—For sustainable health applications. **Molecules**, v. 24, n. 1, p. 38, 2018. <https://doi.org/10.3390/molecules24010038>

ELSHAIKH, N. A.; ZHIPENG, L.; DONGLI, S.; TIMM, L. C. Increasing the okra salt threshold value with biochar amendments. **Journal of plant interactions**, v. 13, n. 1, p. 51-63, 2018. <https://doi.org/10.1080/17429145.2017.1418914>

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HARUNA, S.; ALIYU, B. S.; BALA A. Plant gum exudates (Karau) and mucilages, their biological sources, properties, uses and potential applications: A review. **Bayero Journal of Pure and Applied Sciences**, v. 9, n. 2, p. 159-165, 2016. doi: <https://doi.org/10.4314/bajopas.v9i2.30>

HORTIFRUTI. **Anuário Brasileiro, 2021**. Brazilian Horti & Fruit Yearbook. Disponível em: <https://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp->

content/uploads/2021/04/HORTIFRUTI_2021.pdf Acesso em: 16 de dezembro de 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. **Censo Agropecuário 2017– Brasil**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6619#resultado>. Acesso em: 10 de dezembro de 2022.

JULIANO, P. H. G.; DIAS, T. V.; GALATI, V. C.; FERNANDES, C. M. Aplicação de torta de filtro e cama de frango na produção de tomate de mesa Application of filter cake and poultry litter in the production of tomatoes for fresh. **Scientific Electronic Archives**, v. 12, n. 6, p. 5-12, 2019. doi: <http://dx.doi.org/10.36560/1262019869>

MARTINS, M. B. F.; SANTOS, A. H. S.; CARVALHO, C. T.; AZERÊDO, G. A.; OLIVEIRA, F. L. N. Biofertilizante de torta de filtro e bactéria promotora do crescimento em plantas na produção de mudas de alface. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 67758-67768, 2020. doi: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-274>

MENDONÇA, V. Z.; SOUZA GOUVEIA, A. M. **Quiabo bordô atende alta gastronomia**. 2020. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/quiabo-bordo-atende-alta-gastronomia>. Acesso em: 10 de dezembro de 2022.

MORAES, E. R.; REIS, A. C.; SILVA, N. E. P.; FERREIRA, M.; MENEZES, F. G. Nutrientes no solo e produção de quiabo conforme doses de silicato de cálcio e magnésio. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 1, p.60-65, 2018. doi: <https://doi.org/10.32404/rean.v5i1.2097>

MOULANA, S.; BAHADUR, V. P. V. Effect of different levels of cycocel (CCC) on two different cultivars of okra under Prayagraj Agro climatic conditions (*Abelmoschus esculantus* L.). **IJCS**, v. 8, n. 4, p. 133-136, 2020. doi: <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i4b.9680>

MUNIR, A.; ALI, S.; ZESHAN, M. A.; GHANI, M. U.; KHAN, A. A. Evaluation of organic amendments and insecticides against okra yellow vein mosaic virus and its vector: Department of Plant Pathology, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan. **Pakistan Journal of Agriculture, Agricultural Engineering and Veterinary Sciences**, v. 36, n. 1, p. 13-20, 2020. doi: <https://doi.org/10.47432/2020.36.1.3>

NOLLA, A.; VILA, E. J. P.; SILVA, W.; BERTICELLI, C. L.; CARNEIRO, A. R. Atributos e estratégias de utilização da torta de filtro como fertilizante para a cana-de-açúcar. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 4, p.121-135, 2015.

OMS. Organização Mundial da Saúde. **Increasing fruit and vegetable consumption to reduce the risk of noncommunicable diseases**. 2019. Disponível em: https://www.who.int/elena/titles/fruit_vegetables_ncds/en/. Acessado em: 02 de julho de 2022.

PAIVA, F. F. G.; MARIA, V. P. K. Gestão ambiental de resíduos industriais: análise de gestão e reaproveitamento de resíduos da indústria sucroalcooleira.

Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v.5, n.9, p. 157–166, 2018. doi: <https://doi.org/10.21438/rbgas.050910>

PRADO, R. D. M.; CAIONE, G.; CAMPOS, C. N. S. Filter cake and vinasse as fertilizers contributing to conservation agriculture. **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2013, 2013. doi: <https://doi.org/10.1155/2013/581984>

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico**. 2.ed. Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2013.

QUEIROZ, A.; CRUVINEL, V.; FIGUEIREDO, K. M. Produção de alface americana em função da fertilização com organomineral. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 25, 2017. doi: https://doi.org/10.18677/EnciBio_2017A84

RAMOS, L. A.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; SILVA, A. A. Effect of organomineral fertilizer and poultry litter waste on sugarcane yield and some plant and soil chemical properties. **African Journal of Agricultural Research**, v.12, n. 1, p.20-27, 2017. doi: <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11024>

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. 1.ed. Campinas (SP): Embrapa, 2010.

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. **Adubação: resíduos alternativos**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacaotecnologica>. Acesso em: 15 de dezembro de 2022.

SALIK, A. W.; COSKUN, Z.; AMINI, M. Z. Study on okra (*Abelmoschus esculentus* L.) Response to salt stress environment under kab climatic conditions, Afghanistan. **Journal of Advance Research in Natural and Applied Sciences**, v. 7, n. 2, p. 295-303, 2021. doi: <https://doi.org/10.28979/jarnas.854493>

SALLES, J. S.; STEINER, F.; ABAKER, J. E. P.; FERREIRA, T. S.; MARTINS, G. L. M. Resposta da rúcula à adubação orgânica com diferentes compostos orgânicos. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 5, p. 35-40, 2017. doi: <https://doi.org/10.32404/rean.v4i2.1450>

SANTOS, A. C. P.; BALDOTTO, P. V.; MARQUES, P. A. A.; DOMINGUES, W. L.; PEREIRA, H. L. Utilização de torta de filtro como substrato para a produção de mudas de hortaliças. **Colloquium Agrariae**, v. 1, n. 2, p. 01-05, 2005.

SANTOS MATOS, S.; COSTA, R. M.; SOUSA, R. C. M.; LEITE, M. R. L.; FURTADO, M. B.; FARIAS, M. F.; SERRANO, L. J. P. Produtividade de quiabeiro sob influência de diferentes doses de esterco bovino. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 7, p. 137-144, 2020. doi: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.007.0012>

SANTOS, S. T.; COSTA, J. P.; OLIVEIRA, F. A.; MARQUES, I.; CORDEIRO, C. J. X.; MORAIS NETA, H. M. Calcium supplementation in nutrient solutions to mitigate

salt stress in fertigated okra. **Horticultura Brasileira**, v. 39, p. 324-329, 2021. doi: <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20210313>

SANTOS VIANA, J.; GOMES, J. J. A.; LOURENÇO, M. D. S. N. Efeito alelopático de *Plectranthus neochilus* Schltr e *Laurus nobilis* L. na germinação de sementes de *Abelmoschus esculentus* (L). Moench. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, v. 14, n. 2, p. 35-41, 2019.

SANTOS, V. S. Propriedades do quiabo. 2023. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/saude-bem-estar/propriedades-quiabo>. Acesso em: 15 de dezembro de 2022.

SAQUETI, B. H F.; DONADONE, D. B. S.; SAKAI, O. A.; SAMPAIO, A. R.; BOLANHO, B. C. Efeito da adição de farinha de bagaço da maçã e hidrolato da canela encapsulado sobre as propriedades físicoquímicas, sensoriais e reológicas de bebida láctea. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n.12, p. 36– 54, 2019. doi: <https://doi.org/10.34117/bjdv5n12-139>


SARWAR, S.; AKRAM, N. A.; SALEEM, M. H.; ZAFAR, S.; ALGHANEM, S. M.; ABUALREESH, M. H.; ALATAWI, A.; ALI, S. Spatial variations in the biochemical potential of okra [*Abelmoschus esculentus* L.(Moench)] leaf and fruit under field conditions. **Plos one**, v. 17, n. 2, p. e0259520, 2022. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259520>

SCHMIDT FILHO, E. D. I. S. O. N.; GONÇALVES, J. C.; MATOS, N. C. D. S.; AZEVEDO, R. E. C. Redução dos impactos ambientais do setor sucroalcooleiro com a utilização da torta de filtro na adubação do solo. **Uningá Review**, v. 27, n. 3, 2016.

SOARES, J. A. B.; SANTOS, L. F. G.; CUNHA, F. F.; TAVARES, G. G.; GIONGO, P. R.; SANTOS, L. S.; PAIXÃO, C. F. C. Uso de resíduo da indústria sucroalcooleira para a produção de mudas de quiabo. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, p. 26, 2020. doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i6.3229>

SOUZA, I. M.; SOUZA, J. A. M.; ALVES, J. D. N.; PIRES, E. S.; CORDEIRO, R. A. M. Avaliação da produção de mudas de quiabeiro em estufa com diferentes substratos orgânicos. **Nucleus**, v.11, n.1, 2014. doi: <http://doi.org/10.3738/1982.2278.105>

YURI, J. E.; MOTA, J. H.; RESENDE, G. M. de; SOUZA, R. J. **Nutrição e adubação da cultura da alface**. In: PRADO, R. de M.; CECÍLIO FILHO, A. B. (Ed.). Nutrição e adução de hortaliças. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, 2016. cap. 21, p. 559-577.



Capítulo 8
CURADORIA DA INFORMAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
TERRITORIAL: DESAFIOS E
POSSIBILIDADES PARA GESTÃO
COMPARTILHADA DO CONHECIMENTO

Renato Marques Alves
Francisco Ricardo Duarte
Lúcia Marisy Souza Ribeiro de Oliveira
Ricardo Argenton Ramos

CURADORIA DA INFORMAÇÃO EM AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL: DESAFIOS E POSSIBILIDADES PARA GESTÃO COMPARTILHADA DO CONHECIMENTO

Renato Marques Alves

*Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial – PPGADT/UNIVASF, Bibliotecário, Bibliotecário,
renato.alves@univasf.edu.br*

Francisco Ricardo Duarte

Docente do Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial – PPGADT/UNIVASF, Administrador, francisco.duarte@univasf.edu.br)

Lúcia Marisy Souza Ribeiro de Oliveira

*Docente aposentada do Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial – PPGADT/UNIVASF, Pedagogia,
lucia.oliveira@univasf.edu.br)*

Ricardo Argenton Ramos

Docente no Programa de Pós-Graduação Ciências da Saúde e Biológicas (PPGCSB-UNIVASF), Ciência da Computação, ricardo.aramos@univasf.edu.br

RESUMO

O conhecimento produzido no âmbito da rede que executa o Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial (PPGADT) em associação entre a UNIVASF, UFRPE e UNEB apresenta fluxos descentralizados para difusão da informação podendo gerar à dispersão das produções científicas e dificuldades para o acesso entre os membros da própria rede e o público em geral. O problema na difusão da informação e do conhecimento em si não é uma novidade, mas é uma questão relevante porque exige o aprimoramento de técnicas e ferramentas para o gerenciamento do conhecimento, sobretudo em rede interinstitucional. O gerenciamento do conhecimento além de permitir a preservação da memória

científica gera indicadores de produção que servem para o processo de avaliação, tomadas de decisão pelos administradores e a obtenção de recursos junto as agências de pesquisa. Contudo o questionamento que faz à priori é como tornar mais eficiente os fluxos informativos na rede que forma o PPGADT para gestão compartilhada do conhecimento? O objetivo do texto foi fazer uma reflexão sobre as práticas de difusão do conhecimento com a perspectiva de estruturar uma futura política de informação para a rede que executa o Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento territorial (PPGADT). Os resultados apontam o emprego de ferramentas/plataformas digitais combinadas com o uso de técnicas de gestão, preservação e a acurácia da informação como os mecanismos para difusão do conhecimento em rede. E o movimento da ciência aberta como termo guarda-chuva para potencializar a colaboração entre pesquisadores e a disseminação do conhecimento.

Palavras-chave: Curadoria da Informação. Agroecologia. Desenvolvimento Territorial. Gerenciamento compartilhado do conhecimento. Ciência Aberta.

ABSTRACT

The knowledge produced within the scope of the network that executes the Graduate Program in Agroecology and Territorial Development (PPGADT) in association between UNIVASF, UFRPE and UNEB presents decentralized flows for the dissemination of information, which can lead to the dispersion of scientific productions and difficulties for the access between members of the network itself and the general public. The problem of disseminating information and knowledge in itself is not new, but it is a relevant issue because it requires the improvement of techniques and tools for knowledge management, especially in an inter-institutional network. Knowledge management, in addition to allowing the preservation of scientific memory, generates production indicators that serve for the evaluation process, decision-making by administrators and obtaining resources from research agencies. However, the first question he asks is how to make information flows more efficient in the network that forms the PPGADT for shared knowledge management? The purpose of the text was to reflect on practices for disseminating knowledge with a view to structuring a future information policy for the network that runs the Graduate Program in Agroecology and Territorial Development (PPGADT). The results point out to the use of digital tools/platforms combined with the use of management techniques, preservation and accuracy of information as mechanisms for the dissemination of knowledge in the network. And the open science movement as an umbrella term to enhance collaboration between researchers and the dissemination of knowledge.

Keywords: Information Curation. Agroecology. Territorial Development. Shared knowledge management. Open Science.

1 INTRODUÇÃO

A ciência agropecuária brasileira se destaca internacionalmente pela produção de alimentos orgânicos, geração de tecnologias apropriadas às necessidades locais e aplicação de métodos sustentáveis que subsidiam tanto o desenvolvimento de sistemas agroecológicos como dos territórios rurais onde estão inseridos. Todo esse reconhecimento da área se deve a articulação em rede, formada entre os pesquisadores, produtores rurais, associações e cooperativas, extensionistas entre outros para o compartilhamento de conhecimento e socialização de tecnologias visando à superação de limitações ambientais e/ou melhorias na produção dos sistemas agrícolas.

Nesse sentido existe uma demanda na sociedade pelo consumo de informações e conhecimentos produzidos na área da agropecuária (BERTIN et al., 2017) por serem relevantes para o enfrentamento da insegurança alimentar e nutricional. No entanto um dos problemas que impede que o conhecimento e as tecnologias cheguem aos agricultores e/ou ao consumidor final está relacionado à comunicação das informações apontam Pinto e Santos (2015).

O problema na difusão de informação e conhecimento na ciência agropecuária em si não é uma novidade, mas é uma questão relevante porque exige o aprimoramento de técnicas e ferramentas enquanto mecanismos para o gerenciamento e o compartilhamento de conhecimento. Bertin e colaboradores (2017) na prospecção que realizaram para elaboração de um plano de gestão de dados alertam “os mecanismos de organização, gestão e estruturação dos dados da empresa [Embrapa] devem ser aprimorados” visando ampliar o compartilhamento e abertura de dados. Já Santos (2017) expõe a necessidade de diretrizes para ciência aberta aplicada à integração de dados e de conhecimento em saúde para formação de uma rede de colaboração entre instituições na melhoria da vigilância sanitária.

No levantamento da literatura até o momento não foi encontrado trabalhos anteriores relacionados a política de informação direcionada ao gerenciamento integrado do conhecimento na rede que executa o Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial, formada a partir da associação entre 03 (três) Universidades Públicas da Região do Nordeste brasileiro¹. Assim faz-se

¹ Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e a Universidade do Estado da Bahia (UNEB).

necessário primeiro caracterizar os domínios de aplicação do presente estudo, a saber: 'Agroecologia', e 'Desenvolvimento territorial' antes da apresentação dos pressupostos teóricos e práticos da difusão do conhecimento.

As categorias conceituais 'Agroecologia e Desenvolvimento territorial' são importantes para promoção da sustentabilidade dos sistemas agropecuários e de alimentação, assim como, pela maximização das territorialidades por meio das políticas e serviços públicos, respectivamente. Assim agroecologia é descrita como aplicação de conceitos e princípios ecológicos para o desenho e o gerenciamento de sistema alimentares saudáveis. Porque representa uma abordagem holística que pode melhor reunir as necessidades societal e biofísica para geração atual e futura. Daí a principal Organização para Agricultura e Alimentação das Nações Unidas (FAO) tem promovido ações para expandir a agroecologia pelo mundo porque esta reúne as condições para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 (BICKSLER, et al., 2023).

Já o desenvolvimento territorial no contexto brasileiro está relacionado as ações do Estado nos territórios, em resposta a demanda por descentralização e a expansão de espaços para participação social (KATO; DELGADO; ROMANO, 2022). Este raciocínio também se encontra em Corrêa (2009, p.27) ao discorrer sobre a discussão do desenvolvimento territorial. Este autor destaca a "importância dos atores locais, construindo um projeto capaz de gerar sinergias positivas para o espaço em que atuam, de forma articulada às políticas públicas implantadas pelos Estados nacionais".

Após esta breve caracterização da agroecologia e desenvolvimento territorial passa-se a contextualizar a problematização da pesquisa. A rede que forma o Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial (PPGADT/UNIVASF/UFRPE/UNEB) apresenta fluxos de informação descentralizados para organização e difusão do conhecimento. Por conseguinte, poderá levar a dispersão das produções científicas e dificuldades para o seu acesso entre os membros da própria rede estudada e ao público em geral. Em consulta, a Resolução nº003/2021 (UNIVASF,2021) que instituiu as regras de funcionamento entre as Universidades associadas só menciona a obrigatoriedade do depósito da Tese e do produto final.

A contar da data da aprovação da Tese/Produto Final pela banca examinadora, o(a) estudante terá um prazo máximo de 60 (sessenta) dias para entregar os exemplares contendo a versão final e o produto

na secretaria do PPGADT e na da Biblioteca Central da IES Associada a qual tenha vínculo; os exemplares definitivos segundo normas específicas criadas pelo Colégio Interno de cada IES Associada, levada de maneira unificada ao Colegiado de Coordenação para análise, votação e homologação por maioria simples em reunião, a contar dos membros presentes (art. 68).

Já os dados coletados em vídeos, imagens ou gerados por instrumentos de pesquisa ou simulação computacional durante a realização das pesquisas, assim como, as publicações em livros, capítulos de livros, artigos de revistas, comunicações em eventos não são indicados como serão gerenciados pelo programa PPGADT. Ressalta-se que o gerenciamento desse conjunto de informações científicas gera indicadores de produção que servem para avaliação, tomadas de decisão pelas coordenações do Curso e na captação de financiamentos junto agências de pesquisas graças a política de informação que prevê a coleta, organização, preservação e recuperação da informação a longo prazo. Por conseguinte, também se evita a dispersão das informações e as limitações de acesso pelo público.

Contudo o questionamento que faz à priori é como tornar mais eficiente os fluxos informativos na rede que forma o PPGADT para gestão compartilhada do conhecimento? Daí a necessidade de estruturar uma política de informação para a rede que executa o Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento territorial (PPGADT) visando a gestão compartilhada do conhecimento.

O texto está organizado em seções. A primeira é esta introdução. Na seção 2 faz-se uma reflexão sobre o movimento da ciência aberta para tornar acessível a difusão do conhecimento, e do outro lado as práticas de curadoria da informação para operacionalizar a disseminação do conhecimento. Na terceira seção, os procedimentos metodológicos para coleta de informações primárias e secundária. A quarta seção apresenta os resultados parciais e a discussão sobre a difusão do conhecimento em rede e suas limitações. A última seção aponta as considerações finais e as contribuições potenciais para o desenvolvimento deste estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ciência Aberta como mecanismo de difusão das práticas científicas

A expressão ciência aberta é um termo guarda-chuva para um movimento de alcance global cuja finalidade é a remoção de barreiras que impedem a geração e

difusão do conhecimento. Aqui no estudo, a expressão Ciência é entendida no sentido amplo, ou seja, uma forma organizada de criação de conhecimento em qualquer domínio acadêmico, incluído as Humanidades e Ciências Sociais (SHMAGUN et. al., 2020). Na revisão sistemática realizadas por estes autores é possível constatar que as ideias embrionárias sobre ciência aberta remota ao final do sec. XVI e início do XVII, época em que o compartilhamento do conhecimento era restrito. Entretanto um marco significativo à época para ampliar a divulgação do conhecimento e a colaboração entre os cientistas foi a revolução científica ocorrida na Europa ocidental que resultou na criação da Academia de Ciências e dos periódicos científicos.

Contudo a consolidação do movimento do acesso aberto data do início do ano 2000 em diante, com as mudanças das publicações de revistas e livros em formato físico para o eletrônico. Então abrem-se novas perspectivas com relação a democratização do conhecimento e a colaboração científica. Pois o compartilhamento de dados, informação e conhecimento em livre acesso para sociedade, tem se demonstrado uma alternativa estratégica no enfrentamento de crises sanitárias, ambientais e econômicas de alcance mundial. E vem contribuindo para a sustentabilidade da sociedade, para criação de governos transparentes e para o fortalecimento da democracia e da própria ciência. Todos esses benefícios devem-se aos esforços da comunidade científica para construção de uma ciência aberta à sociedade. Para Martins (2020), a ciência aberta vai além da disponibilização de dados e informações, passar a incorporar novas práticas como abertura de dados de pesquisa e revisão de pares aberta.

É um movimento da comunidade acadêmica de tornar a pesquisa científica (em todo seu ciclo e ambiente) acessível para todos. É um comprometimento vindo dos pesquisadores para com o público (que inclui universidades, instituições financiadoras e outros pesquisadores) para disseminar livre e abertamente os *inputs* e *outputs* das pesquisas científicas de uma forma compreensível, acessível e aproveitável, e que permita a reprodutibilidade (MARTINS (2020)). A ciência aberta tem contribuído para resolução dos grandes desafios locais e mundiais por tornar acessível a todos os resultados de pesquisa e tecnologias. Porém os estudiosos têm alertado que o Brasil ainda não possui uma política específica para a ciência aberta.

O Brasil não possui uma política pública explícita e orientadora da Ciência Aberta, seja em nível governamental ou de agências de fomento, como pode ser percebido no cenário internacional, apesar de

grandes esforços na promoção do Governo Aberto e do Acesso Aberto. Algumas ações isoladas no campo do acesso aberto às publicações científicas, a promoção da abertura de dados governamentais e outras iniciativas de “Governo Aberto” se encontram institucionalizadas em órgãos da administração pública, universidades, fundações e institutos de pesquisas (SANTOS, 2017, p.29).

