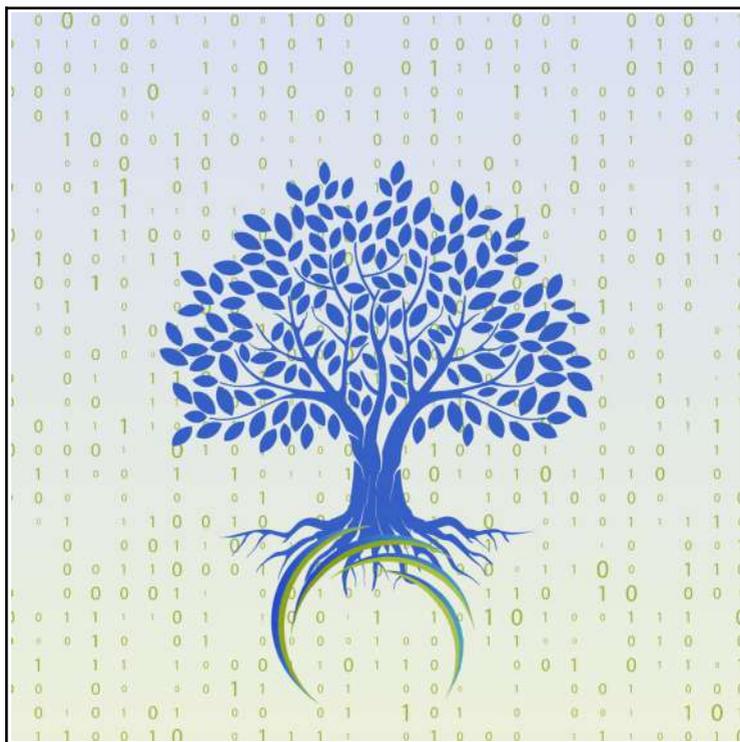


unesp



Volume 9 • Número 2 • Ano 2023

ISSN: 2248-0452





**Revista Eletrônica Competências Digitais para  
Agricultura Familiar  
Volume 9 | Número 2 | Julho – Dezembro, 2023**

**Electronic Journal Digital Skills for  
Family Farming  
Volume 9 | Issue 2 | July – December, 2023**

**Revista Electrónica Competencias Digitales para  
Agricultura Familiar  
Volumen 9 | Número 2 | Julio – Diciembre, 2023**



**Fábio Mosso Moreira  
Fernando de Assis Rodrigues**



**Revista Eletrônica Competências Digitais para  
Agricultura Familiar  
Volume 9 | Número 2 | Julho – Dezembro, 2023**

**Electronic Journal Digital Skills for  
Family Farming  
Volume 9 | Issue 2 | July – December, 2023**

**Revista Electrónica Competencias Digitales para  
Agricultura Familiar  
Volumen 9 | Número 2 | Julio – Diciembre, 2023**

**Tupã – Brasil  
2023**

**Copyright © 2023 GPTAD – Grupo de Pesquisa Tecnologias de  
Acesso a Dados**

**Comissão Editorial | Editorial Board | Equipo Editorial**

Fábio Mosso Moreira – *Editor de Conteúdo | Content Editor*

Fernando de Assis Rodrigues – *Editor*

**Projeto gráfico e editoração | Graphic project &  
publishing | Diseño gráfico y edición**

Fábio Mosso Moreira

Fernando de Assis Rodrigues

**Capa | Cover | Tapa**

Fernando de Assis Rodrigues

**Normalização Bibliográfica | Bibliographic  
Standardization | Normalización Bibliografica**

Amanda Garcia Gomes

**Coordenação Executiva | Executive Coordination |  
Coordinación Ejecutiva**

Ricardo César Gonçalves Sant’Ana

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

R3111 RECoDAF – Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar / Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Engenharia. - Vol.4, no.2 (2023) - Tupã: GPTAD – Grupo de Pesquisa Tecnologia de Acesso a Dados, 2015 – Semestral.

Título da capa: Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar

ISSN 2448-0452

1. Agricultura e tecnologias relacionadas. 3. Ciência da computação, informação e obras gerais. II. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Faculdade de Ciências e Engenharia. Grupo de Pesquisa Tecnologias de Acesso a Dados.

CDD 020

<http://owl.tupa.unesp.br/recodaf>

**Avaliadores *ad hoc* para este número | Evaluators *ad hoc*  
to this issue | Evaluadores *ad hoc* para este número**

---

 Daiane Marcela Piccolo	FATEC – Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo
 Diana Vilas Boas Souto ALEIXO	UFES – Universidade Federal do Espírito Santo
 Elaine Parra AFFONSO	FATEC – Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo
 Fábio Mosso MOREIRA	UNESP – Universidade Estadual Paulista
 Fernando de Assis RODRIGUES	UFPA – Universidade Federal do Pará
 Jacquelin Teresa CAMPEROS- REYES	UNESP – Universidade Estadual Paulista
 María Laura FORADORI	Universidad Nacional de Córdoba – UNC



[http://owl.tupa.unesp.br/recodaf/  
index.php/recodaf/pages/view/expediente](http://owl.tupa.unesp.br/recodaf/index.php/recodaf/pages/view/expediente)

## Sumário

Modelagem fuzzy das características de desenvolvimento de brócolis influenciadas pela aplicação de biofertilizantes

Daniel dos Santos Viais Neto, Renata Nagima Imada, João César Martins de Castro, Daniel Domiciano e Luis Roberto Almeida Gabriel Filho..... 15

O papel estratégico da gestão de custos em agronegócios na visão de produtores brasileiros de grãos

Adilson Caldeira, João Pedro de Arruda Fernandes, Eduardo Rodrigues Tomanini e Carolina Fernanda Freire Magalhães.....48

A abordagem do “solo” como contribuição (e crítica) ao ensino de ciências naturais

Daniel Hanke, Diego Carneiro dos Santos, Shirley Grazieli da Silva Nascimento e Mariana Rockenbach de Ávila.....75

Seleção de propriedades agrícolas para avaliações de sustentabilidade

Ivan dos Santos Pereira, Mariana Rockenbach de Ávila, Clenio Nailto Pillon, Viviane Spiering, Henrique Noguez da Cunha, Gustavo Crizel Gomes, Rosane Martinazzo e Adalberto Koiti Miura..... 101

Mapeamento das tecnologias digitais utilizadas na agricultura familiar em Sentinela do Sul (RS)

Carlos Alberto Frantz dos Santos e Juliane da Silva Carvalho 127

Protocolo de processamento de imagens RGB aéreas para identificação de genótipos potenciais de milho em fase vegetativa

Barbara Nascimento Santos, Nartênia Susane Costa Aragão, Mário Sérgio Rodrigues Barreto, Henrique Rocha Azevedo Santos, Jacilene Francisca Souza Santos, José Jairo Florentino Cordeiro Junior e Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira..... 149

## **Table of Contents**

Fuzzy modeling of development characteristics of broccoli influenced by the application of biofertilizers Daniel dos Santos Viais Neto, Renata Nagima Imada, João Cesar Martins de Castro, Daniel Domiciano e Luis Roberto Almeida Gabriel Filho.....	17
The strategic role of cost management in agriculture businesses from the point of Brazilian grain producers Adilson Caldeira, João Pedro de Arruda Fernandes, Eduardo Rodrigues Tomanini e Carolina Fernanda Freire Magalhães.....	50
The “Soil” approach as a contribution (and criticism) to Education in Natural Sciences Daniel Hanke, Diego Carneiro dos Santos, Shirley Grazieli da Silva Nascimento e Mariana Rockenbach de Ávila.....	77
Selection of family farmers for sustainability evaluation Ivan dos Santos Pereira, Mariana Rockenbach de Ávila, Clenio Nailto Pillon, Viviane Spiering, Henrique Noguez da Cunha, Gustavo Crizel Gomes, Rosane Martinazzo e Adalberto Koiti Miura.....	103
Mapping of digital technologies used in family farming in Sentinela do Sul (RS) Carlos Alberto Frantz dos Santos and Juliane da Silva Carvalho .....	129
Aerial RGB image processing protocol for identifying potential maize genotypes in the vegetative stage Barbara Nascimento Santos, Nartênia Susane Costa Aragão, Mário Sérgio Rodrigues Barreto, Henrique Rocha Azevedo Santos, Jacilene Francisca Souza Santos, José Jairo Florentino Cordeiro Junior and Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira.....	151