Rezende e Abadal (2020, p19) fizeram um mergulho nos marcos regulatórios do Brasil para a ciência aberta e descobriram que “na esfera governamental, que contemplou as leis, decretos e resoluções ainda não existe uma política brasileira específica para a ciência aberta”. Advogar em favor do movimento ciência aberta é ampliar a circulação da informação na sociedade, a transparência científica e a reprodutividade dos resultados das pesquisas. Portanto a disponibilidade de serviços de curadoria da informação, ferramentas (repositórios) ou plataformas web é interpretado como mecanismos que subsidiam a difusão do conhecimento em acesso aberto (MEIRELLES, 2023).

2.2 Curadoria da Informação

O termo curadoria digital é relativamente novo. O seu surgimento deu-se partir de um seminário sobre *e-science*, bibliotecas e arquivos digitais realizado em 2001, em Londres, para discutir as linhas de desenvolvimento no campo da curadoria informacional e da preservação digital, porque havia e ainda há uma preocupação dos especialistas em relação ao volume de informação produzida vinda com as mudanças da publicação em formato físico para coleção digital de livros, revistas e outros materiais. Se antes estavam centrados no enfrentamento da rápida obsolescência das mídias de arquivamento e dos espaços de estoque de armazenamento, hoje o foco está na sistematização do processo de coleta, arquivamento e gerenciamento para ampliar o acesso dos materiais digitais a longo prazo (BEAGRIE, 2006).

Em razão da importância da temática criou-se o Centro Digital de Curadoria ou *Digital Curation Centre* (DCC) especializado em fornecer ajuda aos praticantes por meio de ferramentas online, treinamento e guias em relação a como armazenar, gerenciar, proteger e compartilhar a informação digital (DCC, 2023). No Brasil, tem-se a Rede Brasileira de Serviços de Preservação Digital, mais conhecida como Rede Craniana, foi instituída pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) com a finalidade de prestar “serviços de preservação digital de documentos

eletrônicos brasileiros, com o objetivo de garantir seu acesso contínuo a longo prazo” (REDE CARINIANA, 2023).

Assim o trabalho de curadoria digital envolve “organizar, armazenar, gerenciar, preservar e dar acesso à dados e informações digitais, de forma eficiente e eficaz, com a garantia de autenticidade e integridade, apesar de ser uma necessidade, é um desafio” apontam Siebra, Silva e Vega (2020, p.2) englobando ações gerenciais, técnicas, tecnológicas e políticas. Ademais outros desafios à curadoria digital dizem respeito aos modelos existentes para o gerenciamento da informação digital como modelos de ciclos de vida do Digital Curation Centre (DCC) que apresentam dificuldades por falta de detalhamentos das ações (SIEBRA; SILVA; VEJA, 2020). Já os princípios FAIR um acrônimo para *Findable, Accessible, Interoperable and Reusable*, apresentam fragilidades nas implementações em plataformas de compartilhamento de dados (WENMING; WO, 2023). Entretanto são modelos teóricos amplamente utilizados para o planejamento de serviços de gerenciamento da informação e, por extensão, no compartilhamento de conhecimento em rede.

3 METODOLOGIA

O presente estudo assume como epistemologia a prática da interdisciplinaridade para construção de uma política de informação para a rede que executa o Programa de Agroecologia e Desenvolvimento Territorial, em associação entre a UNIVASF, UFRPE e a UNEB. Para tanto, buscar-se construir uma interface entre as áreas da Ciência da Informação, Administração de empresas e a Computação. O método de pesquisa utilizado será a Análise de Rede Social (ARS) em gestão e difusão do conhecimento. Pois há um pressuposto de que o conceito de rede pode contribuir para o trabalho colaborativo na perspectiva de tornar mais eficiente os fluxos de informação para uma gestão integrada do conhecimento em rede multi-institucional.

O conceito de redes emerge no contexto da administração pública nos 1990 como uma alternativa às abordagens teóricas tradicionais (centralização de poder, hierarquia rígida etc.) que predominavam na estrutura do Estado. As principais características de uma rede é a relação horizontalizada e a interdependência dos participantes. O fenômeno de expansão das redes em administração pública remonta à década de 1990, mas antes disso a literatura internacional nessa área já contava

diversos estudo sobre a ação do Estado no estabelecimento de arranjos locais de desenvolvimento, na gestão intergovernamental, na implementação de programas federais e nos sistemas de implementação descentralizada de políticas públicas (FLUERY, OUVENEY, 2007, p.41). O conceito de rede apresenta uma gama de aplicações que vai da formação de arranjos interorganizacionais para provisão de serviços públicos à rede de conhecimento para o compartilhamento de recursos informativos. Este tópico será aprofundado no capítulo da Tese sobre Teorias de Redes.

Por ora, apresenta-se abaixo os procedimentos metodológicos para coleta de informações em portais *web* e no Portal de Periódicos da Capes:

- I. Coleta de dados primários sobre as diretrizes do Regimento 003/2021 (UNIVASF) e as normativas do Governo Brasileiro para tornar acessível dados e informações ao público, como a Lei de Acesso à Informação (Lei nº 12.527/ 2011), Política de Dados Abertos (regulamenta pelo Decreto nº. 8.777/2016 e Decreto nº 9.903/2019), Planos de Dados Abertos da Controladoria Geral da União (CGU, 2020) dentre outras; e
- II. Revisão da literatura acerca da temática 'Agroecologia', 'Desenvolvimento territorial' para contextualizar os domínios de aplicação do serviço de informação. Ademais categorias conceituais incluídas como 'Ciência aberta'; 'Curadoria da informação' foram selecionadas para compreensão das interpretações recentes sobre os mecanismos para a difusão do conhecimento.

4 RESULTADOS PARCIAIS E DISCUSSÃO

A partir da análise sobre a Resolução nº003 (UNIVASF, 2021) foi possível extrair um escopo do processo de produção e organização do conhecimento oriundo da rede que executa o PPGADT:

- I. Formação de uma rede do tipo associativa;
- II. *Stakeholders* (coordenações das Universidades associadas, pesquisadores, estudantes, bibliotecas);

- III. Produções (Teses + Produto) e outras publicações científicas desenvolvidas durante o doutorado;
- IV. Fluxos informacionais próprios em cada Universidade associada à PPGADT para coleta, armazenamento, tratamento e compartilhamento das produções;

A colaboração científica entre as instituições de ensino e pesquisa requer diretrizes sistêmicas para difusão de conhecimento. A construção de uma política geral de informação e aporte de investimentos em infraestrutura tecnológica (software, plataforma web e suporte técnico) é uma das alternativas, destaca Santos (2017) para abertura da ciência.

No entanto um dos desafios a serem enfrentados é como viabilizar a gestão integrada da produção acadêmica para o compartilhamento do conhecimento em uma rede interinstitucional. Visto que os repositórios institucionais das universidades e instituições de pesquisa limitam-se ao gerenciamento de informações de uma determinada instituição particular. Entretanto a principal organização mundial de Bibliotecas, a Online Computer Library Center (OCLC) encoraja abraçar a ideia de integração multi-institucional entre as comunidades acadêmicas porque as similaridades são maiores do que as diferenças (BRYANT, R. et al.,2021).

A gestão compartilhada das produções dos integrantes afiliados à rede PPGADT é uma ideia defendida neste projeto para preservação da memória científica, ampliação do acesso e a difusão do conhecimento. No entanto as possíveis limitações para uma integração dos conteúdos dizem respeito aquelas dificuldades relacionadas a cooperação e a solidariedade no trabalho em rede, como:

- I. Estabelecimento de um método comum de atuação para integração de serviços;
- II. Cada nó da rede preserva sua autonomia e isonomia de funções poderá ocorrer desistência ou afastamento do ator na rede e inviabilizar os objetivos pretendidos.

Para mitigação das limitações será realizado um estudo técnico em profundidade sobre a viabilidade técnica e os recursos disponíveis, assim como, uma pesquisa empírica para o levantamento das necessidades dos integrantes da rede

que executam o PPGADT, tais como: coordenações e profissionais da área de gestão de informação das Universidades associadas sobre o gerenciamento compartilhado das coleções digitais do PPGADT.

Outros achados pertinentes que corroboram com a presente pesquisa sobre o gerenciamento do conhecimento em rede, aponta-se a Tese de Meirelles (2023) sobre gestão de documentos nas unidades de saúde pública e a preservação digital, por meio de repositórios institucionais como um dos mecanismos para difusão do conhecimento. A revisão sistemática realizada por Senaratne e outros (2021) identificaram aplicação de um protocolo geral, por se traduzir num método comum de coleta, processamento e comunicação da informação entre vários colaboradores de uma organização/empreendimento que atua em rede. Por fim, podemos afirmar que esses achados estão dialogando com as escolas de pensamento ou interpretações atribuídas ao paradigma da ciência aberta, ao relacioná-la: i) serviços, ferramentas e plataformas web científicas; ii) modo de mensurar o impacto científico; iii) democratização do acesso ao conhecimento; iv) processo de criação do conhecimento mais eficiente baseado em colaboração científica; e v) engajamento de cidadãos na ciência e a popularização científica (FECHER; FRIESIKE (2014) apud SHMAGUN et al., 2020).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no levantamento de informações iniciais foi possível identificar no âmbito da rede de conhecimento em Agroecologia e Desenvolvimento territorial um processo de gerenciamento de conhecimento descentralizado onde cada ator da rede (Universidades associadas) possui fluxos de informação próprio para a coleta, arquivamento, tratamento e o compartilhamento da Tese e o produto final. Porém não menciona o processo de gerenciamento das outras produções científicas geradas no âmbito do PPGADT, de modo, que possam ser recuperadas para reutilização em novas pesquisas, assim como, forneçam informações gerenciais para tomada de decisões pelos administradores. Nesse sentido há uma fragilidade frente ao modelo de governança para o gerenciamento do conhecimento na rede interinstitucional com vários participantes.

Vale ressaltar os repositórios institucionais em conjunto com os princípios da curadoria da informação se apresentam como uma das alternativas para apoiar à

constituição de uma rede agregadora de conhecimento em Agroecologia e Desenvolvimento territorial, em associação entre 03 Universidades associadas.

Nesse sentido, espera-se que andamento da pesquisa contribuam para:

- I. Estruturar uma política de difusão do conhecimento na rede PPGADT;
- II. Promover a gestão compartilhada dos documentos digitais produzidos pelos integrantes da rede em estudo para reutilização em atividades de ensino-aprendizagem em instituições de ensino e pesquisa;
- III. Gerar indicadores de produção e uso para tomada de decisão pelos administradores;
- IV. Superar obstáculos burocráticos para coleta, armazenamento, processamento e compartilhamento das produções acadêmicas com o objetivo de ampliar a visibilidade das pesquisas e dos pesquisadores da rede PPGADT;
- V. Minimizar a dispersão das informações da rede PPGADT em arquivamento com acesso restrito;
- VI. Evidenciar o papel das redes de informação na integração de serviços públicos.

REFERÊNCIAS

ANTUNES JUNIOR, W. F.; BORSATTO, R. S.; SOUZA-ESQUERDO, V. F. de. Why is it so difficult to promote territorial development through public policies? The obstacles faced by a Brazilian experience. **World Development Perspectives**, 24, 100367, p.1-11, 2021. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2452292921000837>. Acesso em: 02 out. 2022.

ASADI, S. et al. Understanding Institutional Repository in Higher Learning Institutions: a systematic literature review and directions for future research. **IEEE Access**, v. 7, p. 35242- 35263, fev., 2019. Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2019.2897729. Disponível em:

<https://ieeexplore.ieee.org/document/8635464>. Acesso em: 01 mar. 2023.

BERTIN, P. R. B. et al. A construção do Plano de Dados Abertos de uma organização pública de pesquisa e desenvolvimento e o desafio de uma ciência agropecuária aberta. **RECIIS - Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde**, Rio de Janeiro, v. 11, p. 1-7, nov. 2017. Suplemento. DOI 10.29397/reciis.v11i0.1411. Disponível em:

<https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/23733>. Acesso em: 10 dez. 2021.

BEAGRIE, N. Digital curation for science, digital libraries, and individuals. **The International Journal of Digital Curation**, v. 1, Issue 1, p.3-16, aut. 2006. DOI: <https://doi.org/10.2218/ijdc.v1i1.2> Disponível em: <http://www.ijdc.net/article/view/6>. Acesso em: 5 dez. 2022.

BICKSLER, A. J. et al. The 10 Elements of Agroecology interconnected: Making them operational in FAO's work on agroecology. **Elem Sci Anth**, 11:1., p.1-21, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1525/elementa.2022.00041>.

BRASIL. Decreto nº 8.777, de 11 de maio de 2016. Institui a Política de Dados Abertos do Poder Executivo Federal. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, DF, 11 maio 2016. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/21520099/do1-2016-05-12-decreto-n-8-777-de-11-de-maio-de-2016-21520002. Acesso em: 10 dez. 2021.

BRASIL. Decreto nº 9.903, de 8 de julho de 2019. Altera o Decreto nº 8.777, de 11 de maio de 2016. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, DF, 8 julho 2019. Disponível em: <https://in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-9903-de-8-de-julho-de-2019-190107908>. Acesso em: 12 dez. 2021.

BRASIL. Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011. Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, DF, 18 nov. 2011. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2011/lei-12527-18-novembro-2011-611802-publicacaooriginal-134287-pl.html>. Acesso em: 10 dez. 2021.

BRASIL. Portaria nº 3.679, de 7 de agosto de 2019. dispõe sobre a recriação do grupo de trabalho para elaboração de proposta de política nacional para ciência aberta. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, DF, 7 ago. 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-3.679-de-7-de-agosto-de-2019-210511903>. Acesso em: 15 dez. 2021.

BRASIL. Resolução nº 3, de 13 de outubro de 2017. Aprova as normas sobre elaboração e publicação de Planos de Dados Abertos, conforme disposto no Decreto nº 8.777, de 11 de maio de 2016. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, DF, 13 out. 2017. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/19357601/do1-2017-10-17-resolucao-n-3-de-13-de-outubro-de-2017-19357481. Acesso em: 12 dez. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). **Documento de Área - Área 45: Interdisciplinar**. 2019. 22p. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/INTERDISCIPLINAR.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2023.

BRYANT, R. et al. **Research information management in the United States: Part 1— Findings and Recommendations**. Dublin, Ohio: OCLC Research, 2021a. <https://doi.org/10.25333/8hgy-s428>. Disponível em: <https://www.oclc.org/research/publications/2021/oclcresearch-rim-united-states.html>. Acesso em: 13 dez. 2021.

BRYANT, R. et al. **Research information management in the United States: Part 2—Case Studies**. Dublin, Ohio: OCLC Research, 2021b.
<https://doi.org/10.25333/qv1f-9e57>. Disponível em:
<https://www.oclc.org/research/publications/2021/oclcresearch-rim-united-states-part-2-case-studies.html>. Acesso em: 13 dez. 2021.

CONTROLADORIA GERAL DA UNIÃO. **Cadeias agropecuárias e dados abertos - primeira etapa das oficinas de cocriação. 2021**. Disponível em:
<https://www.gov.br/cgu/pt-br/governo-aberto/a-ogp/planos-de-acao/5o-plano-de-acao-brasileiro/compromisso-5-cadeias-agropecuarias-e-dados-abertos/primeira-etapa>. Acesso em: 20 dez. 2021.

CONTROLADORIA GERAL DA UNIÃO. **Manual de Elaboração de Planos de Dados Abertos (PDAs)**. Brasília: CGU, 2020. Disponível em:
https://repositorio.cgu.gov.br/bitstream/1/46702/5/manual_de_elaboracao_de_planos_de_dados_abertos_pdas.pdf. Acesso em: 15 dez. 2022

CORRÊA, V. P. Desenvolvimento territorial e a implantação de políticas públicas brasileiras vinculadas a esta perspectiva. **IPEA**, regional, urbano e ambiental, 03, p.23-37, dez. 2009. Disponível em:
https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/boletim_regional/091220_boletimregional3_cap3.pdf. Acesso em 02 de jul. 2023.

COSTA, S. M. de S.; LEITE, F. C. L. Insumos conceituais para iniciativas de Repositórios Institucionais de Acesso Aberto à informação científica em bibliotecas de pesquisa. In: SAYÃO, Luis et. al. **Implantação e gestão de Repositórios Institucionais**: políticas, memória, livre acesso e preservação.

Salvador: EDUFBA, 2009. p. 163-202. Disponível em:
<https://repositorio.ufba.br/handle/ufba/473>. Acesso em: 8 fev. 2023.

DIGITAL CURATION CENTRE (DCC). **About**. Disponível em:
<https://dcc.ac.uk/about/>. Acesso em 03 de mar. 2023.

FARIA, A. A.da C. **A educação que constrói a agroecologia no Brasil**: trajetórias de um vínculo histórico. 2017. Doutorado (Tese) – Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-Graduação em Educação, João Pessoa, 2017). Orientadora profa. Dra. Emília Maria da T. Prestes.

FLEURY, S.; OUVÉNEY, A. M. **Gestão de redes: a estratégia de regionalização da política de saúde**. Rio de Janeiro, Editora FGV, 2007. 204p

GLIESSMAN, S.R. **Agroecology: the ecology of sustainable food systems**. New York: CRC Press, 2015.

GREENFIELD, P. **The age of extinction**. The Guardian, London, Environment, 18 de jan. 2023. Disponível em:

<https://www.theguardian.com/environment/2019/sep/16/about-the-age-of-extinction-a-guardian-series>. Acesso em: 18 de jan. 2023.

KATO, K. Y. M.; DELGADO, N. G.; ROMANO, J. O. Territorial approach and rural development challenges: governance, state and territorial markets. **Sustainability**, 14, 7105, p.1-23, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/12/7105>. Acesso em 02 nov. 2022.

MARTINS, H. C. A importância da ciência aberta (open science) na pesquisa em Administração. **Revista de Administração Contemporânea**, Maringá, PR, v. 24, n. 1, janeiro/fevereiro, 2020. Disponível em: <http://rac.anpad.org.br>. Acesso em: 20 dez. 2021.

MEIRELLES, R. F. **Os repositórios arquivísticos na difusão de conhecimentos em saúde**: subsídios para a cadeia de custódia dos organismos produtores do Sistema Único de Saúde. 195 p. 2023. Tese (Doutorado em Difusão do Conhecimento) - Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/36947/1/Tese%20Rodrigo%20Meirelles.pdf>. Acesso em: 01 de jun. 2023.

MOURA, M. M. M. et al. Sistema para a partilha de informação turística em países de expressão Portuguesa. **Enc. Bibli: R. Eletr. Bibliotecon. Ci. Inf.**, Florianópolis, n. esp., p. 23-40, 2º sem., 2008.

OLIVEIRA, F.S de et al. Dinâmica da Formação de Redes de PD&I: A experiência da Embrapa Informática Agropecuária na articulação de Parcerias Público-Privadas (PPP). *In*: Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade, 6.,; Encontro Luso-Brasileiro de Estratégia, 5., 2017, São Paulo. **Anais do VI SINGEP**. São Paulo: [s.n], 2017. p.1-16

PETERSEN, P. Introdução. *In*: PETERSEN, P.; DIAS, A. (Orgs.). **Construção do conhecimento agroecológico**: novos papéis, novas Identidades. [s.n]: Articulação Nacional de Agroecologia, 2007. p. 5-16. (Caderno do II Encontro Nacional de Agroecologia).

PIEROZZI JUNIOR, I. et al. Gestão da informação e do conhecimento. *In*: MASSRUHÁ, S. M. F. S. et al. (Eds.). **Tecnologias da informação e comunicação e suas relações com a agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. Cap. 12. p. 235-258.

PINTO, D. M.; SANTOS, M. Serviço de informação especializado como elemento

de mediação: os elementos para transferência de informações tecnológicas no contexto da agricultura familiar brasileira. *In*: **Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação**, 16., João Pessoa-PB, 2015. Disponível em: <http://www.ufpb.br/evento/index.php/enancib2015/enancib2015/paper/viewFile/3051/1101>. Acesso em: 02 dez. 2021.

REZENDE, L. V. R.; ABADAL, E. Estado da arte dos marcos regulatórios brasileiros rumo à ciência aberta. **Encontros Bibli.** Florianópolis, v. 25, p. 01-25, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/view/1518-2924.2020.e71370>. Acesso em: 12 dez. 2021.

RIBEIRO, S.; FERREIRA, A. P.; NORONHA, S. Educação do campo e Agroecologia. *In*: PETERSEN, P.; DIAS, A. (Orgs.). **Construção do conhecimento agroecológico: novos papéis, novas Identidades.** [s.n]: Articulação Nacional de Agroecologia, 2007. p. 257-267. (Caderno do II Encontro Nacional de Agroecologia).

SABOURIN, E. P. Erosão, crise e desmonte de políticas para a agricultura familiar e agroecologia na América Latina. *In*: SEMINÁRIO POLÍTICAS PÚBLICAS PARA MEIO RURAL BRASILEIRO NO PERÍODO RECENTE: MUDANÇAS, CONTINUIDADES E RUPTURAS, 1., Rio de Janeiro, 2018. **Anais...** Rio de Janeiro: CPDA, 2018.

SANTOS, A. D. dos. Construção do conhecimento agroecológico: síntese de dez experiências desenvolvidas por organizações vinculadas à Articulação Nacional da Agroecologia. *In*: PETERSEN, P.; DIAS, A. (Orgs.). **Construção do conhecimento agroecológico: novos papéis, novas Identidades.** [s.n]: Articulação Nacional de Agroecologia, 2007. p. 19-39. (Caderno do II Encontro Nacional de Agroecologia).

SANTOS P. X. dos (Coord.). **Livro verde - ciência aberta e dados abertos: mapeamento e análise de políticas, infraestruturas e estratégias em perspectiva nacional e internacional.** Rio de Janeiro: Fiocruz, 2017. 140 p. Disponível: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/24117/2/Livro-Verde-07-06-2018.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2021.