## **Tabla de Contenido**

Modelado fuzzy de características del desarrollo del brócoli influenciadas por la aplicación de biofertilizantes

Daniel dos Santos Viais Neto, Renata Nagima Imada, João Cesar Martins de Castro, Daniel Domiciano e Luis Roberto Almeida Gabriel Filho..... 19

El papel estratégico de la gestión de costos en los agronegocios en la visión de los productores brasileños de granos

Adilson Caldeira, João Pedro de Arruda Fernandes, Eduardo Rodrigues Tomanini e Carolina Fernanda Freire Magalhães.....52

El enfoque del “suelo” como aporte (y crítica) a la enseñanza de las ciencias naturales

Daniel Hanke, Diego Carneiro dos Santos, Shirley Grazieli da Silva Nascimento e Mariana Rockenbach de Ávila.....79

Selección de propiedades agrícolas para evaluación de sostenibilidad

Ivan dos Santos Pereira, Mariana Rockenbach de Ávila, Clenio Nailto Pillon, Viviane Spiering, Henrique Noguez da Cunha, Gustavo Crizel Gomes, Rosane Martinazzo e Adalberto Koiti Miura..... 105

Mapeo de tecnologías digitales utilizadas en la agricultura familiar en Sentinela do Sul (RS)

Carlos Alberto Frantz dos Santos y Juliane da Silva Carvalho. 130

Protocolo de procesamiento de imágenes aéreas RGB para la identificación de potenciales genotipos de maíz en estado vegetativo

Barbara Nascimento Santos, Nartênia Susane Costa Aragão, Mário Sérgio Rodrigues Barreto, Henrique Rocha Azevedo Santos, Jacilene Francisca Souza Santos, José Jairo Florentino Cordeiro Junior y Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira..... 153



## **Editorial: Interdisciplinaridade e a eficiência**

*Fábio Mosso Moreira<sup>a</sup>*

A bandeira da interdisciplinaridade está sendo levantada há tempos por instituições de ensino e agentes da ciência, se manifestando principalmente nos currículos dos cursos de graduação e dos programas de pós-graduação, tanto profissional quanto acadêmico.

Esse não é um fato que surpreende, uma vez que a conjuntura político-econômica, as relações sociais, e as necessidades humanas se tornam cada vez mais fluidas e complexas por conta do imperativo tecnológico ditado pelas Novas Tecnologias da Informação e Comunicação, o que implica problemas e questões que demandam mais esforços do que o arcabouço teórico-prático de uma área isolada do conhecimento pode oferecer.

No cenário das publicações seriadas, este fato levou uma das principais instituições ligadas ao ensino e pesquisa no Brasil – CAPES – definir como ‘Interdisciplinar’ uma categoria específica para classificar e avaliar a qualidade de revistas que apresentam resultados aderentes aos atributos da interdisciplinaridade.

Mas, quais seriam esses atributos?

Para compreender a interdisciplinaridade, ou qualquer uma

---

a Doutor em Ciência da Informação. Professor na UNESP – Universidade Estadual Paulista. [fabio.moreira@unesp.br](mailto:fabio.moreira@unesp.br). <https://orcid.org/0000-0002-9582-4218>.

de suas variantes – multi ou transdisciplinaridade – é necessário considerar que naquele contexto existem elementos da Complexidade. Muitos desses elementos podem ser observadas nas reflexões de Edgar Morin quando o autor discute sobre a Teoria da Complexidade, como, por exemplo, a manifestação de um grande volume de variáveis com características heterogêneas e instáveis, que interagem em múltiplos níveis, possibilitando a emergência de padrões e se adaptando ao meio através de auto-organização.

A interdisciplinaridade, entendida sob o prisma da Complexidade, pode ser o caminho para o alcance da tão almejada eficiência. O conceito de eficiência (vezes confundido com o da eficácia) é discutido em distintas áreas do conhecimento, como, por exemplo, na Administração (ex: alocação de recursos produtivos), na Engenharia (ex: busca por desempenho e consumo de energia) e até mesmo na Saúde (ex: seleção de métodos e protocolos clínicos e terapêuticos).

Buscando alinhar a interdisciplinaridade com o princípio da eficiência, a segunda edição do nono volume da RECODAF apresenta resultados teóricos e práticos de pesquisas que endossam esta relação.

No segmento das ciências agrárias, o artigo intitulado “Modelagem fuzzy das características de desenvolvimento de brócolis influenciadas pela aplicação de biofertilizantes (VIAIS NETO et al., 2023)” apresenta uma modelagem matemática para estudar os efeitos da aplicação de biofertilizantes no desenvolvimento de hortaliças. Assim, os autores demonstraram possibilidades de incrementar análises agronômicas e contribuir na busca pela eficiência que resulta no aumento de produtividade da produção agrícola.

No âmbito das ciências administrativas, o artigo intitulado “O papel estratégico da gestão de custos em agronegócios na visão de produtores brasileiros de grãos (CALDEIRA et al.,

2023)” demonstra como a visão estratégica orientada ao controle dos custos podem proporcionar eficiência nas práticas de gestão de agentes do agronegócio, apontando exemplos de práticas e procedimentos adotados por um nicho específico de produtores.

No que se refere as ciências humanas, a manifestação da busca pela eficiência também pode ser observada no contexto pedagógico. No artigo intitulado “A abordagem do ‘solo’ como contribuição (e crítica) ao ensino de ciências naturais (HANKE et al., 2023)” os autores propõe uma sistemática que considera a implementação de recursos de disseminação de informações com temáticas agrícolas (sobre o solo), integrado ao currículo de cursos do ensino fundamental, médio e técnico, entendendo que esta prática pedagógica pode resultar em uma melhor formação humana, cidadão e profissional, principalmente no contexto de alunos que estudam nas escolas rurais.

Alinhado as premissas das ciências ambientais, o artigo intitulado “Seleção de propriedades agrícolas para avaliações de sustentabilidade (PEREIRA et al., 2023)” apresenta caminhos para aumentar a eficiência produtiva de propriedades rurais alinhada ao alcance da sustentabilidade. Nos resultados, os autores apresentam indicadores para subsidiar a análise de características destas propriedades com o intuito de implementar novas práticas de manejo ligadas à responsabilidade ambiental, preservação do meio ambiente e consumo eficiente de recursos naturais.

As ciências da informação e comunicação estão representadas pelo artigo intitulado “Mapeamento das tecnologias digitais utilizadas na agricultura familiar em Sentinela do Sul (SANTOS; CARVALHO, 2023)”, na qual os autores mapeiam exemplos de tecnologias digitais utilizadas pelos agricultores familiares de um município localizado na região sul do Brasil.

Concomitante ao mapeamento, os autores também refletem sobre a influência do nível de conhecimento na adoção de tais recursos, concluindo que as políticas públicas de informação e as ações de extensão rural são caminhos eficientes para garantir a acessibilidade e a universalidade no uso das tecnologias.

No seio das ciências computacionais, este número da revista conta com o artigo intitulado “Protocolo de processamento de imagens RGB aéreas para identificação de genótipos potenciais de milho em fase vegetativa (SANTOS et al., 2023)”, que avalia protocolos para tratamento computacional de imagens digitais a fim de obter eficiência na produtividade de grãos. Os autores utilizam de recursos aéreos (ex: drones) para realizar a coleta de dados e aplicam algoritmos e soluções informatizadas a fim de interpretar fenotipicamente imagens de vegetação e, com isso, estabelecer formas de controle e manejo em propriedades rurais.

Esse número da RECODAF reforça mais uma vez a busca pela eficiência na disseminação do conhecimento científico, estabelecendo, de forma interdisciplinar, a convergência e interação entre áreas do conhecimento que, por essência, possuem naturezas distintas, mas que podem proporcionar a emergência de novos estudos, métodos e temáticas de pesquisa que tenham aderência com o objetivo principal do periódico: o uso competente das tecnologias digitais no contexto dos pequenos produtores rurais.

Boa leitura a todos.



## **Modelagem fuzzy das características de desenvolvimento de brócolis influenciadas pela aplicação de biofertilizantes**

*Daniel dos Santos Vias Neto<sup>a</sup>, Renata Nagima Imada<sup>b</sup>, João César Martins de Castro<sup>c</sup>, Daniel Domiciano<sup>d</sup> e Luis Roberto Almeida Gabriel Filho<sup>e</sup>*

**Resumo:** Os brócolis são plantas cultivadas em diversas regiões do mundo. Seu cultivo necessita de grandes quantidades de fertilizantes, devido ao seu ciclo curto e à alta produtividade. Os biofertilizantes surgem como alternativa e visam sistemas agrícolas mais sustentáveis. O objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos em algumas características do desenvolvimento da cultura de brócolis ninja, de diferentes doses de biofertilizantes, supermagro e urina de vaca, aplicadas após o transplântio, utilizando

- 
- a Doutor em Agronomia. Professor na Faculdade de Tecnologia de Presidente Prudente – FATEC. E-mail: [dv.neto@fatec.sp.gov.br](mailto:dv.neto@fatec.sp.gov.br).
  - b Doutoranda em Agronegócio e Desenvolvimento. Professora na Faculdade de Tecnologia de Presidente Prudente – FATEC. E-mail: [renata.imada@fatec.sp.gov.br](mailto:renata.imada@fatec.sp.gov.br).
  - c Mestre em Agronomia. Professor na Faculdade de Tecnologia de Presidente Prudente – FATEC. E-mail: [joao.castro@fatec.sp.gov.br](mailto:joao.castro@fatec.sp.gov.br).
  - d Graduação em Tecnologia em Agronegócio. Auxiliar de professor na Faculdade de Tecnologia de Presidente Prudente – FATEC. E-mail: [daniel.domiciano@fatec.sp.gov.br](mailto:daniel.domiciano@fatec.sp.gov.br).
  - e Doutor em Agronomia. Professor na Universidade Estadual Paulista – UNESP. E-mail: [gabrielfilho@tupa.unesp.br](mailto:gabrielfilho@tupa.unesp.br).

modelagem fuzzy. Para tanto, produziu-se o biofertilizante supermagro e 144 mudas, estas foram transplantadas em uma casa de vegetação, divididas em 9 tratamentos e submetidas a diferentes pulverizações de biofertilizantes. Entre as datas após transplântio 65 e 85, todas as plantas foram aferidas em relação massa fresca e o diâmetro da inflorescência. Na sequência, realizou-se uma modelagem fuzzy, para analisar esses dados. Conclui-se que, na utilização de biofertilizantes, as aplicações de urina de vaca a 1% e o supermagro de 1 a 4%, apresentaram os maiores valores para as variáveis aferidas, compatíveis com o que foi medido no tratamento T1 (testemunho), que em termos exatos, foram os maiores para tais variáveis. Além disso, o sistema fuzzy mostrou-se eficiente na geração de resultados gráficos utilizados na análise agrônômica do experimento.

**Palavras-chave:** Supermagro. Urina de vaca. Hortaliças.

## **Fuzzy modeling of development characteristics of broccoli influenced by the application of biofertilizers**

*Daniel dos Santos Viais Neto<sup>a</sup>, Renata Nagima Imada<sup>b</sup>, João Cesar Martins de Castro<sup>c</sup>, Daniel Domiciano<sup>d</sup> e Luis Roberto Almeida Gabriel Filho<sup>e</sup>*

**Abstract:** Broccoli is a plant grown in different regions of the world. Its cultivation requires large amounts of fertilizers, due to its short cycle and high productivity. Biofertilizers appear as an alternative and aim at more sustainable agricultural systems. The objective of this work was to study the effects on some characteristics of the development of ninja broccoli culture, of different doses of biofertilizers, supermagro and cow urine, applied after transplanting, using fuzzy modeling. For this purpose, the supermagro biofertilizer was produced and 144 seedlings were transplanted into a greenhouse, divided into 9 treatments and subjected to different sprayings of biofertilizers. Between the dates after transplanting 65 and 85, all plants were measured in terms of fresh mass and inflorescence diameter. Next, a fuzzy modeling was

- 
- a PhD in Agronomy. Professor at the Presidente Prudente Faculty of Technology – FATEC. E-mail: [dv.neto@fatec.sp.gov.br](mailto:dv.neto@fatec.sp.gov.br).
  - b PhD student in Agribusiness and Development. Professor at the Presidente Prudente Faculty of Technology – FATEC. E-mail: [renata.imada@fatec.sp.gov.br](mailto:renata.imada@fatec.sp.gov.br).
  - c Master in Agronomy. Professor at the Presidente Prudente Faculty of Technology – FATEC. Email: [joao.castro@fatec.sp.gov.br](mailto:joao.castro@fatec.sp.gov.br).
  - d Bachelor degree in Technology in Agribusiness. Teaching assistant at the Presidente Prudente Faculty of Technology – FATEC. E-mail: [daniel.domiciano@fatec.sp.gov.br](mailto:daniel.domiciano@fatec.sp.gov.br).
  - e PhD en Agronomía. Profesor de la Universidad Estadual Paulista – UNESP. Correo electrónico: [gabrielfilho@tupa.unesp.br](mailto:gabrielfilho@tupa.unesp.br).

performed to analyze these data. It is concluded that, in the use of biofertilizers, applications of 1% cow urine and 1 to 4% supermagro, presented the highest values for the measured variables, compatible with what was measured in treatment T1 (testimonial), which, in exact terms, were the highest for such variables. In addition, the fuzzy system proved to be efficient in generating graphical results used in the agronomic analysis of the experiment.

**Keywords:** Supermagro. Cow urine. Vegetables.

## **Modelado fuzzy de características del desarrollo del brócoli influenciadas por la aplicación de biofertilizantes**

*Daniel dos Santos Viais Neto<sup>a</sup>, Renata Nagima Imada<sup>b</sup>, João Cesar Martins de Castro<sup>c</sup>, Daniel Domiciano<sup>d</sup> e Luis Roberto Almeida Gabriel Filho<sup>e</sup>*

**Resumen:** El brócoli es una planta que se cultiva en diferentes regiones del mundo. Su cultivo requiere grandes cantidades de fertilizantes, debido a su ciclo corto y alta productividad. Los biofertilizantes aparecen como una alternativa y apuntan a sistemas agrícolas más sustentables. El objetivo de este trabajo fue estudiar los efectos sobre algunas características del desarrollo del cultivo de brócoli ninja, de diferentes dosis de biofertilizantes, supermagro y orina de vaca, aplicadas después del trasplante, mediante modelado difuso. Para ello se elaboró el biofertilizante supermagro y se trasplantaron a invernadero 144 plántulas, divididas en 9 tratamientos y sometidas a diferentes aspersiones de biofertilizantes. Entre las fechas posteriores al trasplante 65 y 85, todas las plantas fueron medidas en términos de

- 
- a Doctor en Agronomía. Profesor de la Facultad Tecnológica Presidente Prudente – FATEC. Correo electrónico: [dv.neto@fatec.sp.gov.br](mailto:dv.neto@fatec.sp.gov.br).
  - b Estudiante de Doctorado en Agronegocios y Desarrollo. Profesor de la Facultad Tecnológica Presidente Prudente – FATEC. Correo electrónico: [renata.imada@fatec.sp.gov.br](mailto:renata.imada@fatec.sp.gov.br).
  - c Maestría en Agronomía. Profesor de la Facultad Tecnológica Presidente Prudente – FATEC. Correo electrónico: [joao.castro@fatec.sp.gov.br](mailto:joao.castro@fatec.sp.gov.br).
  - d Licenciatura en Tecnología en Agronegocios. Ayudante de cátedra en la Facultad de Tecnología Presidente Prudente – FATEC. Correo electrónico: [daniel.domiciano@fatec.sp.gov.br](mailto:daniel.domiciano@fatec.sp.gov.br).
  - e Doctor en Agronomía. Profesor de la Universidad Estadual Paulista – UNESP. Correo electrónico: [gabrielfilho@tupa.unesp.br](mailto:gabrielfilho@tupa.unesp.br).

masa fresca y diámetro de inflorescencia. A continuación, se realizó un modelado borroso para analizar estos datos. Se concluye que, en el uso de biofertilizantes, las aplicaciones de orina de vaca al 1% y supermagro al 1%, presentaron los valores más altos para las variables medidas, compatible con lo medido en el tratamiento T1 (testimonial), que, en términos exactos, fueron los más altos para dichas variables. Además, el sistema difuso demostró ser eficiente en la generación de resultados gráficos utilizados en el análisis agronómico del experimento.