SENARATNE, S. et al.. Current Trends and Future Directions in Knowledge Management in Construction Research Using Social Network Analysis. **Buildings**, 2021, 11,599. <https://doi.org/10.3390/buildings11120599>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/journal/buildings>. Acesso em: 10 jan. 2023.

SHMAGUN, H. et. al. The Uptake of Open Science: Mapping the Results of a Systematic Literature Review. **ITM Web of Conferences** 33, 01001, p. 1-13, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1051/itmconf/20203301001>.


SIEBRA, S. de A.; SILVA, F. de M. O. e; VEGA, R. G. de la. O planejamento na curadoria digital. **Inf. & Soc.:** Est., João Pessoa, v.30, n.4, p. 1-22, out./dez. 2020. DOI: <https://doi.org/10.22478/ufpb.1809-4783.2020v30n4.57263>. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/ies/article/view/57263>. Acesso em 08 de jul. 2023.

SILVA, S. P. da. Análise da trajetória institucional de implementação da Política Nacional de Desenvolvimento Regional no Brasil. **Rev. Serv. Público**, Brasília 67, (3), p. 351-376, jul/set 2016. Disponível em: <https://revista.enap.gov.br/index.php/RSP/article/view/673/766>. Acesso em: 03 set. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO. Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial. **Resolução nº 003**. 2021. Disponível em: https://ppgadt.univasf.edu.br/wp-content/uploads/2021/03/RESOLUO_003_2021__REGIMENTO_INTERNO_DOUTORADO_PPGADT.pdf. Acesso em 29 de nov. 2021.

WENMING, X; WO, L. An Investigation on University Libraries' Service in Promoting the Implementation of FAIR Data Management Principles. **Nongye Tushu Qingbao Xuekan**, vol. 34, no. 7, 2022, pp. 65–75. DOI: 10.13998/j.cnki.issn1002-1248.21-0652.

WILKINSON, M. D. et al. The FAIR guiding principles for scientific data management and stewardship. **Scientific Data**, 3:160018, 2016. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/sdata201618>. Acesso em 18 jan. 2022.



Capítulo 9
MODELAGEM DO PLANO ESTRATÉGICO
PARA COOPERATIVAS DE CRÉDITO:
ESTUDO DE CASO, COM UTILIZAÇÃO DO
SOFTWARE IRAMUTEQ
Teucle Mannarelli Filho
Carlos Renato Silva dos Santos
Luís Miguel Valente Gonçalves

MODELAGEM DO PLANO ESTRATÉGICO PARA COOPERATIVAS DE CRÉDITO: ESTUDO DE CASO, COM UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE IRAMUTEQ

Teucle Mannarelli Filho

Professor Universitário, Doutorando em Ciências pela Universidade Estadual Paulista – UNESP-Tupã, teucle@terra.com.br

Carlos Renato Silva dos Santos

Economista pela Universidade Federal da Bahia, com pós-graduação pela FGV, profissional há mais de trinta anos no sistema financeiro e sistema cooperativista, carlos.rsantos@sicoob.com.br.

Luís Miguel Valente Gonçalves

Professor Universitário e Pesquisador pela Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Lisboa – ISCAL, com doutorado pela Universidade de Extremadura-Espanha, lmgoncalves@iscal.ipl.pt

RESUMO

Objetivo: estabelecer uma modelagem de planejamento estratégico em cooperativas de crédito, em um estudo de caso único de uma cooperativa de crédito localizada no estado de São Paulo, utilizando-se do software textual Iramuteq.

Originalidade/valor: mapear e estabelecer um planejamento estratégico a partir da opinião dos cooperados, com utilização de um software de análise textual, que se ancora no software R estatístico, e retira o viés interpretativo dos envolvidos.

Design/metodologia/abordagem: o estudo utiliza-se de dados primários coletados pela cooperativa junto a seus cooperados, em diversas reuniões que foram realizadas em todas agências, com os cooperados; posteriormente estes dados foram tratados e aplicados no software Iramuteq.

Resultados: os resultados obtidos são apresentados pela análise léxica e textual, nas seguintes estruturas: análise estatística dos dados, classificação hierárquica descendente, dendrograma das classes de palavras, análise de similitude com e sem halo colorido e

finalmente a nuvem de palavras. Como resultado, foi possível concluir que o estudo, com uma abordagem qualitativa, e um processo contínuo de validação dos dados, oferece uma explicação clara e detalhada do problema pesquisado e indicando para os gestores os melhores caminhos estratégicos.

Palavras-chave: planejamento estratégico, cooperativa de crédito, software Iramuteq, modelagem estratégica.

ABSTRACT

Objective: to establish a strategic planning modeling in credit unions, in a single case study of a credit union located in the state of São Paulo, using the Iramuteq textual software.

Originality/value: mapping and establishing a strategic plan based on the opinion of members, using textual analysis software, which is anchored in statistical R software, and removes the interpretive bias of those involved.

Design/methodology/approach: the study uses primary data collected by the cooperative from its members, in several meetings that were held in all agencies, with the members; subsequently these data were processed and applied in the Iramuteq software.

Results: the results obtained are presented by lexical and textual analysis, in the following structures: statistical analysis of the data, descending hierarchical classification, word class dendrogram, similarity analysis with and without colored halo and finally the word cloud. As a result, it was possible to conclude that the study, with a qualitative approach, and a continuous data validation process, offers a clear and detailed explanation of the researched problem and indicating the best strategic paths for managers.

Keywords: Strategic planning, Credit Union, Iramuteq software, Strategic modeling.

1. INTRODUÇÃO

O planejamento estratégico foi desenvolvido para ajudar as empresas a se adaptarem às mudanças no ambiente externo, como novos clientes, novas tecnologias, novos concorrentes e um mercado cada vez mais globalizado. O planejamento estratégico é uma ferramenta que permite que as empresas definam seus objetivos, identifiquem oportunidades e desenvolvam estratégias para alcançar esses objetivos. Por meio desse processo, as empresas podem tomar decisões mais informadas, focar seus esforços e alocar recursos de maneira mais eficiente. Ao mesmo tempo, o planejamento estratégico também permite que as empresas identifiquem as ameaças que enfrentam (ANSOFF, 1977).

Segundo Munnstock (2008), o processo de planejamento estratégico é composto por cinco etapas principais: definição de missão, visão e valores, análise do ambiente externo e interno, definição de objetivos e estratégias, implementação das estratégias e monitoramento e avaliação dos resultados. Estas etapas permitem às empresas identificar as suas oportunidades e ameaças, estabelecer metas, definir as ações que devem ser tomadas e avaliar o desempenho obtido.

Esta realidade fez com que o planejamento estratégico deixasse de lado o seu caráter de planejamento estático para adquirir um caráter de planejamento dinâmico, em que as empresas necessitam de um ambiente de planejamento contínuo para que possam incorporar as novas tecnologias e modificações do mercado. O planejamento estratégico dinâmico é uma abordagem que se baseia na análise de dados e informações acerca do ambiente interno e externo da empresa, de modo a permitir que a organização possa se adaptar rapidamente às mudanças no ambiente de negócios e se preparar para os desafios que elas possam gerar (MINTZBERG, AHLSTRAND e LAMPEL, 2000).

Segundo Mintzberg (2004), uma das formas mais eficazes de se lidar com ambientes estáveis é a adoção de medidas proativas que possam prever e controlar o impacto de mudanças que possam ocorrer. Isso permite identificar e monitorar os recursos, as forças e as fraquezas das organizações, bem como definir estratégias que possam ser aplicadas para alcançar os objetivos desejados. Inseridas nesse cenário de ambientes estáveis estão as cooperativas de crédito, que, apesar de atuarem no ambiente financeiro, cujo grau de turbulência é elevado, conseguem ser diferentes em virtude de sua característica de atuação ser pautada na ajuda mútua aos seus associados, não visando necessariamente o lucro como os bancos tradicionais. As cooperativas de crédito, mesmo que atuem no ambiente financeiro, com alto grau de turbulência, se caracterizam por uma atuação pautada na associação e cooperação entre seus membros; e não visando o lucro como são os bancos tradicionais.

Segundo pinho e palhares (2004), as cooperativas de crédito normalmente atuam como intermediários financeiros, através do oferecimento de serviços bancários, como empréstimos, financiamentos, depósitos e outras transações, para seus associados. As cooperativas de crédito também oferecem serviços de investimento como a compra e venda de ações, títulos e outras formas de investimento.

Com isso, as cooperativas de crédito podem oferecer taxas de juros menores, além de auxiliar os clientes que não possuem um bom histórico de crédito, tornando-se uma alternativa viável e mais segura para quem está em busca de crédito. Os associados democraticamente possuem direito de voto e participam ativamente das decisões da cooperativa, o que garante um maior controle sobre as práticas financeiras adotadas (CHIARETTO, LESSA, *et al.*, 2021).

As cooperativas de crédito são fundamentadas nos princípios da mutualidade, autogestão, autonomia, educação financeira e participação democrática. Essas cooperativas fornecem a seus associados serviços financeiros, como depósitos, empréstimos, pagamentos eletrônicos e serviços bancários. Elas também oferecem serviços de assessoria financeira, como planejamento de investimentos, previdência privada e seguros. Estas empresas são uma alternativa viável para quem busca um meio de financiamento de curto ou longo prazo, e de fácil acesso ao crédito (OCEMG, 2017).

Segundo dados do Financeiro (2022), as cooperativas de crédito, tem crescido a um ritmo bastante acelerado nos últimos anos, com aumento significativo em seus ativos financeiros, número de cooperados, pontos de atendimento. Ainda que conseguem oferecer serviços de intermediação financeira com custos cada vez mais baixo, quando comparadas com os bancos tradicionais.

Neste sentido algumas cooperativas de crédito no Brasil, se inserem nestes novos desafios de mercado, e buscam uma adequação para os novos desafios e tendências, com um diagnóstico interno e externo, que permite levantar informações sobre as forças, ameaças, oportunidades e fragilidades da cooperativa, bem como os pontos fortes e fracos que influenciam diretamente na sua competitividade (NIED, FORGIARINI e ALVES, 2022)

As cooperativas de crédito também precisam focar na qualidade de seus serviços, oferecendo um tratamento humanizado, eficiência no atendimento e no processamento de operações financeiras. Assim, elas conseguem conquistar e manter clientes, gerando credibilidade e segurança. A busca incessante por inovação também é importante para que as cooperativas de crédito não fiquem para trás em relação aos bancos e outros concorrentes. Portanto, para se manter bem posicionada no mercado, as cooperativas de crédito precisam de uma gestão estratégica eficiente, com foco na qualidade dos serviços, busca por parcerias estratégicas e inovação constante (COOPERATIVISMO DE CRÉDITO, 2023).

Essa pesquisa pretende responder ao seguinte problema: quais são os desafios e as possibilidades de aplicação do planejamento estratégico em cooperativas de crédito? Para atingir esse objetivo, a pesquisa irá abordar os principais desafios e as possibilidades de aplicação do planejamento estratégico em cooperativas de crédito. Também serão considerados aspectos como os recursos necessários, o impacto das mudanças no ambiente econômico e as tendências atuais. Os resultados da pesquisa serão usados para avaliar se o planejamento estratégico é uma ferramenta adequada para melhorar a eficiência e a eficácia das cooperativas de crédito.

Para alcançar esse objetivo, será realizada uma pesquisa qualitativa com a utilização do software Iramuteq, com o objetivo de compreender e analisar o processo de planejamento estratégico adotado por uma cooperativa de crédito localizada no estado de São Paulo, que realiza seu planejamento estratégico anualmente por meio da coleta das informações, em reuniões que são realizadas em todas suas agências de atendimento com seus cooperados.

Como resultado, espera-se que este estudo possa contribuir com o aprofundamento dos estudos sobre o tema e aprimorar o entendimento das práticas de planejamento estratégico adotadas por esta cooperativa em estudo de caso único e escolhido por conveniência.

De forma a complementar ao objetivo geral proposto, apresentam-se os seguintes objetivos específicos a serem atingidos ao longo do estudo: identificar os desafios na implementação de um planejamento estratégico, mapear os resultados obtidos pela opinião dos cooperados que são os usuários dos serviços prestados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Os gestores podem diminuir o risco de erros e tomar decisões mais seguras que tragam maior eficácia às estratégias adotadas. Por fim, é importante que os gestores busquem se manter atualizados sobre as tendências do mercado e sejam proativos em relação às mudanças que ocorrem, para que possam tomar decisões assertivas que sejam úteis para a empresa (THOMPSON, 1967).

Autores como Heijden (1996), conceituam o risco, como a possibilidade de previsão de um evento futuro, com uma chance de sucesso que é conhecida. Incertezas estruturais referem-se a fatores que são desconhecidos ou imprevisíveis,

mas que podem ser modelados ou estimados com base em dados passados e estimativas. Por fim, as incertezas impossíveis de se conhecer são aquelas que não podem ser previstas ou estimadas, pois se trata de situações completamente novas e desconhecidas.

A gestão de risco e incerteza envolve o monitoramento constante dos riscos e incertezas na organização de forma a ajustar a estratégia de acordo com as mudanças nos ambientes interno e externo. O gerenciamento de riscos e incertezas inclui a identificação, análise, avaliação e monitoramento de riscos e incertezas relacionadas à estrutura de custos, produtividade, qualidade, entrega, satisfação do cliente, segurança, inovação, entre outros. Além disso, a gestão de risco e incerteza (HEIJDEN, 1996).

Uma forma de se preparar para incertezas impossíveis de se conhecer é desenvolver habilidades e competências gerais que possam ser aplicadas em qualquer contexto. Estas competências incluem a capacidade de se adaptar rapidamente a mudanças, de tomar decisões fundamentadas, de ter visão estratégica e de trabalhar em equipe (HEIJDEN, 1996; MINTZBERG, 2004).

O Planejamento na visão de Chiavenato (2004), representa a primeira das funções administrativas em uma empresa, que inclusive precede a própria organização e as funções de direção e controle. O ato de planejar significa estabelecer a própria missão organizacional e estabelecer os objetivos e diretrizes da organização, bem como indicar quais os meios necessários para a realização deste objetivo com a maximização da eficácia e eficiência.

Na visão de Mintzberg (2004), mesmo em ambientes turbulentos, o planejamento estratégico pode ser utilizado como uma ferramenta de gestão eficaz. Não é necessário que o planejamento seja longo e detalhado, mas sim que seja focado em resultados rápidos, flexível e capaz de se adaptar a mudanças imprevistas. Se o planejamento estratégico for usado como uma ferramenta de gestão para acompanhar e antecipar as mudanças no ambiente, ele pode ser extremamente útil.

Assim, as cooperativas dispõem de serviços e também produtos com melhores preços e qualidade, garantindo ao usuário maior satisfação e economia, em que seus membros compartilham de um ideal de construção de uma sociedade mais justa e solidária. Por meio das cooperativas, os membros se unem em prol de um objetivo comum, o que gera um sentimento de pertencimento e responsabilidade. Ao optar por uma cooperativa, os usuários garantem maior segurança, pois as cooperativas são

regidas por princípios éticos e sociais, o que garante a qualidade dos serviços ofertados (YOUNG, 2007).

Segundo Censi (2009), a cooperativa é uma forma de empreendimento que estimula a solidariedade, a iniciativa e a capacidade de organização dos associados. Ao aderirem a uma cooperativa, os associados estão contribuindo para a melhoria da qualidade de vida de todos os membros, além de possibilitar o desenvolvimento dos seus próprios negócios.

A rede Sicoob também conta com aplicativos para dispositivos móveis, como o SicoobNet, que permite aos associados realizarem operações e consultas aos saldos em qualquer momento. Possibilita pagamentos de contas e transferências por meio de boletos bancários, além de consultar os limites de crédito e os extratos. Com foco na responsabilidade social, a rede Sicoob também oferece aos associados programas de educação financeira, para que eles possam ter um melhor aproveitamento dos serviços oferecidos (MEINEN e PORT, 2016).

Incertezas previsíveis são aquelas que podem ser antecipadas e, portanto, abordadas. Estas são variáveis que tendem a se mover dentro de um intervalo estabelecido, e são identificadas e compreendidas ao longo do tempo. Por exemplo, o preço de uma ação pode variar em um intervalo de preço definido, e os investidores podem estimar quais níveis de preço a ação atingirá no futuro. Por outro lado, as incertezas imprevisíveis são aquelas que não podem ser antecipadas. Estes são eventos inesperados que podem afetar drasticamente o mercado, como desastres naturais, mudanças políticas e outros eventos inesperados (RANGEL, 2017).

Em relação ao desafio, as cooperativas de crédito brasileiras precisam desenvolver estratégias para aumentar seu alcance e aumentar sua base de clientes. Estas estratégias devem envolver a melhoria de serviços oferecidos pelas cooperativas, a modernização de suas plataformas de atendimento, a ampliação de sua presença geográfica e a adoção de tecnologias digitais. As cooperativas também precisam desenvolver estratégias para melhorar a conscientização dos consumidores sobre a importância e os benefícios de se tornar membro de uma cooperativa (RANGEL, 2017).

O Sistema Sicoob é regulado pelo Banco Central do Brasil, sendo uma das principais instituições financeiras do país. Oferece produtos e serviços financeiros, tais como conta corrente, cartão de crédito, empréstimos pessoais, financiamentos, investimentos, entre outros, com preços competitivos e condições especiais para os

cooperados. Além disso, o Sicoob também oferece serviços de educação financeira, assessoria e consultoria empresarial, além de serviços de atendimento ao cooperado nas cooperativas singulares e centrais (DA ROSA, 2022).

No mundo, o cooperativismo de crédito tem uma presença significativa, com mais de 50 mil cooperativas de crédito em mais de 100 países. Em muitos destes países, as cooperativas de crédito são a principal forma de serviços financeiros, oferecendo serviços aos agricultores, pequenos empresários e outros membros da comunidade que não têm acesso ao sistema bancário tradicional. No Brasil, as cooperativas de crédito também são muito importantes. Hoje, elas são responsáveis por cerca de 10% do crédito rural no país, além de serviços de empréstimo, conta corrente, cartão de crédito, seguros e poupança. Esta forma de serviços financeiros tem sido fundamental para proporcionar acesso ao crédito a populações de baixa renda e ajudar na criação de riqueza para as comunidades brasileiras (NIED, FORGIARINI e ALVES, 2022).

3. METODOLOGIA

De acordo com Triviños (1987), o estudo de caso é um tipo de pesquisa que se concentra em uma unidade em particular, analisando-a profundamente. Esta unidade pode ser uma pessoa, um grupo, uma organização, um evento, etc. O critério de escolha desta unidade de estudo é baseado na lógica de replicação e de conveniência, definida por Yin (2005), podendo ser classificada como literal, isto é, a busca de resultados semelhantes, ou ainda replicação teórica, pela busca de resultados contrários.

A pesquisa ainda se enquadra como descritiva e exploratória, à medida que exclui a interferência do pesquisador na análise dos dados coletados, dada a utilização da ferramenta de *software* de análise textual (GIL, 2008).

A pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de analisar a influência dos processos de gestão do planejamento estratégico e na tomada de decisão na Cooperativa. A metodologia adotada para o desenvolvimento do estudo de caso foi a pesquisa qualitativa, realizada por meio de reuniões realizadas com os cooperados em todos os 17 Postos de Atendimento da cooperativa, com uma dinâmica de convidar os cooperados de cada um dos postos, para uma reunião aberta e ouvir verbalmente

todos os presentes sobre os eixos estratégicos a serem seguidos para o ano subsequente.

Estas reuniões com os cooperados, foi denominada de “Café com o Presidente”, uma vez que além dos cooperados, participam da Reunião: Presidente do Conselho, Diretores, Gerente de Governança Corporativa, Gerentes do Posto de Atendimento, funcionários do posto de atendimento e eventualmente membros do Conselho de Administração.

Durante as reuniões “Café com o Presidente”, utilizou-se de uma dinâmica de sistematização das ideias e sugestões de todos participantes, e ao final da mesma, organizou-se a apresentação dos dados obtidos; como forma capturar as informações da base de cooperados e demais dirigentes, fugindo da uma ação que vem da direção da cooperativa para os cooperados e no sentido inverso, capturando o sentimento da base.

O software escolhido para a realização deste estudo foi o Iramuteq, que é considerado como um dos mais eficientes softwares para análise de dados qualitativos; sendo uma ferramenta muito útil para análise de dados qualitativos e textuais. Ele permite ao usuário realizar análises estatísticas, como análise de similaridades, semelhanças e nuvem de palavras, bem como classificação hierárquica descendente.

O software também possibilita ao usuário realizar análises de dados a partir de uma variedade de fontes, como entrevistas, textos e questionários. O uso do software Iramuteq neste estudo é justificado pela sua capacidade de fornecer resultados estatísticos precisos e pela sua facilidade de uso e estar integrado a outras ferramentas de análise, como o R.

Na Tabela 1 apresenta-se uma síntese das dimensões do software Iramuteq, e suas dimensões.

Tabela 1: Síntese das Dimensões do Software de Tratamento e Validação dos Dados

Ferramenta	<i>Software de Análise Textual Iramuteq</i>
Referencial Teórico de Apoio	<i>Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires (Ratinaud, 2009).</i>
Objetivo	Tratamento e Validação dos dados obtidos.

Dimensões Analisadas	- Análises Estatísticas dos dados - Classificação Hierárquica Descendente - Análise de Similitude - Análise por Nuvem de Palavras
-----------------------------	--

Fonte: Adaptado de (MANNARELLI FILHO, DONADON, *et al.*, 2021).

A escolha dos entrevistados se deu por conveniência e disponibilidade dos participantes nas reuniões havidas nos Postos de Atendimento (Agências), durante o “Café com Presidente”, no período de setembro a outubro de 2022. Os dados coletados em cada um dos locais, foi fotografado, posteriormente tabulados e organizados de forma a compor o corpus textual, na utilização da ferramenta Iramuteq.