**Palabras clave:** Supermagro. Orina de vaca. Vegetales.

## 1. Introdução

Os brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*) são plantas cultivadas em diversas regiões do mundo, principalmente naquelas com temperaturas mais amenas. Em geral, a parte consumida é a inflorescência, que pode ser do tipo ramoso, líder de mercado in natura ou do tipo cabeça única, que vem ganhando espaço nesse mercado, embora tenha sido desenvolvido originalmente para industrialização (LALLA et al., 2010). Além disso, eles pertencem à família *Brassicaceae*, da qual também fazem parte a couve-flor, o repolho, a couve e espécies distintas como a mostarda, o nabo, o rabanete, o agrião, entre outras (EMPRAPA, 2015).

Entre as espécies pertencentes à família *Brassicaceae* cultivadas no Brasil, os brócolis são hortaliças de grande importância, pois seu consumo tem apresentado incrementos expressivos nos últimos anos, devido ao seu alto valor nutritivo e suas qualidades nutracêuticas (SHISHIDO, 2019; TREVISAN, 2013). Entre as variedades de brócolis, existem os brócolis de cabeça única, que são conhecidos popularmente como ninja, japonês ou americano. Apesar dos nomes utilizados no comércio, os brócolis são plantas europeias, da região do mediterrâneo (SOUZA, 2013).

De modo geral, as hortaliças necessitam de grandes quantidades de fertilizantes, devido ao seu ciclo curto e à alta produtividade. Os biofertilizantes surgem como alternativa ao uso dos fertilizantes químicos convencionais e visam sistemas agrícolas mais sustentáveis, com níveis satisfatórios de produtividade e um menor impacto ambiental associado (BONFIM; FONTENELLE, 2017). Além disso, são compostos biologicamente ativos resultantes da fermentação, promovida pelos chamados microrganismos eficientes, em meio líquido de resíduos orgânicos de origem animal e vegetal (FONTENELLE et al., 2017).

Sob os aspectos biológicos do solo, os fertilizantes orgânicos aumentam a biodiversidade de microrganismos úteis que agem na solubilização de fertilizantes diversos, de maneira a liberar nutrientes para as plantas, além disso, aumentam a quantidade de microrganismos que auxiliam no controle de nematoides, que são pragas que atacam as raízes das plantas (ARAÚJO et al., 2014).

Um dos biofertilizantes orgânico é o supermagro, que segundo Abreu Junior (1998), funciona como repelente de insetos, fertilizante foliar e atua no controle de doenças. Ele é recomendado para frutíferas e hortaliças. O mesmo autor ainda afirma que, ele quelatiza os nutrientes e evita o vazão biológico.

Outro possível biofertilizante orgânico é a urina de vaca, muito rico em diversos nutrientes, entre eles o nitrogênio e potássio, ambos em alta concentração (VÉRAS et al., 2015). Além disso, a urina não é tóxica, pode ser adquirida a baixo custo e seu uso não causa risco à saúde de produtores e consumidores, estando praticamente pronta para uso, bastando apenas acrescentar água (WERNER et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2010). Seu uso correto faz desta um bom produto natural, diminuindo a necessidade de agrotóxicos e adubos químicos, reduzindo os custos de produção, nutrindo as plantas, aumentando o número de brotações, de folhas, de flores e a produção, além de ser indicada para quase todas as culturas, com efeito rápido e eficiente (PEREIRA et al., 2010).

A fim de investigar a otimização de tais recursos utilizados na área agrícola, no caso biofertilizantes (supermagro e urina de vaca), tem-se a lógica *fuzzy*, uma teoria matemática que permite a modelagem aproximada ao raciocínio humano, pois imita a habilidade humana de tomar decisões em um ambiente de incerteza e imprecisão, trabalhando com informações qualitativas e descritas de forma não exata (VIAIS NETO et al., 2018).

O presente estudo justifica-se pela necessidade da análise do comportamento do manejo de um sistema orgânico de produção,

e também do emprego de biofertilizantes, tendo a aplicação na cultura de brócolis ninja. Também, há a necessidade de mais estudos que mostrem os efeitos da aplicação de biofertilizantes nesta cultura, o que em geral é somente realizado em alguns níveis fixos experimentais de dosagem, portanto, foi proposto a utilização da teoria *fuzzy*, com o intuito de determinar resultados em diversos outros pontos não verificados experimentalmente, possibilitando uma extrapolação (VIAIS NETO, 2016).

Frente ao exposto, este trabalho teve por objetivo estudar os efeitos em algumas características do desenvolvimento da cultura de brócolis ninja, de diferentes doses de biofertilizantes, supermagro e urina de vaca, aplicadas após o transplante, utilizando modelagem *fuzzy*.

## **2. Metodologia**

Neste tópico foi apresentado a descrição do experimento realizado, tendo como foco a cultivar de brócolis ninja e a modelagem *fuzzy*, que fora utilizada como instrumento avaliador das características do desenvolvimento desta cultura.

### **2.1 Descrição do experimento**

No primeiro momento, foi produzido o biofertilizante enriquecido (supermagro), que apresenta como ingredientes básicos: água, leite, melão e esterco de vaca (Tabela 1), além de alguns sais minerais (Tabela 2) e alguns ingredientes complementares (Tabela 3), seguindo as recomendações dadas em Abreu Junior (1998).

*Tabela 1 – Ingredientes básicos inclusos no biofertilizante*

<b>Ingredientes</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>
Esterco fresco de vaca	L	40
Água	L	140
Leite	L	9
Melão	L	9

Fonte: Adaptado de Abreu Junior (1998).

Todo o processo, foi realizado em uma propriedade rural do município de Presidente Prudente, onde se adquiriu o esterco fresco de vaca e o leite necessário.

*Tabela 2 – Sais minerais inclusos no biofertilizante em ordem*

<b>Ordem</b>	<b>Ingredientes</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>
1	Sulfato de zinco	kg	3
2	Sulfato de magnésio	kg	1
3	Sulfato de manganês	kg	0,3
4	Sulfato de cobre	kg	0,3
5	Cloreto de cálcio	kg	2
6	Bórax	kg	1
7	Molibdato de sódio	kg	0,1
8	Sulfato de cobalto	kg	0,05
9	Sulfato de ferro	kg	0,1

Fonte: Adaptado de Abreu Junior (1998).

*Tabela 3 – Complementares inclusos no biofertilizante*

<b>Ingredientes</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>
Yoorin Master	kg	0,2
Restos moídos de fígado	kg	0,2

Fonte: Adaptado de Abreu Junior (1998).

Para a obtenção do biofertilizante, em um tambor de 200 litros, foi adicionado 40 litros de esterco fresco de vaca; 100 litros de água; 1 litro de leite e 1 litro de melão, na sequência, misturou-se bem e deixou fermentar durante três dias. Após este processo, foi adicionado ao composto, já em fermentação no tambor, 1 litro de leite, 1 litro de melão, um dos sais minerais dissolvidos em água (obedecendo à ordem da Tabela 2) e partes dos ingredientes complementares (Tabela 3). Este último procedimento foi realizado a cada cinco dias e apenas no acréscimo do último sal mineral, não foram adicionados melão e leite.

Após a adição de todos os sais minerais (Tabela 2) na ordem sugerida, o composto dentro do tambor, foi completado com água até chegar em 180 litros. Depois manteve-se o recipiente fechado para o composto fermentar durante mais 30 dias. Foi adaptado na

tampa do tambor, uma mangueira para a saída de gás, que naturalmente se forma, evitando uma possível explosão do recipiente. Esta mangueira foi inserida num recipiente com água para evitar o mau cheiro no local (Figura 1).

*Figura 1 – Recipiente onde foi realizado a mistura dos ingredientes do biofertilizante*



Fonte: Autores.

Entre os ingredientes complementares, foi utilizado o Yoorin Master, que é um fertilizante fosfatado que contém fósforo, cálcio, magnésio, silício e micronutrientes na forma de fritas, de alta eficiência agrônômica, e é recomendado para agricultura orgânica (YOORIN FERTILIZANTES, 2020).

Destacam-se também, na Tabela 4, os custos dos principais

ingredientes utilizados na composição do biofertilizante enriquecido (supermagro), não foi computado a água, o leite, o esterco de vaca e os ingredientes complementares. Vale salientar que, alguns desses itens não foi possível adquirir apenas as quantidades desejadas.

*Tabela 4 – Custo dos principais ingredientes do biofertilizante aferidos em dezembro de 2020*

<b>Ingredientes</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo (R\$)</b>
Melaço	L	9	43,29
Sulfato de zinco	kg	3	13,08
Sulfato de magnésio	kg	1	3,50
Sulfato de manganês	kg	0,3	2,46
Sulfato de cobre	kg	0,3	8,10
Cloreto de cálcio	kg	2	20,00
Bórax	kg	1	4,46
Molibdato de sódio	kg	0,1	9,21
Sulfato de cobalto	kg	0,05	17,45
Sulfato de ferro	kg	0,1	6,60
		Total	128,15

Fonte: Autores.

Após o término do processo de elaboração do biofertilizante, a parte utilizada no experimento foi envazada em uma embalagem plástica de 5 litros, e posteriormente, foi diluída e aplicada na cultura de brócolis ninja.

O experimento foi realizado entre os meses de março e junho de 2021. O local escolhido foi uma das casas de vegetação (Figura 2) instaladas em uma área com altitude média de 452 m, latitude igual a 22°08'23" Sul, longitude igual a 51°23'05" Oeste e situadas na Faculdade de Tecnologia de Presidente Prudente – FATEC.

No início de março de 2021, foram produzidas mudas de brócolis ninja, em duas bandejas com 128 células cada, num total de 256 mudas (Figura 3), utilizando-se substrato comercial recomendado para a produção de mudas de hortaliças, a saber, *Carolina Soil*, que possui em sua composição, os seguintes

*Modelagem fuzzy das características de desenvolvimento...* 27  
elementos: turfa de *sphagnum*, perlita expandida, vermiculita expandida, calcário dolomítico, gesso agrícola e fertilizante NPK (traços).

Foram utilizadas sementes de brócolis híbrido BC1691 da *Seminis*. A semeadura ocorreu no dia 01/03/2021, e foi inserida uma semente por célula. As bandejas ficaram abrigadas em um local controlado. A irrigação foi realizada de acordo com a necessidade da planta.

*Figura 2 – Casa de vegetação em que foi realizado o plantio das mudas de brócolis*



Fonte: Autores.

*Figura 3 – Plantio de 256 mudas de brócolis*



Fonte: Autores.

Nesse período, também se realizou uma análise do solo, cuja coleta se deu na camada de 0 – 0,20 m de profundidade, e tal análise indicou que o solo não apresentou necessidade de correção, devido ao nível de acidez estar adequado e os teores de nutrientes estarem satisfatório para atender as necessidades da cultura em questão (Tabela 5).

*Tabela 5 – Análise feita em uma amostra de solo da casa de vegetação*

<b>Variáveis</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor</b>
pH	(CaCl <sub>2</sub> )	6,3
M.O.	g dm <sup>3</sup>	19
P(resina)	mg dm <sup>-3</sup>	210
S	mg dm <sup>-3</sup>	7
Al <sup>3+</sup>	mmolc dm <sup>-3</sup>	0
H+Al	mmolc dm <sup>-3</sup>	15
K	mmolc dm <sup>-3</sup>	4,1
Ca	mmolc dm <sup>-3</sup>	142
Mg	mmolc dm <sup>-3</sup>	51
SB	mmolc dm <sup>-3</sup>	197
CTC	mmolc dm <sup>-3</sup>	212
V	%	93
m	%	0
K	% na CTC	2
Ca	% na CTC	67
Mg	% na CTC	24
Ca:K	Relação no Solo	35
Ca:Mg	Relação no Solo	3
Mg:K	Relação no Solo	12
Boro	mg dm <sup>-3</sup>	0,35
Cobre	mg dm <sup>-3</sup>	3,1
Ferro	mg dm <sup>-3</sup>	37
Manganês	mg dm <sup>-3</sup>	3,6
Zinco	mg dm <sup>-3</sup>	7,5

Fonte: Autores.

Após 30 dias, ou seja, no dia 31/03/21, foi realizado o transplântio de 144 mudas (as mais vigorosas aparentemente) para a casa de vegetação supracitada (Figura 4), cujo tipo de solo é argissolo. Ao todo, foram feitas 6 linhas de plantio com

distanciamento de 1 m entre linhas e em cada linha, um espaçamento de 0,5 m entre plantas. O local é provido de um sistema de irrigação por gotejo, que entrou em funcionamento por 15 minutos em média, 4 vezes ao dia, a saber, às 9h, 11h, 14h e 17h (Figura 4).

A área foi mantida livre de plantas daninhas, por meio de capinas, com o auxílio de enxada e/ou manualmente, entre plantas e entre linhas, para evitar danos a cultura. Tal controle foi realizado semanalmente.

*Figura 4 – Mudas de brócolis transplantadas e detalhe do sistema de irrigação por gotejo*



Fonte: Autores.

Antes do transplantio, foi realizado um sorteio entre as 3 primeiras linhas para a escolha da posição dos 9 tratamentos envolvidos no experimento, e outro sorteio para determinar a posição da repetição dos 9 tratamentos entre as 3 últimas linhas, na sequência os tratamentos foram demarcados (Figura 5). Os tratamentos aqui avaliados foram:

- T1: Testemunha;
- T2: Supermagro 2%;
- T3: Supermagro 4%;
- T4: Urina de vaca 1%;
- T5: Urina de vaca 2%;
- T6: Supermagro 2% e Urina de vaca 1%;

- T7: Supermagro 2% e Urina de vaca 2%;
- T8: Supermagro 4% e Urina de vaca 1%;
- T9: Supermagro 4% e Urina de vaca 2%.

Figura 5 – Demarcações dos tratamentos



Fonte: Autores.

Após 5 dias do transplântio (DAT), iniciaram-se as aplicações dos biofertilizantes, supermagro e urina de vaca. As aplicações de supermagro foram quinzenais, e ocorreram nos DAT: 5, 20, 35 e 50. Já as aplicações de urina de vaca, foram semanais e ocorreram nos DAT: 6, 13, 21, 27, 34, 41, 48 e 55. Tanto a aplicação de supermagro, quanto a de urina de vaca, foram folhar.

Também foi realizado a pulverização do inseticida biológico *Dimypel* nos DAT 42 e 56, para controle de lagartas. A dosagem utilizada em cada pulverização foi de 5 g por litro, de acordo com a recomendação do fabricante. Ao todo foram utilizados 20 g do produto.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, no esquema fatorial ( $3 \times 3$ ), considerando-se 3 doses de

supermagro e 3 doses de urina de vaca, no qual cada tratamento possuía duas parcelas de 8 plantas, totalizando 144 mudas de brócolis ( $3 \times 3 \times 2 \times 8$ ).