Enfim, de forma resumida, os aspectos metodológicos desse estudo são compostos basicamente por três etapas:

- Realização de uma revisão bibliográfica a respeito de Cooperativas de Crédito no Brasil;
- Aplicação de dinâmica das reuniões abertas com os cooperados, dirigentes em todos os postos de atendimento da Cooperativa de Crédito, com escolha por conveniência e participação voluntária dos cooperados;
- Utilização do *software* livre *IRAMUTEQ* como método informatizado de análise textual na organização da estrutura e dos discursos linguísticos, por meio das relações entre as características lexicais mais frequentes nos contextos obtidos nas devolutiva das entrevistas.

Além disso, identifica-se que a Cooperativa possui um ambiente organizacional favorável ao compartilhamento de conhecimento e que a integração entre as áreas é essencial para o desenvolvimento dos processos de gestão de conhecimento e principalmente do planejamento estratégico, com ações de baixa para alta direção.

3.1 Análise De Conteúdo

A técnica de Análise de Conteúdo é usada para analisar os dados qualitativos coletados por meio de entrevistas, observações, documentos e outras formas de dados. O objetivo desta técnica é identificar, organizar e interpretar os temas e padrões emergentes nos dados. A análise de conteúdo é realizada em três etapas

principais: pré-análise, exploração do material e interpretação. Durante a pré-análise, o pesquisador define o objetivo da pesquisa e o método de análise a ser usado. Na etapa de exploração do material, o pesquisador lê e codifica os dados, descobrindo e categorizando os temas emergentes. Na etapa de interpretação, o pesquisador analisa os temas identificados para compreender seu significado e contexto (GODOY, 1995; SILVA, GOBBI e SIMAO, 2005; BARDIN, 2011).

3.2 Análise Textual

O processo envolve a identificação de padrões e relações entre palavras e frases, bem como a obtenção de insights sobre o conteúdo do texto. É usado para obter informações sobre o conteúdo de documentos, artigos, entrevistas, discussões em grupo, entre outros. Os resultados obtidos são usados para melhorar a eficácia da comunicação, para entender melhor o contexto de um texto, para identificar tendências e para tomar decisões informadas (CAMARGO e JUSTO, 2013).

A análise textual é um processo que visa a extração de informações relevantes a partir de um texto, que pode ser realizada por meio de diferentes abordagens, como a análise de conteúdo, a análise de discurso, a análise narrativa, entre outras. Essas abordagens são usadas para identificar padrões e relações entre palavras e frases, bem como para obter insights sobre o conteúdo do texto. Representa um processo de análise de dados com a extração de informações relevantes a partir de um texto (PINTO, MAZIERI e VILS, 2017).

Nesta pesquisa elegeu-se o *software IRAMUTEQ* por permitir a realização de vários tipos de análises, porém para o escopo do presente trabalho as análises selecionadas foram as especificadas na sequência:

- a. *Análise das Estatísticas Textuais*: fornece o número de textos e segmentos de textos, ocorrências, frequência média das palavras, bem como a frequência total de cada forma e sua classificação gramatical, de acordo com o dicionário de formas reduzidas.
- b. *Análise de Similitude*: caracteriza-se pela apresentação da interface da interação e comunicação entre as palavras envolvidas e suas respectivas conexões. Apresenta-se em formato de uma árvore, que pode ser visualizada por halos coloridos de acordo com o agrupamento de palavras relacionadas.

c. *Nuvem de Palavras*: representa um agrupamento das palavras encontradas no texto das entrevistas, que se apresentam em função da frequência com que as mesmas aparecem, representadas em uma amplitude sempre proporcional à ocorrência dos vocábulos.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

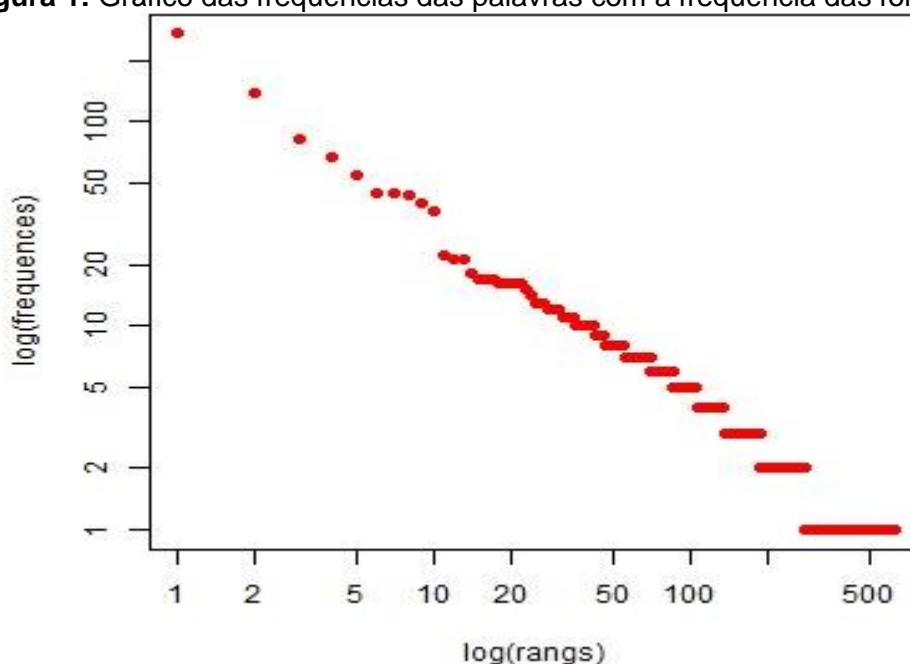
4.1 Análises estatísticas dos dados

As estatísticas básicas trazem informações sobre as análises, cujos dados encontram-se especificados na sequência:

- Número de textos analisados: 4
- Número de ocorrências: 2.484
- Número de formas: 628
- Número hápax (palavras aparecem só uma vez): 345 (13,89% de ocorrências e 54,94% de formas)
- Médias das ocorrências no texto: 621,00

Estas estatísticas básicas permitem uma visualização geral do *corpus* que está sendo analisado através do gráfico estatístico subsequente, que relaciona no eixo das abscissas os logaritmos das frequências das palavras por ordem decrescente e no eixo das ordenadas as frequências das formas, conforme Figura 1.

Figura 1: Gráfico das frequências das palavras com a frequência das formas.



Fonte: elaborada pelos autores.

Este gráfico tem relevância para validação da consistência da análise do *corpus*, que na presente exposição, apresenta-se plenamente ajustada, em contexto que valida estatisticamente o *corpus* analisado.

4.2 Classificação hierárquica descendente

O método Classificação Hierárquica Descendente (CHD), mostra-se eficaz para classificação de segmentos de texto, sendo que seu maior destaque é a possibilidade de identificar palavras que são estatisticamente significativas para cada classe. A classificação hierárquica descendente também é útil para a compreensão da estruturação das classes e para a geração de análises qualitativas (REINERT, 1990; CAMARGO e JUSTO, 2013).

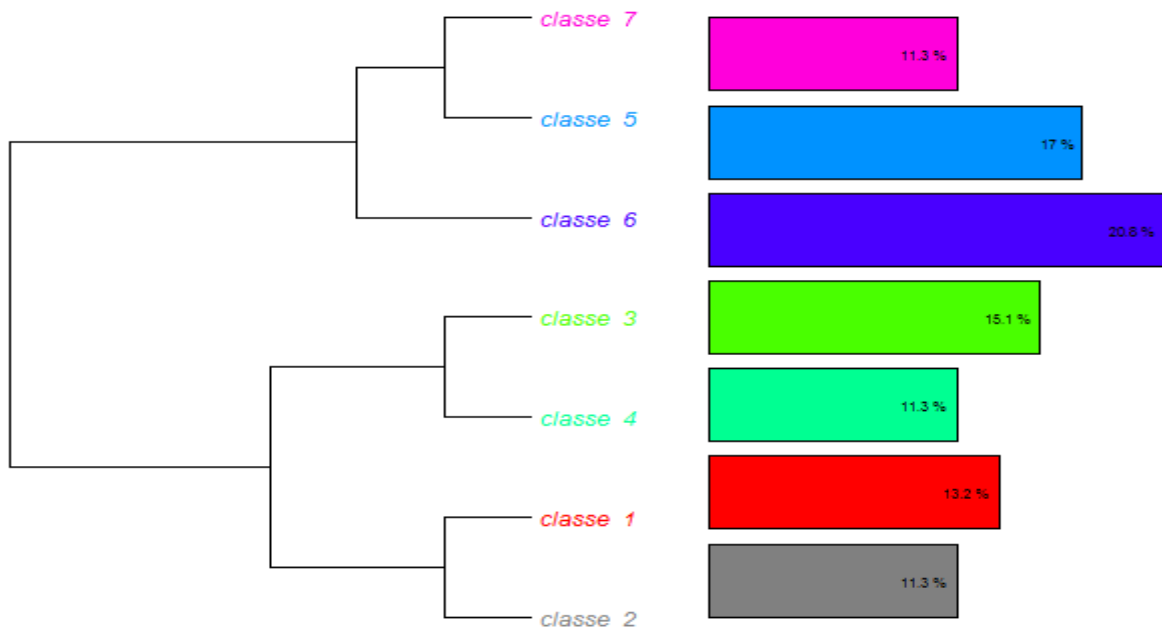
Os resultados da aplicação do Método Reinert no Iramuteq, faz emergir inicialmente as seguintes informações básicas:

- Número de textos: 4
- Número de textos segmentados: 65
- Número de formas: 262
- Número de ocorrências: 2.484
- Número de lemas: 628
- Número de formas ativas: 595
- Número de formas suplementares: 31
- Número de formas ativas com frequência > 3: 171
- Média das formas por segmento: 38,21
- Número de Cluster: 6
- Segmentos Classificados: 49 de 65 ou 75,38%
- Número de segmentos aproveitados para análise: 1.129
- Número de segmentos classificados 1.129 em um total de 1.497, que representa um percentual de aproveitamento 75,42%

Segundo Camargo e Justo (2013), o aproveitamento dos segmentos é um indicador importante para a qualidade da análise no Iramuteq. Quando o aproveitamento é inferior a 70%, a representatividade do material para análise torna-se baixa. Por isso, para garantir a qualidade dos resultados, é necessário que o aproveitamento mínimo seja de 70%.

O software Iramuteq cria automaticamente um dendrograma das classes, que se apresenta por cores as diferentes classes de palavras encontradas, ainda suas respectivas porcentagens de palavras agrupadas. De modo complementar as classes são associadas em por similaridade com outras classes, estas associações podem ser melhor visualizadas na Figura 2.

Figura 2: Dendrograma das classes em percentual.

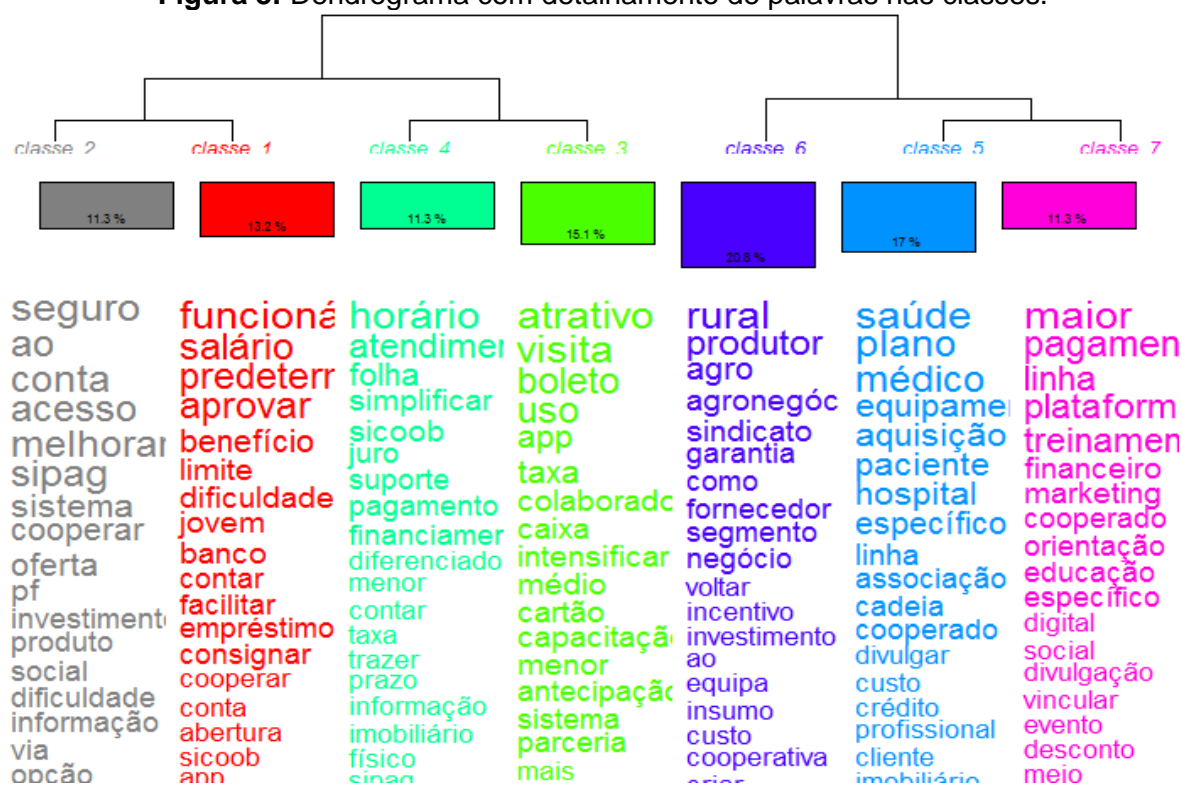


Fonte: elaborada pelos autores.

A Figura 2 acima gerada permite associar 7 diferentes classes e suas respectivas associações, em que dois grandes agrupamentos são visualizados: o primeiro que agrupa as classes de 1 a 4 e um segundo com as classes 5, 6 e 7. Existe ainda novos agrupamentos que derivam destes dois principais agrupamentos, que podem ser visualizados na Figura 2 acima.

O dendrograma da Figura 3 abaixo, permite um melhor detalhamento das palavras que compõem cada uma das classes identificadas pelo software, em que se pode observar por ordem decrescente por ocorrência, em cada uma das classes e suas respectivas porcentagem, estatisticamente validadas.

Figura 3: Dendrograma com detalhamento de palavras nas classes.



Fonte: elaborada pelos autores.

O detalhamento do dendrograma na Figura 3 acima, permite uma melhor compreensão de cada uma das classes com suas respectivas palavras, que são apresentadas de cima para baixo pelo critério estatístico de frequência de ocorrência. Ainda que cada uma das classes é visualizada com suas inter-relações com as demais classes e o percentual de ocorrência em cada uma delas.

A Figura 3 ainda mostra a frequência das palavras em cada classe, o que permite avaliar a representatividade das palavras, para a classe em questão. Desta forma, é possível ter uma visão rápida sobre o assunto tratado naquele texto, assim como identificar as principais palavras que o caracterizam, sendo:

• **Primeiro Agrupamento**, com as classes de 1 a 4, em que se observa:

Na Classe 1 vermelha, observa-se as seguintes palavras relevantes: funcionário, salário, aprovar, benefício, limite, jovem, facilitar, empréstimo, abertura, conta.

Na Classe 2 cinzas, observa-se as seguintes palavras relevantes: seguro, conta, acesso, sipag, cooperar.

Na Classe 3 verdes claro, observa-se: horário, atendimento, folha, simplificar, juro, suporte, pagamento, diferenciado, taxa, imobiliário.

Na Classe 4 verdes escuros, observa-se: atrativo, boleto, uso, app, taxa, colaborador, caixa, intensificar, cartão, capacitação, parceria.

•**Segundo Agrupamento**, com as classes de 5, 6 e 7, em que se observa:

Na Classe 5 azul-escuros escuros, observa-se: rural, produtor, agro, agronegócio, sindicato, garantia, fornecedor, incentivo, investimento, insumo, custo

Na Classe 6 azul-claros claro, observa-se: saúde, plano, medico, equipamento, aquisição, paciente, hospital, associação, divulgar.

Na Classe 3 roxo, observa-se: maior, plataforma, linha, treinamento, financeiro, marketing, educação, digital, social, divulgação, vincular, evento, desconto.

A Figura 3 mostra a representação gráfica das classes extraídas do software, e a Figura 2 mostra a tabela de dados para cada classe. A partir destas duas figuras, é possível inferir nomes para as classes baseando-se na proximidade entre elas.

4.3 Análise de similitude

A visualização gráfica com a Análise de Similitude, é possível visualizar de forma mais clara as relações entre os termos, palavras e frases, identificando os temas e as associações entre esses elementos. Além disso, a apresentação gráfica da Análise de Similitude pode ser usada para analisar o uso de linguagem e os padrões de discurso, ajudando a identificar os temas que estão sendo abordados e os assuntos que estão sendo discutidos. Dessa forma, é possível fornecer informações adicionais sobre o corpus que está sendo analisado e, assim, facilitar a compreensão do discurso.

Apesar disso, essa filtragem não interferiu na qualidade da análise realizada, pois a Árvore de Similitude foi construída com base nos conceitos principais presentes nos textos, o que tornou possível a identificação das palavras mais relevantes para a compreensão dos temas abordados. Assim, a Árvore de Similitude continua a ser um recurso valioso para compreender e visualizar a estrutura de relacionamentos entre as palavras e seus significados.

É possível observar que a árvore de semelhança é composta por principais ramos, que são conectados aos sub-ramos e ramos secundários, a partir dos quais as conexões entre as diferentes partes são realizadas. Esta técnica é amplamente

utilizada como uma ferramenta para facilitar a compreensão e análise de relacionamentos entre elementos complexos.

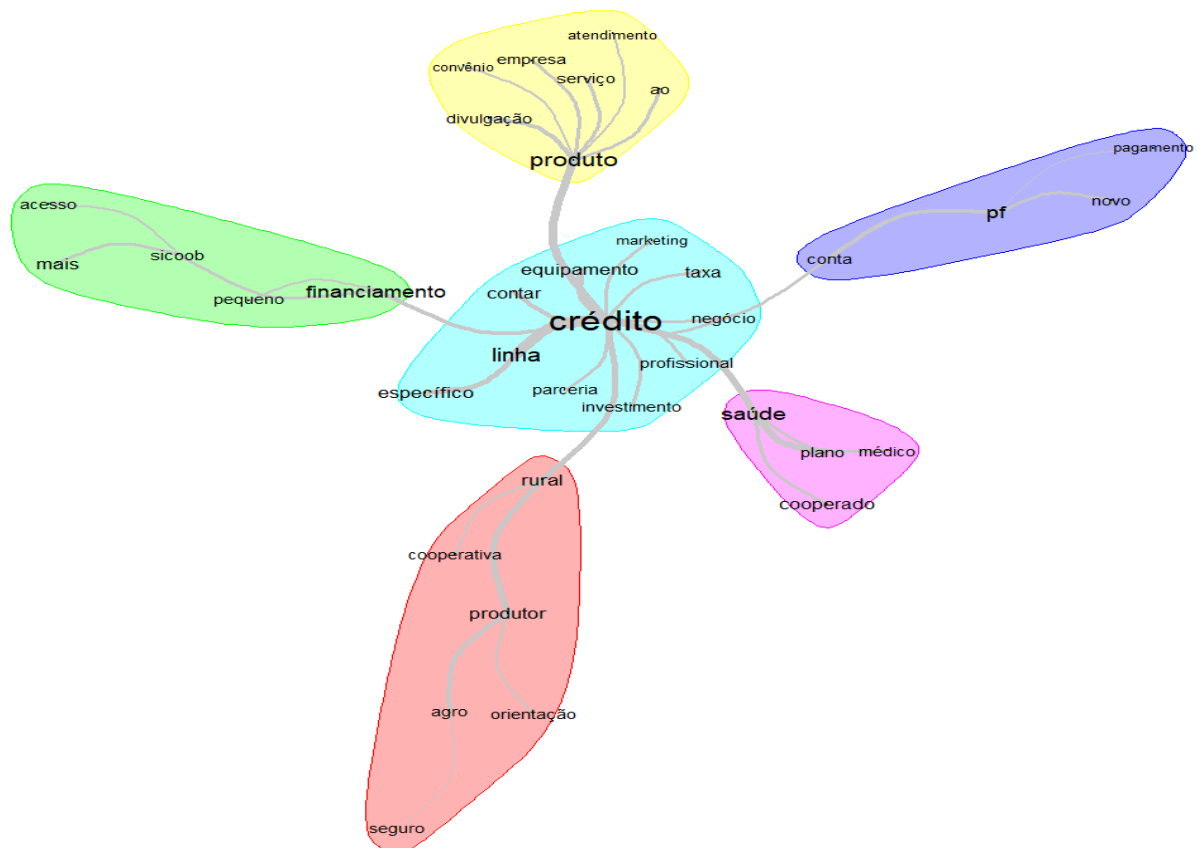
Dentre as principais características deste tipo de ferramenta, destacam-se a facilidade de interpretação visual dos dados, a possibilidade de estabelecer conexões entre elementos distintos, a possibilidade de estabelecer relacionamentos entre elementos e a possibilidade de realizar análises mais profundas de dados.

A Árvore de Similitude é muito útil para a análise de dados, pois permite visualizar e estabelecer relações entre diversos elementos de forma rápida e intuitiva. Além disso, ela é capaz de fornecer insights sobre a estrutura de dados e fornecer uma perspectiva única e profunda sobre as relações entre variáveis. Por fim, este tipo de ferramenta pode ser utilizado para avaliar a qualidade dos dados e identificar problemas com os dados.

A diferença essencial entre as Figuras 4 e 5 é que a Figura 5 inclui halos coloridos para ajudar a identificar os grupos de palavras similares. Ao usar os halos de cor, os usuários podem ver rapidamente quais palavras estão relacionadas entre si. Além disso, os halos de cor permitem que os usuários visualizem de forma muito mais clara a estrutura da rede de similitude, e ajudam a destacar os grupos de palavras similares e a exibir sua proximidade, o que torna mais fácil para o usuário identificar relações importantes.

A Figura 5, por outro lado, não inclui halos de cor, tornando mais difícil para os usuários identificar a relação entre as palavras, e de outro lado fornece mais informações sobre a qualidade e a magnitude da semelhança entre as palavras, permitindo que o usuário explore os resultados da análise de similitude com maior facilidade.