Entre os DAT 65 e 85, todas as plantas em ponto de colheita foram aferidas em relação massa fresca da inflorescência (MFI) e diâmetro da inflorescência (DI), de maneira semelhante ao relatado em Shishido (2019):

- Massa fresca da inflorescência: o corte da haste a 3 cm do fim da inflorescência. Individualmente cada inflorescência será pesada em uma balança de precisão (Figura 6).
- Diâmetro da inflorescência: cada inflorescência será medida com o auxílio de uma régua graduada em milímetros de uma extremidade até a outra.

*Figura 6 – Aferição da massa fresca da inflorescência*



Fonte: Autores.

Após tabuladas as aferições das plantas, foram aproveitados no mínimo 8 aferições de cada tratamento, como mostra a Tabela

6.

Tabela 6 – Número de plantas aferidas e utilizadas de cada tratamento

Tratamentos	Nº de plantas aferidas	Nº de aferições utilizadas
T1	10	8
T2	13	13
T3	16	15
T4	8	8
T5	16	16
T6	15	15
T7	11	9
T8	16	15
T9	16	16
	Total	115

Fonte: Autores.

## 2.2 Modelagem fuzzy

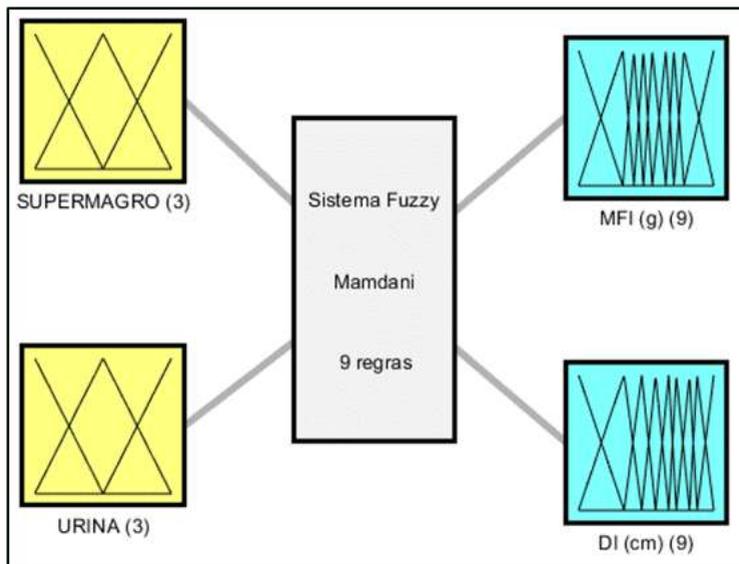
A partir dos dados aferidos no experimento com o manejo de diferentes doses de biofertilizantes, supermagro e urina de vaca, na cultura de brócolis ninja, foi realizada uma modelagem *fuzzy* dos efeitos nas variáveis massa fresca da inflorescência (MFI) e diâmetro da inflorescência (DI), entre 65 e 85 dias do transplantio.

Para tanto, foi considerado o seguinte modelo matemático/agronômico para representar a situação em questão:  $F: X_1 \times X_2 \subseteq \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2, (x_1, x_2) \mapsto Y = F(x_1, x_2)$ , onde  $X_1 = [0,4], X_2 = [0,2], \mathbb{R}$  é o conjunto dos números reais,  $x_1$  é o percentual de diluição do supermagro em água que foi aplicado na folhagem (%) e  $x_2$  é o percentual de diluição da urina de vaca em água que foi aplicada na folhagem (%). Os extremos dos intervalos  $X_1$  e  $X_2$  estão de acordo com os valores mínimos e máximos do experimento. O valor de  $Y = F(x_1, x_2) = (y_1, y_2)$  foi definido pelas médias das variáveis analisadas, sendo  $y_1$  a massa fresca da inflorescência

(g) e  $Y_2$  o diâmetro da inflorescência (cm).

Para elaborar tal sistema baseado em regras *fuzzy* (SBRF), foi definido um processador de entrada, um conjunto de regras linguísticas, um método de inferência *fuzzy* e um processador de saída, para no final, gerar um número real como saída (Figura 7).

Figura 7 – SBRF de avaliação da cultura de brócolis com 2 variáveis de entrada (supermagro e urina) e 2 variáveis de saída (massa fresca e diâmetro da inflorescência)



Fonte: Autores.

### 2.2.1 Conjuntos fuzzy das variáveis de entrada

Para as variáveis de entrada do SBRF, supermagro (%) e urina de vaca (%), foram definidos 3 conjuntos *fuzzy* denominados Baixo (C1), Médio (C2) e Alto (C3), cujos valores numéricos apresentados foram retirados da análise dos dados do experimento.

As funções de pertinência foram elaboradas de modo que as diluições de supermagro na água experimento (0, 2 e 4%)

apresentassem grau de pertinência igual a 1 aos conjuntos *fuzzy* C1, C2 e C3, respectivamente. O mesmo procedimento foi utilizado para as diluições de urina em águas adotadas no experimento (0, 1 e 2%). As definições das funções de pertinência das variáveis de entrada estão representadas na Tabela 7 e na Figura 8.

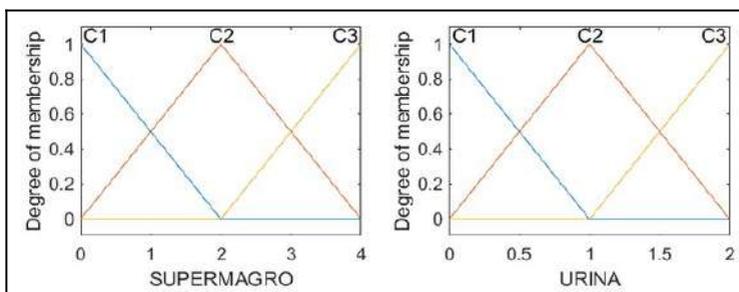
Deste modo, foi adotado para o conjunto “C1” no seu primeiro delimitador o ponto  $P1-1$ , afim de que o grau de pertinência 1 ocorra tanto para o supermagro 0% quanto para a urina 0%, visto que se trata de pontos observados experimentalmente. Analogamente, foi adotado para o conjunto “C3” no seu último delimitador o ponto  $P3+1$ . Assim, tanto o supermagro 4% quanto a urina 2% obtiveram grau de pertinência 1. Tal procedimento foi utilizado por Viais Neto et al. (2019a), Gabriel Filho et al. (2015), Putti et al. (2014) e Gabriel Filho et al. (2011).

Tabela 7 – Definição das funções de pertinência das variáveis de entrada

Conjuntos fuzzy	Tipo	SUPERMAGRO Delimitadores	URINA Delimitadores
C1	Triangular	[-1 0 2]	[-1 0 1]
C2	Triangular	[0 2 4]	[0 1 2]
C3	Triangular	[2 4 5]	[1 2 3]

Fonte: Autores.

Figura 8 – Funções de pertinência das variáveis de entrada Supermagro e Urina



Fonte: Autores.

### **2.2.2 Conjuntos fuzzy das variáveis de saída**

Para as variáveis de saída do SBRE, massa fresca da inflorescência (MFI) e diâmetro da inflorescência (DI), foram definidos 9 conjuntos *fuzzy* denominados C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8 e C9. Porém, para criar delimitadores que possibilitassem definir de forma triangular cada uma das funções de pertinência de cada um desses conjuntos *fuzzy* em questão, foi utilizado um método descrito em Cremasco et al. (2010), Gabriel Filho et al. (2011, 2015, 2016), Putti et al. (2014, 2017a, 2017b, 2021), Viais Neto et al. (2019a, 2019b), Martínez et al. (2020), Matulovic et al. (2021), Góes et al. (2021) e Boso et al. (2021a, 2021b).

#### 2.2.3 Base de regras e método de inferência e defuzzyficação

Para obter a base de regras, considerou-se as 9 ( $3 \times 3$ ) combinações entre os conjuntos *fuzzy* das duas variáveis de entrada. Assim se criou 9 pares da forma ‘supermagro’  $\times$  ‘urina’, conforme metodologia desenvolvida em Viais Neto et al. (2019a, 2019c) e Imada et al. (2021).

O método de inferência utilizado neste trabalho foi o Método de Mamdani que fora proposto por Mamdani e Assilian (1975). Já na defuzzyficação, foi utilizado o Método do Centro de Gravidade, que pode ser compreendido como uma média ponderada (CREMASCO, 2008).

Para a elaboração do SBRE, foram utilizadas planilhas eletrônicas para programação da metodologia ora proposta, e o software Matlab® para a geração dos gráficos, cuja licença para seu uso, a FCE/UNESP, Campus de Tupã-SP, possui.

### **2.2.4 Validação**

Foram desenvolvidos modelos de regressão polinomial múltipla quadrática para comparação do seu desempenho no experimento frente ao *fuzzy*. Após o ajuste, os modelos *fuzzy* e polinomial foram avaliados usando alguns dos indicadores

comuns usados para avaliar a precisão de um modelo de regressão. Para isso, duas métricas de cálculo de erros (erro médio absoluto - MAE e raiz do erro quadrático médio - RMSE) foram utilizadas para medir e comparar a precisão dos algoritmos, bem como o coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

### 3. Resultados e discussão

Buscando representar o sistema desenvolvido para a análise dos efeitos da aplicação de biofertilizantes, supermagro e urina de vaca, na cultura de brócolis ninja, foram gerados gráficos tridimensionais de respostas e seus respectivos mapas de contornos.

#### 3.1 Sistema baseado em regras fuzzy

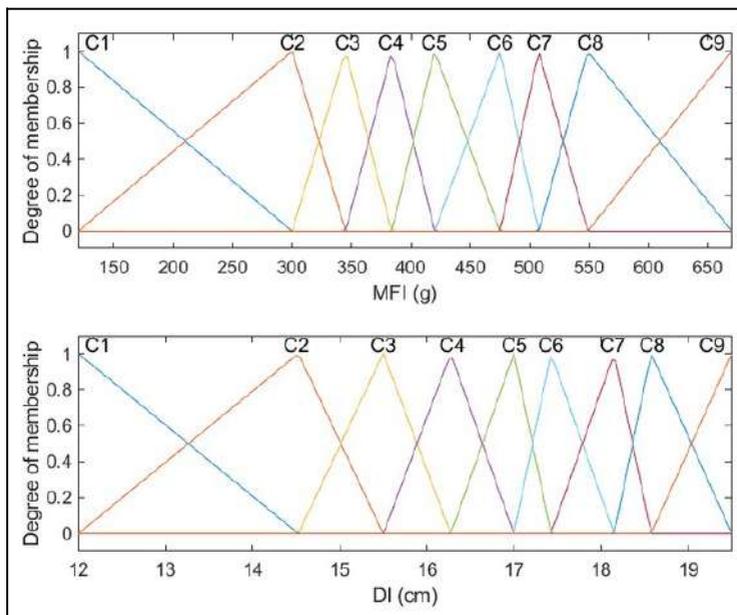
Foram elaboradas funções de pertinência dos conjuntos *fuzzy* das variáveis de saída do presente trabalho (Tabela 8 e Figura 9), nomeadamente massa fresca da inflorescência (MFI) e diâmetro da inflorescência (DI).

Tabela 8 – Definição das funções de pertinência das variáveis de saída

Conjuntos fuzzy	Tipo	MFI Delimitadores	DI Delimitadores
C1	Triangular	[119 120 300]	[11 12 14,525]
C2	Triangular	[120 300 345]	[12 14,525 15,5]
C3	Triangular	[300 345 384]	[14,525 15,5 16,275]
C4	Triangular	[345 384 420]	[15,5 16,275 17]
C5	Triangular	[384 420 475]	[16,275 17 17,425]
C6	Triangular	[420 475 508]	[17 17,425 18,15]
C7	Triangular	[475 508 549]	[17,425 18,15 18,575]
C8	Triangular	[508 549 670]	[18,15 18,575 19,5]
C9	Triangular	[549 670 671]	[18,575 19,5 20,5]

Fonte: Autores.

Figura 9 – Funções de pertinência das variáveis de saída



Fonte: Autores.

Também, foi elaborada a base de regras utilizada pelo sistema *fuzzy* para classificar as variáveis de saída de acordo com o tratamento escolhido (Tabela 9).

Vale ressaltar que a primeira linha da Tabela 8 é explicada da seguinte forma: “Se (Supermagro é C1 e Urina é C1), então (MFI é C7 e DI é C7)”. As demais linhas são interpretadas de forma análoga. Também é importante salientar que o retorno da base de regras para as variáveis de saída, não acionou os conjuntos *fuzzy* C1, C8 e C9, pois é avaliado a média das características da cultura para um determinado tratamento. Não obstante, individualmente, este sistema classifica qualquer planta cujas características estejam dentro dos limites máximo e mínimo estabelecidos na Tabela 8.

Tabela 9 – Base de regras do sistema fuzzy

Variáveis de entrada		Variáveis de saída	
Supermagro	Urina	MFI	DI
C1	C1	C7	C7
C1	C2	C6	C5
C1	C3	C5	C5
C2	C1	C2	C3
C2	C2	C6	C6
C2	C3	C2	C2
C3	C1	C6	C5
C3	C2	C6	C6
C3	C3	C4	C3

Fonte: Autores.

### 3.2 Resultados práticos

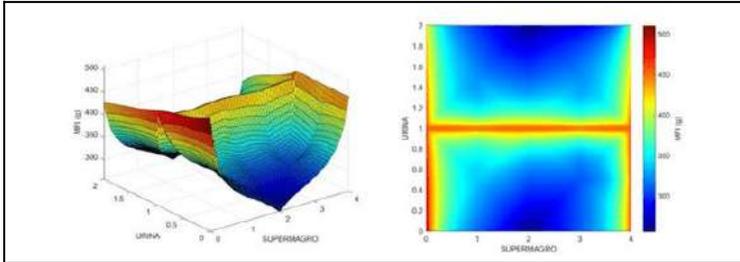
Utilizando os métodos de inferência e defuzzyficação adotados, obtém-se os gráficos tridimensionais e seus respectivos mapas de contorno das variáveis de saída como solução do sistema.

Em relação à massa fresca da inflorescência (MFI), verificou-se, a partir da modelagem *fuzzy*, que os maiores valores foram obtidos quando a cultura de brócolis foi submetida aplicações dos biofertilizantes, supermagro à 0 ou 4% e urina de vaca de 0 à 1,2%. Também é possível verificar, que para uma aplicação de 1% de urina de vaca, independe a quantia aplicada de supermagro (Figura 10).

Já em relação ao diâmetro da inflorescência (DI), constatou-se, por meio da modelagem *fuzzy*, que os maiores valores ocorreram para aplicações de urina de vaca de 0 à 1% e supermagro de 0 à 4%, com exceção de uma pequena região no entorno da aplicação de urina 0% e de supermagro 2%.

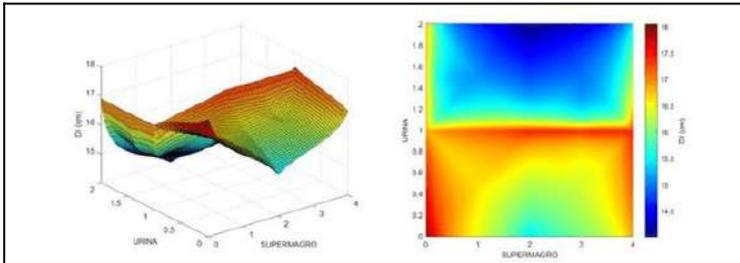
Semelhante a MFI, também é possível notar que para uma aplicação de 1% de urina de vaca, independe a quantia aplicada de supermagro (Figura 11).