Figura 4: Análise de Similitude com agrupamento por halos de similaridade.



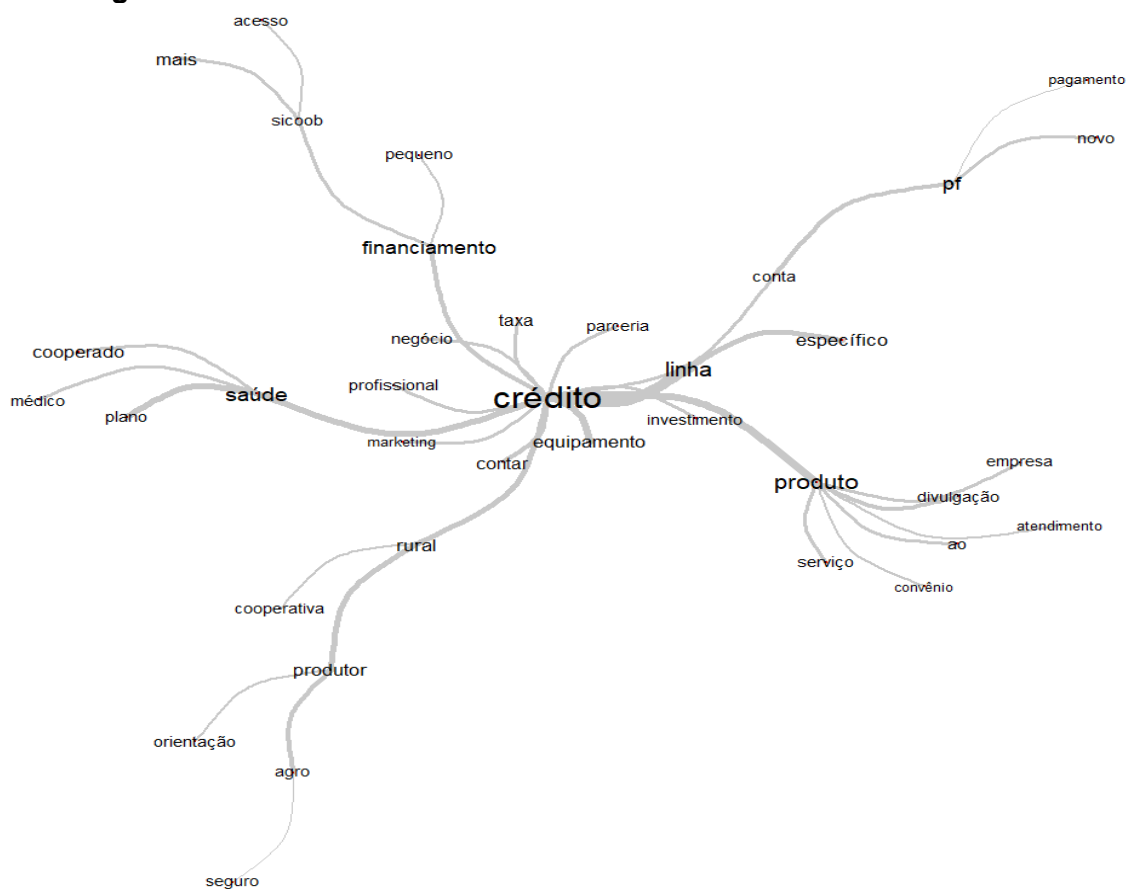
Fonte: elaborada pelos autores.

Na Arvore de Similitude da Figura 5, emergem os halos coloridos de agrupamento, em que se observa um halo central marrom claro de onde se irradiam os demais halos. Este halo principal representado de maneira preponderante pela palavra credito torna-se o centro e foco do objeto do próprio funcionamento de uma cooperativa de credito.

Outros demais onze halos coloridos podem ser observados, com suas palavras chaves de ocorrência, com atenção especial para a relevância do halo amarelo, que traz palavras chaves importantes na elaboração do planejamento estratégico da empresa: taxa, serviço, diferenciado, liberação, cartão, capacitação, financiamento, desconto, menor.

Finalmente compreender não existem relações entre os diferentes halos, e que todos eles se conectam diretamente com o halo principal de credito.

Figura 5: Análise de Similitude somente com as raízes de relacionamento



Fonte: elaborada pelos autores.

O uso da cor é uma forma muito eficaz de expressar a força dos conceitos, ideias, conjuntos de palavras, assim como a intensidade da relação entre elas. A cor dos halos também pode ser usada para representar as palavras relacionadas, ajudando a identificar as palavras que estão sendo analisadas.

A análise de similitude com halos coloridos também pode ajudar a identificar padrões ocultos ou informações que não são óbvias ao olhar, porque ela pode mostrar como as palavras estão relacionadas entre si. Isso pode ajudar a revelar relações entre as palavras que ajudam a entender o contexto em que elas estão inseridas.

A Figura 5 de similitude também mostra como os relacionamentos entre as palavras são afetados por outros fatores, como por exemplo, pelas relações de hierarquia entre elas. Quando duas palavras estão relacionadas de forma hierárquica, a força da conexão entre elas é maior do que se elas estivessem relacionadas de outra forma.

Isso significa que os agrupamentos existentes nas Figura 5 de similitude são resultados da hierarquia entre as palavras, e não somente dos relacionamentos

A partir da nuvem de palavras, observa-se a prevalência das seguintes palavras: linha de crédito, produtor, produto, taxa, saúde e financiamento em que o crédito apresenta-se como o mais relevante.

A nuvem de palavras destacada na Figura 6, apresenta um alinhamento de discurso que relaciona as palavras mais frequentes em todos os textos. Essa relação é destacada pelo tamanho e cor das palavras, que se destacam em relação às demais. A nuvem de palavras é uma ferramenta visual útil para visualizar os principais temas discutidos em um grupo de textos. Ela permite aos leitores identificar rapidamente as palavras ou temas principais que estão sendo discutidos.

Esta Nuvem de Palavras, permite observar a existência de um nível de correlação entre os vocábulos de maior frequência relativa, como: linha de crédito, produtor, produto, taxa, saúde, financiamento, que reforçam a predominância dos temas emergentes dos cooperados nas reuniões realizadas durante as reuniões “Café com o Presidente”. Existe ainda uma convergência nos resultados da Análise de Similitude com a Nuvem de Palavras, uma vez que ambas evidenciam identificação, comprovada pelo rigor estatístico e metodológico do software Iramuteq.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A principal motivação para este estudo é a necessidade de acompanhar e aproveitar as mudanças econômicas, sociais e tecnológicas que afetam as cooperativas de crédito. O planejamento estratégico pode ajudar as cooperativas a entender melhor e usar essas mudanças para seu próprio benefício. Ele também pode ajudar as cooperativas a aproveitar oportunidades de mercado, melhorar a sua competitividade e tornar-se mais eficientes e eficazes.

Ainda ajudar as cooperativas a se prepararem para futuros desafios e desenvolver estratégias para superá-los. Por fim, o planejamento estratégico pode ajudar as cooperativas a criar uma cultura de mudança e melhorar a sua capacidade de inovação.

O estudo foi realizado com base na análise de conteúdo dos documentos, que foram selecionados a partir dos dados obtidos com as diversas reuniões realizadas com os cooperados em todas as agências e postos de atendimento da cooperativa de crédito estudada. Os dados foram coletados e tratados de forma qualitativa, com o objetivo de identificar as principais temáticas que foram abordadas nos documentos.

A pesquisa descritiva é um método de pesquisa que se concentra na descrição de fenômenos. O objetivo é fornecer informações sobre as características, propriedades, habilidades, tendências e relações existentes entre os elementos de uma população. O software Iramuteq utilizado na pesquisa, trouxe muitas vantagens em relação a outras ferramentas de análise textual.

Um dos principais destaques é o fato de que ele oferece a capacidade de executar análises léxicas complexas sem a necessidade de codificar manualmente os dados. Por meio de algoritmos avançados, o software faz a extração de significados e tendências a partir de textos, oferece recursos de visualização de dados que permitem ao pesquisador obter uma visão mais clara dos resultados (CAMARGO e JUSTO, 2013).

Outros recursos importantes emergem da utilização deste software, como a capacidade de analisar um grande número de dados, permitindo assim o estudo de grandes conjuntos de dados. O estudo forneceu importantes informações sobre o problema abordado, contribuindo para o aumento do conhecimento na área; trazendo informações úteis para a tomada de decisões futuras e ajudou a destacar áreas que precisam de mais pesquisas

Como resultado, foi possível concluir que o estudo traz uma abordagem qualitativa, com um processo contínuo de validação dos dados, oferecendo uma explicação clara e detalhada do problema pesquisado.

As restrições do estudo estão relacionadas a participação de um pequeno número de cooperados que participaram das reuniões, o estudo ter sido realizado em apenas uma cooperativa de crédito em estudo de caso único, bem como à falta de dados sobre outras cooperativas para usar como comparação.

Além disso, a pesquisa não pode afirmar que as mudanças observadas na cooperativa estudada são generalizáveis para outras cooperativas. Por fim, talvez a maior limitação deste estudo seja o fato de que as informações foram coletadas em um único momento, o que impede a avaliação de como as práticas de cooperação mudaram ao longo do tempo.

Novas linhas de pesquisa se apresentam com resultado do presente estudo, tais como: desenvolvimento de metodologias para realizar planejamento estratégico baseado em tecnologia de informação, para aumentar a eficiência operacional e gerenciar riscos; investigação sobre o uso de modelos de aprendizado de máquina para identificar padrões de comportamento de clientes e melhorar a tomada de

decisão estratégica; desenvolvimento de ferramentas de simulação para prever o desempenho futuro de cooperativas de crédito e aprimorar o planejamento estratégico.

Finalmente constata-se, que o objetivo da pesquisa qualitativa, com a utilização do software Iramuteq, para compreender e analisar o processo de planejamento estratégico adotado por uma cooperativa de crédito, foi plenamente atingido.

A pesquisa com o uso do Iramuteq, pode proporcionar uma melhor compreensão do processo de planejamento estratégico adotado por uma cooperativa de crédito. Ainda permitiu aprofundar a compreensão do tema, na identificação de oportunidades e desafios enfrentados pela cooperativa. Ao usar o Iramuteq, o pesquisador pode fazer análises mais detalhadas dos dados, a fim de descobrir padrões e tendências que ajudem a compreender melhor o processo de planejamento estratégico da empresa.

REFERÊNCIAS

ANSOFF, H. I. **Estratégia empresarial**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Educações, 2011.

CAMARGO, B. V.; JUSTO, A. M. IRAMUTEQ: Um software gratuito para análise de dados textuais. **Temas em Psicologia**, 2013. 513-518.

CENSI, N. L. **Cooperativismo**: desde as origens ao projeto de lei de reforma do sistema cooperativo brasileiro. Curitiba: Juruá, 2009.

CHIARETTO, S. et al. Um estudo bibliográfico sobre o cooperativismo de crédito como fator de desenvolvimento e fortalecimento econômico e social. **Revista Científica Faculdade Unimed**, Belo Horizonte, v. 3, n. 2, p. 83-104, 2021.

CHIAVENATO, I. **Planejamento estratégico**. São Paulo: Elsevier Brasil, 2004.

COOPERATIVISMO DE CRÉDITO, P. Portal do Cooperativismo de Crédito. **Portal do Cooperativismo de Crédito**, 2023. Disponível em: <<https://cooperativismodecredito.coop.br/cooperativismo-2/historia-do-cooperativismo/>>. Acesso em: 11/02/2023 fev. 2023.

DA ROSA, S. S. As Cooperativas de Crédito frente à Mudança de comportamento dos consumidores. **Administração de Empresas em Revista**, Curitiba, v. 2, n. 28, p. 265-288, 2022.

FINANCEIRO, P. C. Portal do Cooperativismo de Crédito. **https://cooperativismodecredito.coop.br/cenario-mundial/expressao-mundial/**, 2022. Acesso em: 04 jan. 2023.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2008.

GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, p. 57-63, 1995.

HEIJDEN, K. V. D. **Cenários: a arte da conversação estratégica**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

MANNARELLI FILHO, T. et al. Responsabilidade social, sustentabilidade e inovação no setor sucroenergético brasileiro: Tendências e perspectivas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, 2021.

MEINEN, E.; PORT, M. **Cooperativismo financeiro, percurso histórico, perspectivas e desafios: De cooperativa de crédito a principal instituição financeira do associado**. Brasília: Confedbras, 2016.

MINTZBERG, H. **Ascensão e queda do planejamento estratégico**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

MINTZBERG, H.; AHLSTRAND, B.; LAMPEL, J. **Safári de estratégia**. Porto Alegre: Bookman, 2000.

MUNNDSTOCK, P. **Relação entre Planejamento Estratégico e desempenho superior**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Dissertação Mestrado na Escola de Administração, Programa de Pós-graduação em Administração. Porto Alegre. 2008.

NIED, S.; FORGIARINI, D. I.; ALVES, C. N. O entendimento sobre cooperativismo pelos associados em uma cooperativa de crédito. **Revista de Gestão e Organizações Cooperativas**, Santa Maria, v. 9, n. 17, 2022.

OCEMG, S. E. O. D. C. D. E. D. M. G.. **O cooperativismo**, 2017. Acesso em: 05/01/2023 jan. 2023.

PINHO, D. B.; PALHARES, V. M. A. **O cooperativismo de crédito no Brasil: do século XX ao século XXI**. Santo André: Editora Confedbras, 2004.

PINTO, J. C.; MAZIERI, M. R.; VILS, L. **Análise léxica automatizada em administração de empresa**. VI SINGEP. [S.l.]: [s.n.]. 2017.

RANGEL, A. P. R. **Planejamento Estratégico: Um estudo sobre a adoção e prática em cooperativas de crédito de Minas Gerais**. Centro Universitario Unihorizontes-Programa de Pós-graduação em Administração - Mestrado. Belo Horizonte, p. 124. 2017.

REINERT, M. ALCESTE, une méthodologie d'analyse des données textuelles et une application: Aurélia de G. de Nerval. **Bulletin de Méthodologie Sociologique, (28), 24-54**, Paris, v. 28, p. 24-54, 1990.

SILVA, C. R.; GOBBI, B. C.; SIMAO, A. A. O uso da análise de conteúdo como uma ferramenta para a pesquisa qualitativa: Descrição e aplicação do método. **Organizações Rurais Agroindustriais**, v. 7, n. 1, p. 70-81, 2005.

THOMPSON, J. D. **Organizations in action**. New York: McGraw Hill, 1967.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

YOUNG, L. H. B. **Sociedades Cooperativas: resumo prático**. Curitiba: Juruá, v. 7, 2007.

Capítulo 10
CORRELAÇÃO ESPACIAL ENTRE OS
ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E O
INDICE DE VEGETAÇÃO NDVI NA
CULTURA DA SOJA

Matheus Liné
Samuel Alberto Corrêa Paez
Jackeline Matos do Nascimento
Mateus Luiz Secretti
Tais Benitez Ruiz Fernandez
Aline Baptista Borelli
Antonio Luiz Viegas

CORRELAÇÃO ESPACIAL ENTRE OS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E O ÍNDICE DE VEGETAÇÃO NDVI NA CULTURA DA SOJA

Matheus Liné

Engenheiro Agrônomo, UNIGRAN, Dourados-MS, matheusline@hotmail.com;

Samuel Alberto Corrêa Paez

Engenheiro Agrônomo, UNIGRAN, Dourados-MS, 302.097@alunos.unigran.br;

Jackeline Matos do Nascimento

*Doutora em Produção Vegetal, Professora titular UNIGRAN, Dourados-MS,
jackeline.nascimento@unigran.br;*

Mateus Luiz Secretti

*Doutor em Produção Vegetal, Professor titular UNIGRAN, Dourados-MS,
mateus.secretti@unigran.br;*

Tais Benitez Ruiz Fernandez

*Engenheira Agrônoma, mestranda em agronegócio, UNIGRAN, Dourados-MS,
taisbeniteseng@gmail.com;*

Aline Baptista Borelli

*Doutora em Produção Vegetal, Professora titular UNIGRAN, Dourados-MS,
aline.borelli@unigran.br.;*

Antonio Luiz Viegas

*Doutor em Produção Vegetal, Professor titular IFMS, Ponta Porã-MS,
antonio.viegas@ifms.edu.br.*

RESUMO

Objetivou-se, neste estudo, analisar a correlação espacial entre os atributos químicos do solo e os valores do índice de vegetação NDVI

na cultura da soja em uma área localizada no município de Douradina/MS, utilizando imagens do satélite sentinel-2. Foi realizada a coleta do solo na camada de 0-20 cm de profundidade, onde foram analisados os teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, enxofre, matéria orgânica, hidrogênio + alumínio, potencial hidrogeniônico. A partir dos resultados das análises dos atributos químicos do solo e do índice de vegetação NDVI foi realizada análise estatística descritiva clássica e o coeficiente de correlação linear de Pearson (r). A variável acidez potencial possui correlação significativa e negativa com o NDVI. Os elementos Cálcio, soma de bases e v% e Capacidade de Troca de Cátions apresentaram correlações significativas e positiva com índice de vegetação estudado. O índice de vegetação NDVI apresenta boa aplicação para observar a variabilidade espacial dos atributos do solo podendo ser utilizado em conjunto com outras ferramentas para melhor tomada de decisão.

Palavras-chave: Agricultura de precisão, *Glycine max*, Sentinel-2.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the correlation between soil properties variability and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). The experiment was conducted in Douradina/MS, using images from the sentinel-2 satellite. The following variables were analyzed in soil samples collected at 0-20 cm horizon depth: calcium, phosphorus, potassium, magnesium content, cation-exchange capacity, potential acidity, potential of hydrogen (pH), base-cation saturation rate, and organic matter. The data was summarized and organized through descriptive statistics and Pearson correlation (r). The potential acidity has a significant and negative correlation with NDVI. Calcium and base-cation saturation rate phosphorus, have significant and positive correlation between NDVI index. The NDVI index can be used in conjunction with other tools for a better decision making.

Keywords: Precision agriculture, *Glycine max*, Sentinel-2.

INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira vive um bom momento se comparando aos outros setores do agronegócio, e a soja destaca-se como um dos principais produtos, sendo o Brasil o maior produtor do mundo, com aproximadamente 38,5 milhões de hectares plantados, com uma produção de 135,4 milhões de toneladas (CONAB, 2022). No Brasil a soja ocupa a maior parte das lavouras destinadas a agricultura. A cultura está dando bom retorno financeiro aos produtores e um dos fatores que impulsionaram esta crescente, tem sido a forte demanda mundo a fora. A soja hoje é um dos principais produtos na cadeia do agronegócio, sendo utilizado como moeda na mão

de agricultores, cerealistas e corretores, podendo multiplicar ganhos de quem conseguir entender o vasto mercado da soja, “que contribui para o aumento do PIB brasileiro” (IBGE, 2022).

Em função da busca por manejos mais eficientes e visando melhor relação custo benefício, várias técnicas vêm sendo implantadas em áreas agrícolas, como é o caso da agricultura de precisão, considerada conceito recente de manejo de solo-planta-atmosfera, que se baseia em princípios de gerenciamento agrícola de informações sobre as variabilidades (espacial e temporal) dos fatores de produção e da própria produtividade (MOLIM et al., 2015).

Entender como a distribuição espacial dos atributos físicos e químicos dos solos funciona, é importante para o estabelecimento de práticas de manejo adequadas na cultura da soja visando não somente à otimização da produtividade agrícola, mas também a minimização de possíveis danos ambientais (MCBRATNEY; PRINGLE, 1999).

A análise da variabilidade do solo pode indicar, por meio da geoestatística, alternativas de manejo não só para reduzir os efeitos da variabilidade do solo sobre a produção das culturas (TRANGMAR et al., 1985), mas também para aumentar a possibilidade de estimar respostas das culturas sob determinadas práticas de manejo. As análises geoestatísticas se baseiam na teoria das variáveis regionalizadas em que medidas mais próximas tendem a ser mais parecidas do que valores observados em locais mais distantes (VIEIRA, 2000). Tais técnicas fornecem métodos para quantificar esta autocorrelação espacial e incorporá-la na estimação de valores em locais não observados (JOHNSEN et al., 1996). Este conjunto de ferramentas, denominado geoestatística, conduz uma das principais vertentes da chamada Agricultura de Precisão.

O sensoriamento remoto é uma geotecnologia que possibilita a coleta de dados da superfície terrestre, por meio da captação e registro da energia refletida ou emitida pela superfície (FLORENZANO, 2011). Estes dados são disponibilizados como imagens e podem ser utilizados no monitoramento dos recursos naturais, mapeamento de reservas legais, mapeamento de produtividade, aptidão agrícola, entre outras aplicações em escala global ou local (MOLIM et al., 2015).

Com isso, os índices de vegetação que são uma combinação entre duas ou mais bandas espectrais que evidenciam algum componente de interesse, podem auxiliar na identificação de algum parâmetro na cultura reduzindo ou eliminando a

interferência do solo. Entre estes índices, o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), é mais sensível na presença de pigmentos fotossintéticos como a clorofila e se relaciona principalmente com a quantidade de massa vegetal (MOLIM et al., 2015; BERNADI et al., 2014).

Neste contexto, o principal objetivo deste trabalho foi analisar se existe correlação espacial entre os atributos químicos do solo e os valores do índice espectral de vegetação (NDVI) da cultura da soja, por meio de técnicas de sensoriamento remoto utilizando uma imagem do satélite Sentinel-2.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se na Fazenda Yverá no município de Douradina/MS, situada nas coordenadas geográficas de latitude 21°58'11.00"S e longitude 54°31'01.00"O, onde se predomina o clima mesotérmico úmido, verões quentes e invernos secos, do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen, com temperatura de 20° a 24°C e precipitação de 1.250 a 1.500 mm média anual variando (ALVAREZ et al., 2013).

A coleta de solo foi realizada no mês de agosto do ano de 2021, após a colheita do milho, com a utilização de trado tipo motorizado. Foram coletados 29 pontos sendo 1 ponto a cada 3,5 hectares, com 6 subamostras para formar uma amostra composta em cada grade, na profundidade de 0-20 cm (FIGURA 01).

Figura 01 – Área de estudo: Delimitação do talhão estudado e Grid com os pontos amostrais.



O rastreamento dos pontos amostrais foi realizado por um aparelho celular com o aplicativo SIRRUS da empresa privada SST (*Site-Specific Technologies*). Foram coletadas amostras pontuais múltiplas tendo por base grade amostral definida anteriormente. Esse tipo de amostragem apresenta a tendência de reduzir os erros associados às amostragens simples (FILIZOLA, 2006). Em cada ponto amostral foram coletadas 6 (seis) subamostras, em que duas retirou-se no centro da grade, ou seja, na localização do ponto e as outras seis retiradas duas a duas com distâncias equivalentes em um raio médio de 8 (oito) metros a partir do centro.

Em seguida, as amostras foram transferidas para saquinhos plásticos com a devida identificação e foram encaminhadas para o laboratório de análises de solo em Dourados – MS, para determinar os valores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), enxofre (S), matéria orgânica (MO), hidrogênio (H) + alumínio (Al), potencial hidrogeniônico (pH). Com esses dados, foram calculados os valores da capacidade de troca catiônica (CTC), saturação de bases (V%), soma de bases (SB). Os valores de CTC, H+AL, P, K, Ca, Mg e SB em mmol/dm³, MO em g/dm³, e pH avaliado em CaCl².

Para interpolação dos dados dos atributos do solo foi utilizado o método por krigagem ordinária. A confecção dos mapas foi realizada no software Qgis – software de SIG livre – dentro de um plugin denominado Smart-map o qual permite ao usuário importar dados de uma Camada QGIS, gerar o semivariograma experimental, gerar a interpolação usando o método de Krigagem. No processo de geração de mapas foi definido uma legenda composta por 5 (cinco) classes para cada elemento.

A imagem orbital foi obtida gratuitamente no site do Sentinel Hub operado pela Sinergise - uma empresa de TI GIS, com disponibilidades gratuitas. O satélite adotado foi Sentinel-2. A imagem foi baixa já com a correção atmosférica e sem presença de nuvens na atmosfera. A data escolhida foi baseada no maior estágio vegetativo da soja, ou seja, antes do início da fase reprodutiva da cultura.

As imagens do satélite Sentinel-2 foram utilizadas objetivando as observações da área de estudo, em que possibilita o uso de dados sobre vegetação, cobertura de solo e água, hidrovias interiores e áreas costeiras, e também fornecem correções atmosféricas de dados de absorção e distorção. Seus limites de cobertura são entre as latitudes 56° sul e 84° norte. Na tabela 1 estão apresentadas características fornecidas pelos sensores a bordo deste satélite.

Tabela 1 – Características dos sensores imageadores a bordo do SENTINEL-2.

Numero da banda	Descrição da banda	Comprimento de onda (nm)	Resolução (m)
B1	Coastal aerol	433-453	60
B2	Blue	458-523	10
B3	Green	543-578	10
B4	Red	650-680	10
B5	Red-edge 1	698-713	20
B6	Red-edge 1	733-748	20
B7	Red-edge	773-793	20
B8	Near Infrared (NIR)	785-900	10
B8A	Near Infrared narrow (NIRn)	855-955	20
B9	Water vapour	935-955	60
B10	Shortwave infrared / Cirrus	1360-1390	60
B11	Shortwave infrared 1(SWIR)	1565-1655	20
B12	Shortwave infrared 2(SWIR)	2100-2280	20

Os índices de vegetação de bandas largas (*Broadband Vegetation Indices*) geram combinações algébricas de reflectâncias de duas ou mais bandas. As combinações algébricas pretendem minimizar os efeitos de influências externas, tais como as mudanças da irradiância solar devido aos efeitos atmosféricos ou, ainda, as mudanças devido às propriedades ópticas dos solos de fundo, quando se considera a resposta espectral dos dosséis vegetais. Seus valores indicam o estado e abundância de cobertura de vegetação verde e biomassa.

Neste estudo foi utilizado o índice de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Sua equação que o define segue logo abaixo:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Posteriormente a aquisição da imagem orbital para data escolhida, realizou-se a operação algébrica entre as bandas para obtenção do índice de vegetação NDVI.

Para extração dos valores dos mapas, utilizou-se a mesma grade amostral dos pontos de coleta de solo (29 pontos). Com os pontos sobre cada um dos pixels das imagens, utilizou-se o complemento “Point Sampling tool”, o qual coletou-se os valores da célula raster do NDVI e dos mapas dos atributos do solo para cada um dos pontos da grade amostral. Com isso, foi gerado uma nova camada shapefile no formato de pontos onde atribuiu-se os valores dos mapas de solo e seu correspondente valor de NDVI para cada ponto individual, com sentido de averiguar a correlação dos atributos químicos do solo com a imagem do índice de vegetação (NDVI).

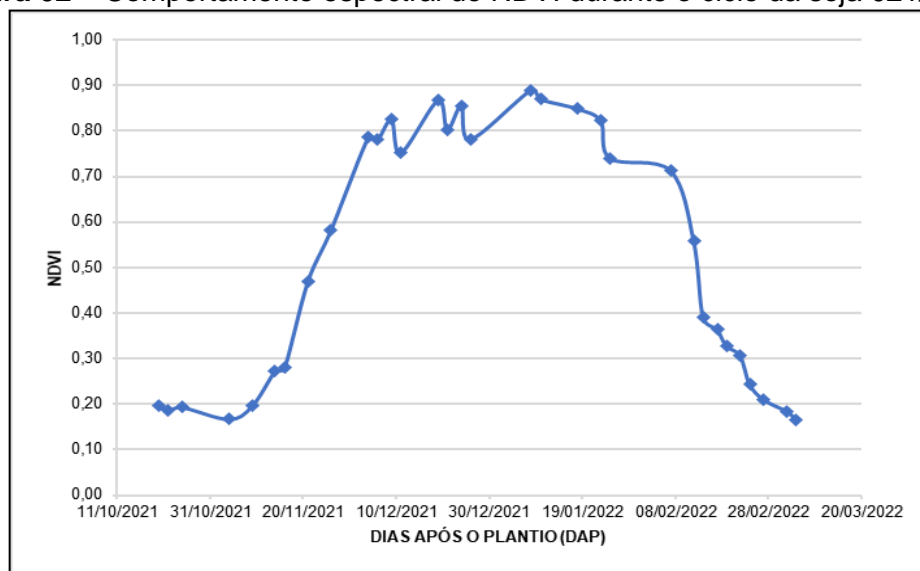
A partir dos resultados das análises dos atributos químicos do solo e do índice de vegetação NDVI foi realizada análise estatística descritiva clássica.

O coeficiente de correlação linear de Pearson (r) foi utilizado com a finalidade de identificar possíveis associações entre os parâmetros pesquisados, segundo Moore (2007) a correlação mede o grau da relação entre duas variáveis quantitativas e a sua direção. Nessa pesquisa a magnitude dos coeficientes foi avaliada segundo Callegari-Jacques (2009) que propõem as seguintes classificações: para resultados na faixa de 0 a 0,30, correlação fraca; para a faixa de 0,3 até 0,6 correlação moderada; resultados para a faixa de 0,60 até 1 correlação forte.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado variações nos valores médios de NDVI durante toda a safra da soja 2021/2022 em que resultou em 32 imagens livres de nuvens e de qualquer outra interferência natural (Figura 02). A data da imagem orbital escolhida para estudo do índice de vegetação teve como base 60 dias após o plantio, onde o valor médio do NDVI resultou em 0,78.

Figura 02 – Comportamento espectral do NDVI durante o ciclo da soja 021/2022.



Possivelmente as altas variações nos valores máximos do NDVI ao longo do ciclo da cultura da soja, se deu, a mudanças fenológicas e ao regime de chuvas na região, o qual se deu em falta em diversas regiões do Estado do Mato Grosso do Sul.

O NDVI máximo durante a estação de cultivo da cultura da soja representa o pico de crescimento da vegetação, que é influenciado pelas precipitações pluviais e

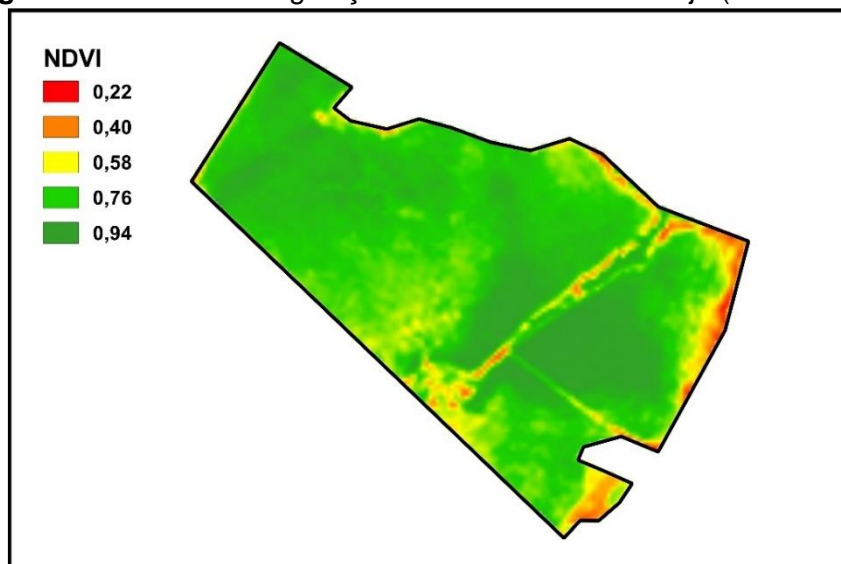
apoio da irrigação às culturas, entre outros (MURTHY et al., 2009). Assim, durante os meses de dezembro (2021) e janeiro (2022) os cultivos da microrregião estão em seu pico de verdor em condições normais, apresentando redução do NDVI em fevereiro associada a senescência natural da cultura.

De acordo com Murthy et al (2009) relataram que a vegetação sob estresse possui uma reflexão mais alta na região vermelho, bem como uma reflexão menor na região do infravermelho próximo do espectro, do que a vegetação saudável. Pode ser observado na Figura 02 que a 11 cultura apresentou diversas variações nos valores de NDVI devido à ausência de chuvas na região.

A alta reflexão das culturas no infravermelho próximo está associada à geometria do dossel e à saúde das culturas, enquanto que a grande absorção na região do vermelho está associada à sua biomassa e fotossíntese acumulada. Ainda assim, há uma tendência de diminuição do valor de NDVI nos períodos em que a vegetação está sob efeito de estresse, devido a fatores internos ou externos as plantas. Portanto, um NDVI maior indica maior cobertura verde, bem como, uma diminuição no NDVI significa perda de crescimento e vigor das plantas com consequência redução na safra de grãos.

A análise dos dados do índice de vegetação para data escolhida está apresentada através do mapa temático (Figura 03). O mapa gerado a partir dos dados raster com resolução espacial de 10 metros proveniente do satélite Sentinel-2, datada no dia 26 de dezembro de 2021, possibilitou verificar regiões de biomassa de altas e baixas, variando entre 0,22 a 0,94 fatiadas em cinco classes.

Figura 03 –Índice de Vegetação NDVI na cultura da soja (26/12/2021).



Vale ressaltar que os locais onde houveram valores baixos de NDVI (em torno de 0,22) tratam-se de efeito de borda, ou seja, divisa do imóvel com outros imóveis e/ou estradas, bem como no córrego que se situa no meio da área de estudo. Houve saturação do índice na faixa dos 0,9 ocasionado por grandes quantidades de biomassa verde.

A partir dos resultados da análise estatística descritiva para os parâmetros relacionados as características químicas do solo (Tabela 2), observa-se uma importante variação entre os valores mínimos e máximos, em especial dos elementos químicos Fósforo, Potássio, Alumínio e Enxofre.

Tabela 2 – Estatística descritiva para os atributos químicos do solo.

Variável ¹	Média	DP ²	CV%	Mínimo	Máximo	Assimetria	Curtose	Teor de nutrientes
pH	5,10	0,18	3,72	4,70	5,50	-0,11	2,54	ACIDEZ
MO	27,43	3,35	12,21	19,85	33,11	-0,23	2,42	BAIXO
P	19,37	13,95	72,03	6,19	54,21	1,44	3,82	ALTO
K mg	317,82	94,77	29,81	91,00	514,00	-0,15	3,08	ALTO
Mg	11,62	1,96	16,93	7,90	15,60	-0,09	2,57	ALTO
H+Al	40,07	7,29	18,20	27,80	57,70	0,52	2,90	MEDIO
K mmol	8,12	2,42	29,85	2,30	13,10	-0,17	3,08	ALTO
Al	0,19	0,45	235,25	0,00	2,10	2,87	11,79	ALTO
S	7,67	4,75	61,87	3,40	27,00	2,70	10,85	MEDIO
SB	60,45	7,69	12,72	41,30	73,40	-0,54	3,09	ALTO
CTC	100,53	6,40	6,37	87,70	110,00	-0,32	2,19	BOM
V%	60,14	6,77	11,25	41,72	70,92	-0,72	3,24	ALTO

¹Valores de CTC, H+AL, P, K, Ca, Mg e SB em mmol/dm³, MO em g/dm³, e pH avaliado em CaCl₂. ²DP =desvio padrão.

Com base na classificação de interpretação química de Souza e Lobato (2004) e dos valores obtidos através da média verificou-se que o Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Capacidade de Troca de Cátions (CTC), Potencial Hidrogeniônico em Cloreto de Cálcio (pH CaCl₂), e Saturação por Bases (V%), estão presentes no solo em teores adequados, enquanto o Fósforo (P) apresentou baixo teor e o Potássio (K) e Matéria Orgânica (MO) houve teores altos (SANTOS et al., 2021).

A relação de Cálcio: Magnésio é igual a 4:1 sendo considerada adequada para a cultura conforme Souza e Lobato (2004). De acordo com Silva (2018) a Acidez Potencial (H+Al) apresentou baixo teor (Tabela 2).

Todos os atributos apresentaram distribuição assimétrica positiva à direita concordando com (ZANÃO JUNIOR et al., 2010), neste caso a moda tem o valor maior

que a média, logo constata-se que há valores que ocorrem com maior frequência no conjunto. Silva et al. (2010) que descrevem que distribuição mesocúrtica se o valor de curtose for igual a zero, distribuição platicúrtica se o valor de curtose for menor que zero e distribuição leptocúrtica caso o valor de curtose for maior que zero. Quanto ao coeficiente de curtose caracteriza a forma da distribuição de frequências quanto a sua dispersão. Todos os atributos químicos apresentaram coeficiente de curtose com distribuição leptocúrtica, pois os valores de curtose são maiores que zero. As variáveis estudadas apresentaram diferentes alcances de dependência espacial (Tabela 3).

Tabela 3 – Parâmetros relacionados a geoestatística dos atributos dos solos.

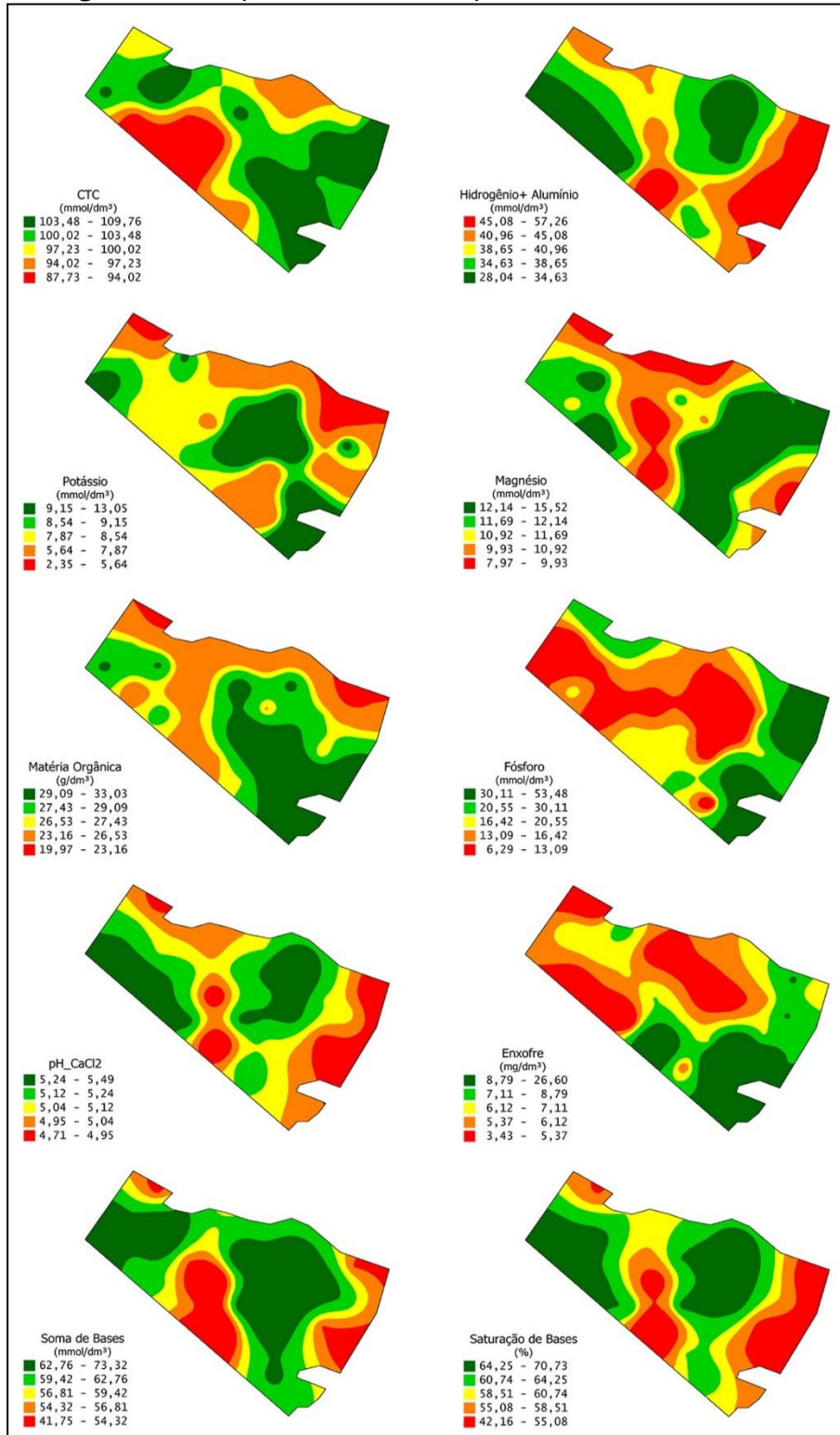
Variável	Modelo	Co ¹	Co+C ²	A ³ (m)	R2 ⁽⁴⁾	RSS ⁵	IDE	VC
pH	Spherical	0,001	0,039	366,79	0,626	0,000	FORT	0,01
MO	Linear	3,829	13,236	563,86	0,996	0,091	MOD	0,32
P	Linear	96,686	206,80	679,47	0,924	271,28	MOD	0,13
KMG	Spherical	178,02	9205,5	371,24	0,517	4055667	FORT	0,02
Ca	Linear	31,495	26,267	529,71	0,117	93,489	IND	0,10
Mg	Linear	1,866	4,288	337,22	0,465	0,820	MOD	0,14
H+AL	Linear	10,831	55,552	371,17	0,965	11,328	FORT	0,30
KMMO	Spherical	0,048	6,021	369,72	0,515	1,753	FRAC	0,02
AL	Linear	0,073	0,068	526,42	0,053	0,000	IND	0,21
S	Linear	2,242	10,860	643,53	0,988	0,249	FORT	0,04
SB	Linear	43,967	65,376	360,52	0,169	329,63	MOD	0,02
CTC	Linear	28,175	47,469	587,13	0,899	10,865	MOD	0,11
V%	Linear	11,486	33,693	337,62	0,395	92,273	MOD	0,33

¹Co=efeito pepita. ²Co+C= patamar. ³A=alcance. ⁴R2= coeficiente de determinação. ⁵RSS= a soma dos quadrados dos erros, ⁶IDE= índice de dependência espacial, VC= Validação Cruzada.

Os elementos Cálcio (Ca) e Alumínio (Al) não apresentaram dependência espacial. O alcance (A) é a máxima distância que as amostras estão associadas espacialmente, isto significa que medições maiores que o alcance se tornam independentes entre si, e por esse motivo tem distribuição espacial aleatória. Sendo considerado um parâmetro que auxilia no estudo dos semivariogramas, contribuindo para que os pontos próximos sejam semelhantes para estimar valores entre eles (MACHADO et al., 2007). Observa-se que o maior alcance foi de 679,47 metros para o atributo Fósforo (P) e o menor alcance encontrado foi para o Magnésio (Mg) com 337,22 metros. O alcance permite diminuir o erro padrão da média e também a quantidade de pontos amostrais a serem coletados na próxima amostragem.

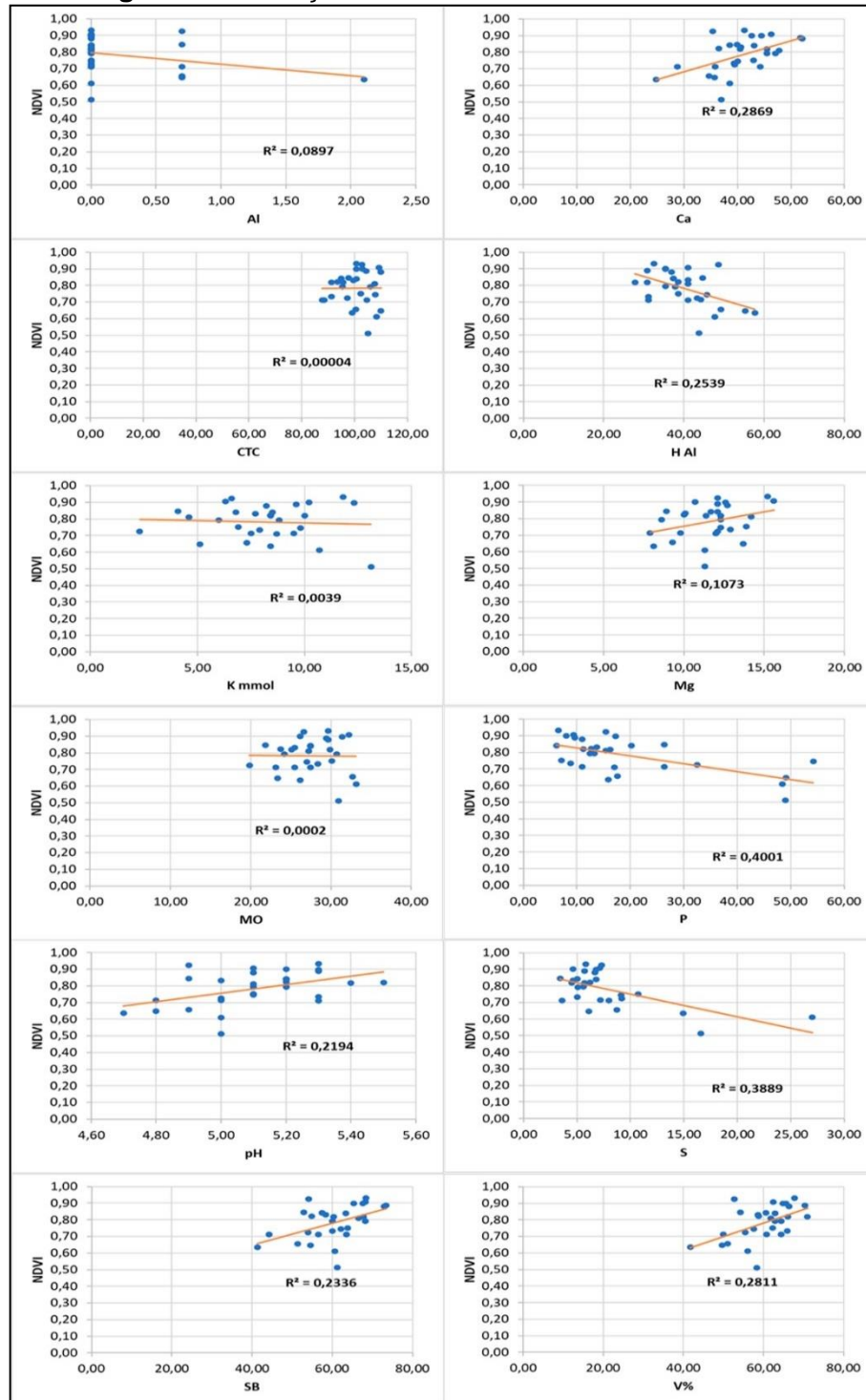
Após a realização geoestatística para a interpolação dos dados dos atributos químicos do solo, são apresentados na Figura 04 os resultados da confecção dos mapas para cada elemento avaliado.

Figura 04 – Mapa dos elementos químicos do solo avaliados.



Os gráficos de dispersão entre as variáveis dos atributos químicos do solo (variáveis independentes) e o índice de vegetação NDVI (variável dependente) estão representados na Figura 05 e foram submetidos ao coeficiente de determinação com ajuste para regressão linear.

Figura 05 – Relação entre o elemento do solo e o NDVI.



Pode-se observar na Figuras 5 que o eixo Y representa os dados dos atributos solo e o eixo X o valor do índice de vegetação NDVI. O resultado de R² apresenta a quantidade de variabilidade nos dados considerado pelo modelo de regressão, e com isso, pode-se analisar a qualidade do modelo de regressão (MONTGOMERY et al., 2003).

A correlação de Pearson (*r*) é determinado através da existência relação entre duas variáveis quantitativas. Quando o coeficiente de correlação apresentar valores negativos uma variável irá aumentar e a outra diminuir, quando houver valores positivos as duas variáveis aumentam simultaneamente. Segundo Callegari-Jacques (2003) o coeficiente de correlação pode ser interpretado qualitativamente como é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2- Interpretação do coeficiente de correlação linear.

Intervalo de r	Intensidade de correlação linear
0 < (R) < 0,3	Fraca
0,3 ≤ (R) < 0,6	Moderada
0,6 ≤ (R) < 0,9	Forte
0,9 ≤ (R) < 1,0	Muito Forte

Fonte: Adaptado de Callegari-Jacques (2003).

Pode-se observar os valores do coeficiente de correlação do índice NDVI com valores de cada atributo do solo na Tabela 3.

Tabela 3 – Correlações positivas e negativas de Pearson entre os atributos do solo e o NDVI.

Variável	NDVI	Interpretação
pH	0,47*	Correlação Positiva Moderada
MO	-0,01 ^{NS}	Correlação Negativa Fraca
P	-0,63 ^{NS}	Correlação Negativa Forte
Ca	0,54**	Correlação Positiva Moderada
Mg	0,33 ^{NS}	Correlação Positiva Moderada
H+Al	-0,50**	Correlação Negativa Moderada
K (mmol)	-0,06 ^{NS}	Correlação Negativa Fraca
Al	-0,30 ^{NS}	Correlação Negativa Fraca
S	-0,62 ^{NS}	Correlação Negativa Forte
SB	0,48**	Correlação Positiva Moderada
CTC	0,01 ^{NS}	Correlação Negativa Fraca
V%	0,53**	Correlação Positiva Moderada

* significativo a 0,05; ** significativo a 0,10; ^{NS} não significativo.

Nestes resultados, os valores de Pearson para a correlação entre a variável pH e o índice de vegetação NDVI são menores do que o nível de significância de 0,05, o que indica que os coeficientes de correlação são significativos. São classificadas como Correlação Moderada Segundo Callegari-Jacques (2003).

As correlações entre os elementos Cálcio (Ca), Acidez Potencial (H+Al), Soma de Bases (SB) e V% são maiores que o nível de significância 0,05 e menores que 0,10. Como o valor p é maior do que o nível de significância de 0,05, há evidências inconclusivas sobre a significância da associação entre as variáveis (MOLIM et al., 2015).

As variáveis Matéria Orgânica (MO), Fósforo (P), Magnésio (Mg), Potássio (K), Alumínio (Al), Enxofre (S) e Capacidade de Troca de Cátions (CTC) não apresentaram correlações significativas com NDVI.

CONCLUSÕES

A correlação entre Índice de Vegetação NDVI com o pH correlação positiva, assim como Ca, SB e V% apresentarem correlações positivas e significativas com o NDVI ao nível de 10% de significância.

H+Al e NDVI apresentaram correlações negativas e significativas ao nível de 10% de significância.

O índice de vegetação NDVI e a imagem orbital do Sentinel-2 apresenta boa aplicação para observar a variabilidade espacial de alguns atributos do solo, mostrando-se uma ferramenta para delimitação de áreas homogêneas de manejo.

REFERÊNCIAS

BERNARDI, A. C. C.; NAIME J. M.; RESENDE A. V.; BASSOI L. H.; INAMASU R. Y. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. 1^o edição. Brasília DF. Embrapa Livros técnicos, p.01-600, 2014.

CONAB. **Quadro de suprimentos**. 2014. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>>. Acesso em: 03 abr. 2022.

FILIZOLA, H. F.; GOMES, M. A. F.; SOUZA, M. D. **Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p.01-170, 2006.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação ao Sensoriamento Remoto**. 3 ed. São Paulo: Oficina de Textos, p.01-123, 2011.

IBGE. Pesquisas: **Censo Agropecuário**. 2014. Disponível em:<<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=CA&z=t&o=11>>. Acesso em: 03 abr. 2022.

JOHNSEN, G. A.; MORTENSEN, D. A.; GOTWAY, C. A. Spatial and temporal analysis of weed seedling populations using geostatistics. **Weed Science**, v.44 p.704-710, 1996.

MACHADO, L. O.; LANA, A. M. Q.; LANA, R. M. Q. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob plantio convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.3, p.591-599. 2007.

MCBRATNEY, A. B.; PRINGLE, M. J. Estimating average and proportional variograms of soil properties and their potential use in precision agriculture. **Precision Agriculture**, p.219-236, 1999.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. **Agricultura de precisão**. 1 ed. São Paulo SP: Oficina de Textos, p.01-224, 2015.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A. 2ª Ed. J. Wiley. **Introduction to Linear Regression Analysis**. Nova York, 1992. 872 p. 2v.

MURTHY, C. S.; SESA SAI, M. V. R.; CHANDRASEKAR, K.; ROY, P. S. Spatial and temporal responses of different crop-growing environments to agricultural drought: a study in Haryana state, India using NOAA AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, [s.l.], v. 30, n. 11, p.2897-2914, 2009. <https://doi.org/10.1080/01431160802558626>. Acesso em: 03 abr. 2022.


NAKA, J. T. **Correlação do índice de vegetação por diferença normalizada com parâmetros químicos do solo para aplicações em agricultura de precisão**. 2019. 61f. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Calagem e adubação para culturas anuais e perenes**. In: SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. (Eds.). Cerrado: correção do solo e adubação. 2.ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, p.01-315, 2004. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/555355>>. Acesso em: 28 abr. 2021.

TRANGMAR, B. B.; YOST, R.S.; WADE, M. K.; UEHARA, G. **Applications of geostatistics to spatial studies of soil properties**. ADVANCES IN AGRONOMY, V.38, P.45-94, 1985.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. (ed.) **Tópicos em ciências do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.1-54.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R. M. Q.; CARVALHOZANÃO, M. P. et al.
Variabilidade espacial de atributos químicos em diferentes profundidades em um
Latossolo em sistema de plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.3, p. 429-
438. 2010.



Capítulo 11
EFFECTS OF SALT STRESS ON BASIL
(*Ocimum basilicum* L.)
João Henrique Barbosa da Silva
Thiago Jardelino Dias
Daniele Batista Araújo
Mariana de Melo Silva
Bianca Marina Costa Nascimento
Vitor Araújo Targino
Géisa Emanuelle Silva Farias
Belchior Oliveira Trigueiro da Silva
Sidney Saymon Cândido Barreto
Jonathan Bernardo Barboza
Júlio César Guimarães Alves

EFFECTS OF SALT STRESS ON BASIL (*Ocimum basilicum* L.)

João Henrique Barbosa da Silva

Universidade Federal da Paraíba

Autor correspondente: henrique485560@gmail.com

Thiago Jardelino Dias

Universidade Federal da Paraíba

Daniele Batista Araújo

Universidade Federal da Paraíba

Mariana de Melo Silva

Universidade Federal da Paraíba

Bianca Marina Costa Nascimento

Universidade Federal da Paraíba

Vitor Araújo Targino

Universidade Federal da Paraíba

Géisa Emanuelle Silva Farias

Universidade Federal da Paraíba

Belchior Oliveira Trigueiro da Silva

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Sidney Saymon Cândido Barreto

Universidade Federal da Paraíba

Jonathan Bernardo Barboza

Universidade Federal da Paraíba

Júlio César Guimarães Alves

Universidade Federal da Paraíba

RESUMO

O manjericão é uma espécie com alto potencial de exploração. No entanto, sua produção em regiões semiáridas é comprometida pela presença de sais contidos no solo e na água utilizada para irrigação. Assim, o objetivo desta revisão foi mostrar as recentes descobertas a respeito dos efeitos da salinidade na cultura do manjericão, de modo a aprofundar os conhecimentos a partir da análise de levantamento bibliográfico. Para tal, foi utilizado um banco de dados de sites e consultas por meio das bibliotecas digitais: Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Periódico CAPES, Web of Sciences e SCOPUS, no período dos últimos 5 anos. Para selecionar os artigos, foram utilizados os seguintes descritores: *Ocimum basilicum* L., Salinidade, Hortaliça, Manjericão e Estresse salino. Por se tratar de uma revisão de literatura narrativa, em que a escolha dos estudos para compor a fundamentação teórica da pesquisa não requer o esgotamento de uma fonte de dados, não foi definido um fluxograma referente a cada etapa de seleção das pesquisas, considerando a amplitude utilizada. Após a seleção dos artigos, os dados indicam que a salinidade está entre os fatores ambientais que mais limitam o crescimento e desenvolvimento das plantas de manjericão, além de causar danos aos processos fotossintéticos, composição mineral e absorção de nutrientes essenciais.

Palavras-chave: estresse abiótico, hortaliça, *Ocimum basilicum* L.

ABSTRACT

Basil is a species with high potential for exploitation. However, its production in semi-arid regions is compromised by the presence of salts contained in the soil and in the water used for irrigation. Thus, the objective of this review was to show the recent discoveries regarding the effects of salinity in the basil crop, in order to deepen the knowledge from the analysis of the bibliographical survey. For this, a database of websites and queries through digital libraries was used: Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Periódico CAPES, Web of Sciences and SCOPUS, in the last 5 years. To select the articles, the following descriptors were used: *Ocimum basilicum* L., Salinity, Vegetables, Basil and Salt stress. Because it is a narrative literature review, in which the choice of studies to compose the theoretical foundation of the research does not require the exhaustion of a data source, a flowchart referring to each research selection stage was not defined, considering the amplitude used. After selecting the articles, the data indicate that salinity is among the environmental factors that most limit the growth and development of basil plants, in addition to causing damage to photosynthetic processes, mineral composition and absorption of essential nutrients.

Keywords: abiotic stress, vegetable, *Ocimum basilicum* L.

INTRODUCTION

Salinization is a problem that affects many irrigated areas, mainly due to the use of water with restricted use, which has high levels of salts (SILVA & DIAS, 2020). It has been reported that the equivalent of 5 billion hectares of salinized soil exists on the entire planet, and in the case of Brazil, 25% of its area used for agricultural crops is affected by this obstacle (PEDROTTI et al., 2015). Thus, agricultural crops that suffer from saline stress tend to lead to reduced growth and yield, affecting plant photosynthesis as well as mineral composition and nutrient absorption, also causing imbalance or ionic toxicity due to the exorbitant presence of Na⁺ (MISBAH et al., 2022).

High salinity levels affect 7% of the total land areas on the planet, where damage generates economic loss of approximately US\$ 27.2 billion per year (YANG & SUN, 2020), in addition to causing damage in about 30% of areas arable globally by mid-2050 (HASNAIN et al., 2022). In this sense, salt stress affects plants in different ways, activating their physiological and biochemical mechanisms that modify their morphology, anatomy, water relations, protein synthesis, primary and secondary metabolism, as well as the response of antioxidant metabolism (EL SABAGH et al., 2020).

Several studies have been developed regarding the effect of salinity on basil cultivation (NOBREGA et al., 2022). *Ocimum basilicum* L., popularly known as basil, is an economically important species with high aromatic and medicinal potential, used abundantly in essential oil extraction and cosmetic and pharmaceutical industries (SILVA et al., 2019). However, in the presence of salt stress, this crop ends up limiting its productive potential.

Therefore, the objective of this work is to show the recent discoveries regarding the effects of salinity in the basil culture (*Ocimum basilicum* L.), deepening the knowledge from the analysis of these structures through a bibliographic survey.

METHODOLOGY

Type of search

The study refers to a research with a qualitative approach, carried out through a descriptive analysis, with the indirect documentation technique, being characterized as a narrative literature review. The qualitative approach is the one in which quality

criteria are attributed in the choice of works and bibliographic sources, without the need to present data, numbers and/or statistics, only in a descriptive way (GIL, 2008).

Descriptive research is characterized by seeking a description, analysis and verification of facts and phenomena, through a detailed investigation aimed at identifying the causes and consequences of the topic addressed (PRODANOV & FREITAS, 2013).

As for the technical procedures employed, it is of the indirect documentation type, making use of documentary research, specifically for data collection and bibliographical research. Prodanov and Freitas (2013) describe that bibliographical research also has a documental aspect since technical and scientific documents are used in the research.

Thus, it is a literature review of the narrative type, in which, according to Cordeiro et al. (2007), refers to a research method where other studies and research on the same subject are sought, without the need to use explicit and systematic criteria for the search and critical analysis, without the need to exhaust a given source of data, carrying out, therefore, a wide research where the data are selected according to the author's opinion.

Technical procedures

A database of sites and queries was used through digital libraries: Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Periodical CAPES, Web of Sciences and SCOPUS, in the period of the last 5 years or more that are relevant to the study concerned, without language restriction or exclusion criteria, with information present in a database available on the internet and in books, thus being able to be found in the original source in the research.

To select the articles, the following descriptors were used: "*Ocimum basilicum* L.", "Salinity", "Vegetables", "Basil", "Salt stress" among others. Because it is a narrative literature review, in which the choice of studies to compose the theoretical foundation of the research does not require the exhaustion of a data source, there was no defined flowchart referring to each stage of research selection, considering the amplitude used.

Thus, with the selection of data, it became possible to describe the effects of salinity on basil. The information collected was through consultation in publications of reference authors in the study area with subsequent critical reading on the subject.

RESULTS AND DISCUSSION

The culture of basil

Basil (*Ocimum basilicum* L.) is a plant considered annual or perennial, originating in Southeast Asia and Central Africa (SRIVASTAVA et al., 2018), with emergence in Brazil through immigrants from Italy. There are reports of the existence of about 150 species of *Ocimum* on the planet, and among these, 60 species are inserted in Brazil (ZAGOTO et al., 2022). It is a plant that presents great diversity, given the size of the plant constituents, color of the leaves, chemical composition and yield of the oil that has a high concentration of linalool (VARGA et al., 2017).

It has a height that varies between 0.30 and 1.00 m, with the presence of a woody or sub-woody stem, with a variation in the colors of the flowers depending on the genotype used, with an average length of 1.0 cm and the presence of 6 to 100 flowers in the inflorescence with orange pollen, not tolerating low temperatures and frost, with an ideal temperature of 15 to 25°C (FLORA OF BRAZIL, 2020).

Is an oleaginous plant of high importance, used for nutraceutical purposes and in cooking, belonging to the *Lamiaceae* family, and occurring in tropical and subtropical regions (ALDARKAZALI et al., 2019), also presenting an essential oil used in dental products and perfumery (ABSAR, 2016). The most significant varieties of basil stand out in sweet, purple, lemon, cinnamon and aniseed basil (SHAHRAJABIAN et al., 2020).

Basil has repellent properties, acting against pathogens, with nematicidal, antimicrobial, fungistatic and insecticidal effects (KNAUS et al., 2020). It is therefore considered an essential ingredient in almost all countries and cultures, and can be grown with or without the presence of soil as a substrate (REHMAN et al., 2016). As a result, its cultivation has been increasing globally, with a worldwide increase in the volume of essential oil in recent decades that reaches over 100 tons, consequently increasing its market value (JAKOVLJEVIĆ et al., 2022), also presenting antiseptic activities, analgesic, anti-ulcer, antioxidant, as well as anti-inflammatory and antituberculous properties that increase the richness of this plant.

In order to seek a high yield and quality of basil oil, it is necessary to observe important factors during cultivation and harvest, since when these factors are added, the genetic load of the vegetable can influence the composition of the essential oil (VELOSO et al., 2014). Several scientific works prove that the variation between the substances found in basil oil varies according to the genotype used for cultivation (REZAEI et al., 2021). Due to these varied possibilities of using this crop, industries have become interested in basil, in order to develop valuable products (ZAGOTO et al., 2022). However, some obstacles hamper the possibility of a good development of the basil plant, as is the case with salinity, which affects its development when exposed to saline stress.

Salinity: effects on soil and plant

Soil is an indispensable resource as it provides a means of feeding the high and continuing global population, which could reach more than 9.8 billion by the year 2050 (UNITED NATIONS, 2020). However, the excess of salts present in its structure makes it saline, harming agricultural crops, environmental health and financial well-being (DIAZ et al., 2021). The accumulation of salts in the soil and consequently in the root zone of plants has negative consequences, such as loss of fertility and changes in their physical, chemical and biological properties (FU et al., 2020).

Soil salinization encompasses saline soils, in which they present EC values (from the saturated mass extract) >4 dS/m, ESP <15 and pH <8.5 , alkaline soils, which present corresponding values <4 dS/m (CE), >15 (ESP) and >8.5 (pH), and finally, saline-alkaline soils (SEIFI et al., 2020). High levels of salinization result in a decrease in available resources in the soil, which can become a serious problem in the long term (BREVIK et al., 2015).

Salinity is caused by two main aspects, one being by man (secondary salinization), in which the use of water with quality restriction for irrigation purposes in agricultural crops in times of drought becomes the main attribute that causes the salinity of the soil, combined with the lack of good drainage (PENA et al., 2020), and there are natural ones (primary salinization), in which physical or chemical weathering of minerals and seawater intrusion become the main factors that cause such an effect on the soil (RAMOS et al., 2020).

Across the globe, saline soil tends to cause annual agricultural losses of up to U\$ 27,3 billion, as it hinders seed germination and directly influences agricultural yield and soil and water quality, especially in arid and semi-arid regions, causing land degradation (SHAHID et al., 2018). In addition, high concentrations of salts modify plant development due to the effect of osmotic stress, which limit root growth (GORJI et al., 2017).

Based on the data expressed, it is noted that plants tend to face abundant abiotic stress conditions in their development, in which saline stress appears as a means of delaying this progress and even causing their death (SAFDAR et al., 2019). The excess of salts in the root system induces saline stress in plants, which consequently leads to stomatal closure and reduced gas exchange, reduced water absorption, leaf expansion and leads the plant tissue to the ionic effect, impairing photosynthesis, biosynthesis, growth and productive yield of the plant (SILVA et al., 2018).

The initial symptoms associated with salt stress in plants begin with the roots due to osmotic stress and accumulation of phytotoxic ions, inducing, over time, ionic toxicity due to the lack of nutrients in the cytosol (HERNÁNDEZ et al., 2019). Thus, these salinity responses help contribute to harmful effects on plants, despite the existence of plants that are resistant to high salt concentrations and tend to survive in places with high saline concentrations (HERNÁNDEZ et al., 2019).

Furthermore, the plant tends to enter into a transpiration flow and subsequently damage the cells present in the leaves that transpire, which reduces their growth more quickly (PARIHAR et al., 2015). Thus, such mentioned effects originate a two-phase growth response to salinity, attributed by Munns (2005) (Figure 1).

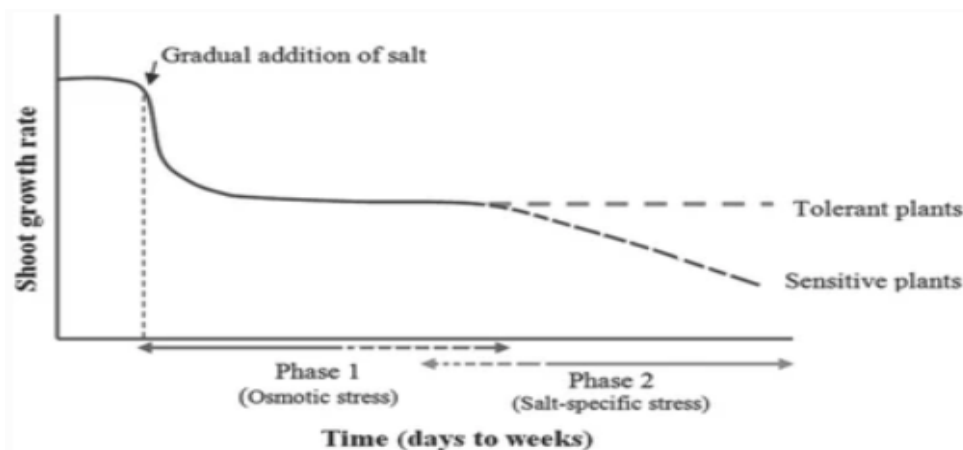


Figure 1. Overview of the two-phase growth response to salinity for plant differing in salt sensitivity. Source: MUNNS, (2005).

The first phase results in the effect of salt outside the plant, that is, still present in the soil, salt decreases leaf growth and, to a lesser extent, root growth (MUNNS, 2005). In addition, Na⁺ and Cl⁻ do not accumulate in developing tissues in concentrations that hinder plant growth (HERNÁNDEZ et al., 2019).

In turn, in the second phase, it is possible to observe the toxic effect of salt inside the plant, being absorbed and concentrated in the old leaves through continuous transport, resulting in plant transpiration and causing high concentrations of Na⁺ and Cl⁻, generating the death of leaves (HERNÁNDEZ et al., 2019).

Salt stress in basil

Like most cultivated plants, basil is sensitive to different abiotic stresses, especially salinity, which, when affected by saline stress, affects several important functions in the plant, altering its morphology and physiology, including the growth rate, relative and transpiration rate, water relations and water use efficiency, as well as nutrient absorption, stomatal conductivity, photosynthesis and senescence (CALISKAN et al., 2017).

Some of the latest advances in the subject address aspects related to the use of attenuating agents as a way of mitigating saline stress in basil, since, when in contact with this phenomenon, the plant presents disturbances in its entire structure, considerably reducing the essential processes of the plant (MASOUDNIARAGH et al., 2021).

However, as the genus *Ocimum* has more than 30 different species, there is a lack of information regarding the action of salts on the development of species, in view of the different intrinsic mechanisms that confer tolerance to salt stress (BARBIERI, 2012).

Trevizan et al. (2020), when investigating the germination and initial growth of basil seedlings subjected to saline stress, found that after stress induction in plants, there was a high rate of damage to seed germination and initial growth of seedlings, with inhibition at 100% in the presence of the lowest osmotic potential used in the study (-1.2 Mpa).

Although it is clear that salt stress impairs basil production, there is little knowledge related to how salinity intervenes in the polyphenolic composition of leaves as well as influences specific polyphenolics (BEKHRADI et al., 2015).

It is noted that more specific studies are needed in this area. In this sense, it is essential to understand how basil responds to different levels of soil salinity, as well as to develop mechanisms to mitigate the harmful effects of salt stress.

Future perspectives

It is understood that further research regarding salt stress in basil should be taken into account. However, in recent years, the number of researches that address the effects of saline stress on basil has increased considerably, in order to search for genes that can be used in the search for resistant genotypes. Thus, obtaining species resistant to saline stress is one of the objectives of breeders in order to obtain a salt-tolerant plant.

FINAL CONSIDERATIONS

Salinity is one of the main factors that limits the geographic distribution of plants and negatively affects the productive yield and quality of basil.

REFERENCES

- ABSAR, N. et al. Optimization of Seed Rate and Seedling Establishment Technique for Raising the Nursery of French Basil (*Ocimum Basilicum* L.). **Industrial Crops and Products**, v. 85, p. 190-197, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.03.011>
- ALDARKAZALI, M. et al. The growth and development of sweet basil (*Ocimum basilicum*) and bush basil (*Ocimum minimum*) grown under three light regimes in a controlled environment. **Agronomy**, v. 9, n. 11, p. 743, 2019. <https://doi.org/10.3390/agronomy9110743>
- BARBIERI, G. et al. Stomatal density and metabolic determinants mediate salt stress adaptation and water use efficiency in basil (*Ocimum basilicum* L.). **Journal of Plant Physiology**, v. 169, n. 17, p. 1737-1746, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2012.07.001>
- BREVIK, E. et al. The Interdisciplinary. **Nature of Soil**, v. 1, p. 117–129, 2015. <https://doi.org/10.5194/soil-1-117-2015>
- CALISKAN, O. et al. Effect of salt stress and irrigation water on growth and development of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). **Open Agriculture**, v. 2, n. 1, p. 589-594, 2017. <https://doi.org/10.1515/opag-2017-0062>

CORDEIRO, A. M. et al. Revisão sistemática: uma revisão narrativa. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões**, v. 34, n. 6, p. 428-431, 2007.
<https://doi.org/10.1590/S0100-69912007000600012>

DÍAZ, F. J. et al. Effects of irrigation management on arid soils enzyme activities. **Journal of Arid Environments**, v. 185, p. 104330, 2021.
<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104330>

EL SABAGH, A. et al. Consequences of salinity stress on the quality of crops and its mitigation strategies for sustainable crop production: an outlook of arid and semi-arid regions. In: Environment, climate, plant and vegetation growth. **Springer**, p. 503-533, 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-49732-3_20

FLORA OF BRAZIL. **2020 em construção**. Rio de Janeiro Botanical Garden. Available from: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Accessed: dez, 23, 2022.

FU, Z. et al. Composition, seasonal variation, and salinization characteristics of soil salinity in the Chenier Island of the Yellow River Delta. **Global Ecology and Conservation**, v. 24, e01318, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01318>

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GORJI, T. et al. Monitoring soil salinity via remote sensing technology under data scarce conditions: A case study from Turkey. **Ecological indicators**, v. 74, p. 384-391, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.11.043>

HASNAIN, M. et al. Assessing the potential of nutrient deficiency for enhancement of biodiesel production in algal resources. **Biofuels**, p. 1-34, 2022.
<https://doi.org/10.1080/17597269.2022.2106640>

HERNÁNDEZ, J. A. Salinity tolerance in plants: trends and perspectives. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, n. 10, p. 2408, 2019.
<https://doi.org/10.3390/ijms20102408>

JAKOVLJEVIĆ, D. et al. Basil (*Ocimum* L.) cell and organ culture for the secondary metabolites production: a review. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, p. 1-19, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11240-022-02286-5>

KNAUS, U. et al. Basil (*Ocimum basilicum*) cultivation in decoupled aquaponics with three hydro-components (grow pipes, raft, gravel) and African catfish (*Clarias gariepinus*) production in Northern Germany. **Sustainability**, v. 12, n. 20, p. 8745, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12208745>

MASOUDNIARAGH, A. et al. Usando nanotubos de haloisita como carreadores de prolina para aliviar os efeitos do estresse salino em manjeriço (*Ocimum basilicum* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 285, p. 110202, 2021.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110202>

MISBAH, N. A. Z. et al. Influences Induced by Salinity Stress on Germination, Growth and Proline Contents of Maize (*Zea mays* L.). **Journal of Agriculture, Food, Environment and Animal Sciences**, v. 3, n. 1, p. 15-26, 2022.

MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New phytologist**, v. 167, n. 3, p. 645-663, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01487.x>

NÓBREGA, J. S. et al. Fitomassa e crescimento de manjeriçãõ roxo irrigado com água salina sob adubação foliar nitrogenada. **Nativa**, v. 10, n. 2, p. 177-182, 2022. <https://doi.org/10.31413/nativa.v10i2.13310>

PARIHAR, P. et al. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 6, p. 4056-4075, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3739-1>

PEDROTTI A. et al. Causes and consequences of the process of soil salinization. **Revista Eletronica em Gestao Educacao e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, 2015. <https://doi.org/10.5902/2236117016544>

PENA, A. et al. A review of the impact of wastewater on the fate of pesticides in soils: Effect of some soil and solution properties. **Science of the Total Environment**, v. 718, p. 134468, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134468>

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico**. 2.ed. Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2013.

RAMOS, T. B. et al. Soil salinity assessment using vegetation indices derived from Sentinel-2 multispectral data. application to Lezíria Grande, Portugal. **Agricultural Water Management**, v. 241, p. 106387, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106387>

REHMAN, Rafia et al. Biosynthetic factories of essential oils: the aromatic plants. **Natural Products Chemistry & Research**, v. 4, n. 4, p. 1-11, 2016. <http://dx.doi.org/10.4172/2329-6836.1000227>

REZAEI, C. et al. Vermicompost Application in Different Intercropping Patterns Improves the Mineral Nutrient Uptake and Essential Oil Compositions of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.). **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v.21, p. 450–466, 2021. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00373-0>

SAFDAR, H. et al. A review: Impact of salinity on plant growth. **Nature and Science**, v. 17, n. 1, p. 34-40, 2019. <https://doi.org/10.7537/marsnsj170119.06>

SEIFI, M. et al. Remote and Vis-NIR spectra sensing potential for soil salinization estimation in the eastern coast of Urmia hyper saline lake, Iran. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 20, p. 100398, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100398>

SHAHID, S. A. et al. Soil salinity: Historical perspectives and a world overview of the problem. In: Guideline for salinity assessment, mitigation and adaptation using

nuclear and related techniques. **Springer**, p. 43-53, 2018.

https://doi.org/10.1007/978-3-319-96190-3_2

SHAHRAJABIAN, M. H. et al. Chemical components and pharmacological benefits of Basil (*Ocimum basilicum*): A review. **International Journal of Food Properties**, v. 23, n. 1, p. 1961-1970, 2020. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1828456>

SILVA, A. F. et al. Antioxidant protection of photosynthesis in two cashew progenies under salt stress. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, p. 388-404, 2018. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n10p388>

SILVA, T. I. et al. Echophysiological aspects of *Ocimum basilicum* under saline stress and salicylic acid. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 2, e5633, 2019. <http://doi.org/10.5039/agraria.v14i2a5633>

SRIVASTAVA, A. et al. Genetic and chemotypic variability in basil (*Ocimum basilicum* L.) germplasm towards future exploitation. **Industrial Crops and Products**, v. 112, p. 815-820, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.01.009>

TREVIZAN, C. B. et al. Germinação e crescimento inicial de plântulas de manjeriço submetidas ao estresse salino. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 72040-72052, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-594>

UNITED NATIONS. World population prospects 2019: **revision population**. 2020, Available from: <https://population.un.org/wpp/>. Acess: dez, 24, 2022.

VARGA, F. et al. Morphological and biochemical intraspecific characterization of *Ocimum basilicum* L. **Industrial Crops and products**, v. 109, p. 611-618, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.09.018>

VELOSO, R. A. et al. Teor e composição do óleo essencial de quatro acessos e duas cultivares de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 2, p. 364-371, 2014. https://doi.org/10.1590/1983-084X/12_180

YANG, C. et al. Soil salinity drives the distribution patterns and ecological functions of Fungi in Saline-Alkali land in the Yellow River Delta, China. **Frontiers in microbiology**, v. 11, p. 594284, 2020. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.594284>

ZAGOTO, M. et al. Desempenho da germinação de sementes de seis diferentes variedades de manjeriço (*Ocimum basilicum* spp.). **Research, Society and Development**, v. 11, n. 16, p. e590111638517-e590111638517, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i16.38517>



AUTORES

Adiel Felipe da Silva Cruz

Universidade Federal da Paraíba.

Alexandre Pereira de Bakker

Pesquisador Titular III da carreira de Ciência e Tecnologia do Instituto Nacional do Semiárido, Engenheiro Florestal e Doutor em Solos.

Aline Baptista Borelli

Engenheira Agrônoma - UFMS; Doutora em Produção Vegetal - UFGD; Professor UNIGRAN.

Antonio Luiz Viegas

Engenheiro Agrônomo - UFMS; Doutor em Produção Vegetal - UFGD; Professor IFMS.

Antônio Pereira dos Anjos Neto

Universidade Federal da Paraíba.

Augusto Henrique Buss

Instituto de Educação e Inovação – IEDI.

Belchior Oliveira Trigueiro da Silva

Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Bianca Marina Costa Nascimento

Universidade Federal da Paraíba.

Bruno de Souza Oliveira

Universidade Federal da Paraíba.

Cacia Leila Tigre Pereira Viana

Engenheira Agrônoma - UFES, Doutorado em Produção Vegetal - UFGD, Professora UNIGRAN.

Caio Marsura de Melo

Engenheiro Agrônomo, UNIGRAN.

Calvino Zaqueu Areias Felix Pinto

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco – UFAPE.

Carlos Renato Silva dos Santos

Economista pela Universidade Federal da Bahia, com pós-graduação pela FGV, profissional há mais de trinta anos no sistema financeiro e sistema cooperativista.

Cícera Fabrícia Alves da Costa

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco – UFAPE.

Cleice Kelly dos Santos Nascimento

Universidade Federal da Paraíba – UFPB.

Daniele Batista Araújo

Universidade Federal da Paraíba.

Dayane Gomes da Silva

Universidade Federal da Paraíba.

Djair Alves da Mata

Universidade Federal da Paraíba – UFPB.

Domingos Francisco Correia Neto

Universidade Federal da Paraíba – UFPB.

Estefane de Sousa Borges

Universidade Estadual do Maranhão – UEMA.

Fabio Mielezrski

Universidade Federal da Paraíba – UFPB.

Francisco Pereira Neto

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco.

Francisco Ricardo Duarte

Docente do Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial – PPGADT/UNINVASF, Administrador.

Géisa Emanuelle Silva Farias

Universidade Federal da Paraíba.

Harison Michel Correia de Sousa

Instituto de Educação e Inovação – IEDi.

Jackeline Matos do Nascimento

Engenheira Agrônoma - UFMS; Doutora em Produção Vegetal - UFGD; Professora UNIGRAN.

Jhony Vendruscolo

Professor da Universidade Federal de Rondônia, Agrônomo e Doutor em ciência do solo.

João Batista Medeiros Silva

Universidade Federal da Paraíba.

João Henrique Barbosa da Silva

Universidade Federal da Paraíba – UFPB.

Jonathan Bernardo Barboza

Universidade Federal da Paraíba.

Júlio César Guimarães Alves

Universidade Federal da Paraíba.

Júlio Sérgio Leite da Silva

Universidade Federal da Paraíba – UFPB.

Kalline de Almeida Alves Carneiro

Pesquisadora PCI do Instituto Nacional do Semiárido, Química e Doutora em ciência do solo.

Larissa Albuquerque BritoLetícia Moro

Universidade Federal de Campina Grande.

Leonardo Breckenfeld de Lima

Instituto de Educação e Inovação – IEDi.

Letícia Moro

Pesquisadora PCI do Instituto Nacional do Semiárido, Engenheira Florestal e Doutora em ciência do solo.

Luan Assola

Engenheiro Agrônomo, UNIGRAN.

Luana dos Santos Carneiro

Universidade Federal da Paraíba.

Lúcia Marisy Souza Ribeiro de Oliveira

Docente aposentada. Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial – PPGADT/UNINVASF, Pedagogia.

Lucimere Maria da Silva Xavier

Universidade Federal da Paraíba.

Luís Miguel Valente Gonçalves

Professor Universitário e Pesquisador pela Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Lisboa – ISCAL, com doutorado pela Universidade de Extremadura-Espanha.

Lylían Souto Ribeiro

Universidade Federal da Paraíba.

Mailson Vieira de Jesus

Engenheiro Agrônomo - UFGD, Doutorado em Produção Vegetal - UFGD, Professor UNIGRAN.

Marcelino José da Silva

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco – UFAPE.

Mariana de Melo Silva

Universidade Federal da Paraíba.

Marlene Pereira do Nascimento

Universidade Federal da Paraíba.

Mateus Luiz Secretti

Engenheiro Agrônomo - UFMS; Doutor em Produção Vegetal - UFGD; Professor UNIGRAN.

Matheus Liné

Engenheiro Agrônomo – UNIGRAN.

Philip Moab Duarte de Amorim

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco – UFAPE.

Raimundo Nonato de Araújo Neto

Técnico de laboratório-PCI, Graduado em Ciências sociais.

Renato Marques Alves

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial – PPGADT/UNINVASF, Bibliotecário, Bibliotecário.

Ricardo Argenton Ramos

Docente do Programa de Pós-Graduação Ciências da Saúde e Biológicas (PPGCSB-UNIVASF), Ciência da Computação.

Rodrigo Santana Macedo

Professor e pesquisador colaborador da Universidade Federal da Paraíba, Graduado em ciências naturais, Doutor em solos e nutrição de plantas.

Saint-Clear Sena e Santos

Universidade Federal da Paraíba.

Salvio Napoleão Soares Arcorverde

Engenheiro Agrícola - UFGD, Doutorado em Produção Vegetal - UFGD, Professor UFGD.

Samuel Alberto Corrêa Paez

Engenheiro Agrônomo - UNIGRAN.

Sebastiana Maely Saraiva

Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência de Tecnologia do Sertão Pernambucano, Agrônoma e Doutora em ciência do solo.

Sidney Saymon Cândido Barreto

Universidade Federal da Paraíba.

Silas da Silva Souza

Universidade Federal da Paraíba – UFPB.

Silvio Lisboa de Souza Júnior

Universidade Federal da Paraíba.

Tais Benitez Ruiz Fernandez

Engenheira Agrônoma - UNIGRAN; mestranda em Agronegócio - UFGD.

Talita Regina Veloso Ribeiro Gomes

Universidade Federal da Paraíba.

Teucle Mannarelli Filho

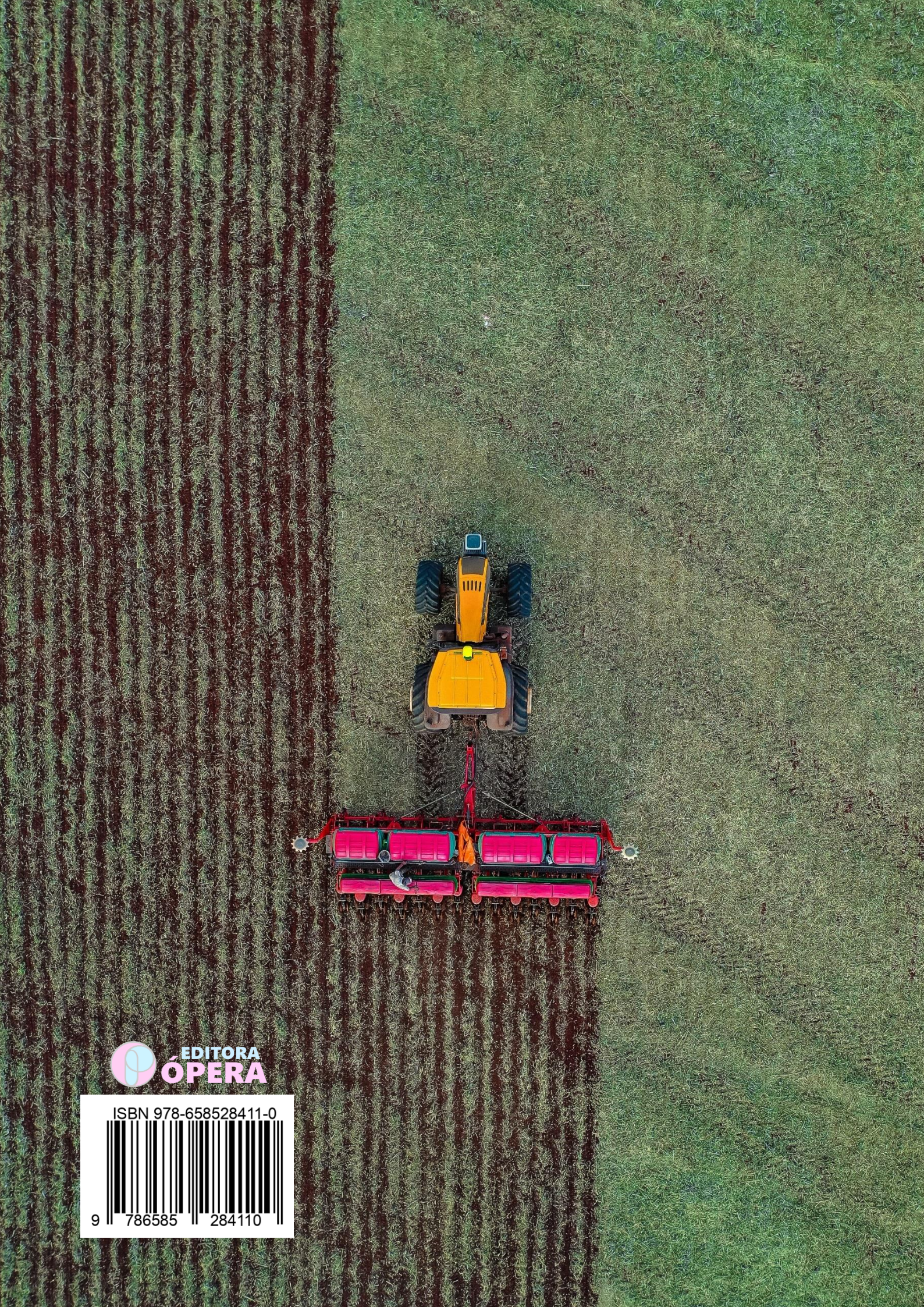
Professor Universitário, Doutorando em Ciências pela Universidade Estadual Paulista – UNESP-Tupã.

Thiago Jardelino Dias

Universidade Federal da Paraíba.

Vitor Araújo Targino

Universidade Federal da Paraíba.



 EDITORA
ÓPERA

ISBN 978-658528411-0



9 786585 284110