*Figura 10 – Massa fresca da inflorescência (MFI) para a cultura de brócolis ninja, submetido a diferentes doses de biofertilizantes, supermagro e urina de vaca*



Fonte: Autores.

*Figura 11 – Diâmetro da inflorescência (DI) para a cultura de brócolis ninja, submetido a diferentes doses de biofertilizantes, supermagro e urina de vaca*



Fonte: Autores.

Considerando os valores aferidos experimentalmente, tanto para a massa fresca, quanto para o diâmetro da inflorescência, os maiores valores ocorreram no tratamento T1 (testemunha). Pressupõem que tal fato se deve a qualidade do solo em que fora feito o experimento, pois o mesmo um pH adequado para a cultura e não apresenta nenhum deficit de nutrientes, como explanado anteriormente. Porém, em caso de aplicação de um dos biofertilizantes utilizados neste experimento na cultura de

brócolis ninja, a urina de vaca a 1% e o supermagro de 1 à 4%, se mostrou mais adequada aos valores aferidos para a MFI e para o DI.

Outros trabalhos que também aferiram os efeitos de aplicação de biofertilizantes, sejam para avaliar características biométricas ou produção de mudas de outras culturas, não revelaram significância em seus experimentos, são eles: Pereira et al. (2010) constataram que em solo favorável para o cultivo da alface, a aplicação da urina de vaca não proporcionou um aumento no diâmetro e da matéria fresca da cultura; Pavinato et al. (2008) concluíram que a eficiência da fertilização foliar com o biofertilizante supermagro não pode ser comprovada em produção de massa seca de milho e de soja; Moraes et al. (2006), concluíram que o uso de biofertilizantes adicionados na água de subirrigação é desnecessário, pois o substrato é suficiente nutricionalmente para a produção de mudas de tomateiro e, Scherer (2006) concluiu que, em sistemas orgânicos com utilização de esterco na adubação, a aplicação de biofertilizantes (supermagro e urina de vaca) via adubação foliar na cultura do feijoeiro não aumenta a produtividade de grãos.

### **3.3 Validação**

Como forma de validação, calcularam-se índices de ajuste de todos os modelos, sendo que o *fuzzy* foi melhor em todos casos, obtendo os menores valores dos erros (MAE e RMSE), e valores maiores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Em valores médios, os erros MAE e RMSE foram 3% e 1% menores, respectivamente, para os modelos *fuzzy*, frente aos de regressão, enquanto os modelos *fuzzy* tiveram coeficiente de determinação ( $R^2$ ) 45% maior que o de regressão (Tabela 10).

Tabela 10 – Valores de erro absoluto médio (MAE), erro quadrático médio (RMSE) e coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) para os modelos fuzzy e de regressão

Variáveis	Indicadores	Fuzzy	Regressão
MFI	MAE	81,15	83,31
	RMSE	103,66	104,29
	R <sup>2</sup>	0,23	0,16
DI	MAE	1,27	1,30
	RMSE	1,62	1,62
	R <sup>2</sup>	0,18	0,13

Fonte: Autores.

#### 4. Conclusões

Na utilização de biofertilizantes na cultura de brócolis, considerado as condições do experimento realizado, as aplicações de urina de vaca a 1% e o supermagro de 1 à 4%, apresentaram os maiores valores para as variáveis de saída, a saber, massa fresca e diâmetro da inflorescência. Estes valores foram compatíveis com os aferidos no tratamento T1 (testemunho), que em termos exatos, foram os maiores para tais variáveis.

O sistema *fuzzy* mostrou-se eficiente na geração de resultados gráficos que facilitaram a análise agrônômica do experimento.

Para trabalhos futuros, pretende-se desenvolver experimento semelhante em diferentes solos, principalmente em solos com deficit de nutrientes, o que neste caso, o uso de biofertilizantes possivelmente mostrar-se-ia mais favorável.

#### Referências

ABREU JUNIOR, H. **Práticas alternativas de controle de pragas e doenças na agricultura**. Campinas, 1998, 115 p.

ARAÚJO, D. L. *et al.* Efeito de fertilizante à base de urina de

vaca e substratos em plantas de pimentão. **Terceiro Incluído**, v. 4, n. 2, p. 173-185, 2014. Disponível em: <http://doi.org/10.5216/teri.v4i2.35270>. Acesso em: 19 jan. 2024.

BONFIM, C. A.; FONTENELLE, M. R. Microrganismos benéficos em biofertilizantes. **Embrapa Hortaliças**, Brasília, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/22865878/microrganismos-beneficos-em-biofertilizantes>. Acesso em: 28 jul. 2020.

BOSO, A. C. M. R. *et al.* Fuzzy modeling of the effects of different irrigation depths on the radish crop. Part I: Productivity analysis. **Engenharia Agrícola**, v. 41, n. 3, p.11-318, 2021a. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v41n3p311-318/2021>. Acesso em: 19 jan. 2024.

BOSO, A. C. M. R. *et al.* Fuzzy modeling of the effects of different irrigation depths on the radish crop. Part II: Biometric variables analysis. **Engenharia Agrícola**, v. 41, n. 3, p. 319-329, 2021b. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v41n3p319-329/2021>. Acesso em: 19 jan. 2024.

CREMASCO, C. P.; GABRIEL FILHO, L. R. A.; CATANEO, A. Metodologia de determinação de funções de pertinência de controladores fuzzy para a avaliação energética de empresas de avicultura de postura. **Energia na Agricultura**, v. 25, n. 1. p. 21-39, 2010. Disponível em: <http://doi.org/10.17224/EnergAgric.2010v25n1p21-39>. Acesso em: 19 jan. 2024.

EMBRAPA. **A cultura dos brócolis**. Coleção Plantar, 74. Brasília, 2015. 153 p.

FONTENELLE, M. R. *et al.* Biofertilizante Hortbio®:

propriedades agronômicas e instruções para o uso. **Circular Técnica**, v. 162, 11 p., Brasília, 2017.

GABRIEL, C. P. C. **Aplicação da lógica fuzzy para avaliação do faturamento do consumo de energia elétrica e demanda de uma empresa de avicultura de postura**. 2008. 108 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/101828>. Acesso em: 19 jan. 2024.

GABRIEL FILHO, L. R. A. *et al.* Application of fuzzy logic for the evaluation of livestock slaughtering. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 4, p. 813-825, 2011. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/S0100-69162011000400019>. Acesso em: 19 jan. 2024.

GABRIEL FILHO, L. R. A. *et al.* Software to assess beef cattle body mass through the fuzzy body mass index. **Engenharia Agrícola**, v. 36, n. 1, p. 179-193, 2016. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n1p179-193/2016>. Acesso em: 19 jan. 2024.

GABRIEL FILHO, L. R. A.; PIGATTO, G. A. S.; LOURENZANI, A. E. B. S. Fuzzy rule-based system for evaluation of uncertainty in cassava chain. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 2, p. 350-367, 2015. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n2p350-367/2015>. Acesso em: 19 jan. 2024.

GÓES, B. C. *et al.* A. Fuzzy modeling of vegetable straw cover crop productivity at different nitrogen doses. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 7, 2021. Disponível em: <http://doi.org/10.1007/s40808-021-01125-4>. Acesso em: 19 jan. 2024.

GOMES, B. V. C.; DELMANTO JUNIOR, O. Benefícios do uso

de biofertilizante em plantações de alface (*Lactuca Sativa L.*). In: 12ª Jornada Científica e Tecnológica da FATEC de Botucatu. **Anais...**, Fatec de Botucatu, Botucatu, 2023.

IMADA, R. N. *et al.* Modelagem *fuzzy* para avaliação de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar utilizando diferentes doses de polímeros e lâminas de irrigação. **Energia na agricultura**, v. 36, n. 1, p. 131-144, 2021. Disponível em: <http://doi.org/10.17224/energagric.2021v36n1p131-144>. Acesso em: 19 jan. 2024.

LALLA, J. G. *et al.* Competição de cultivares de brócolis tipo cabeça única em Campo Grande. **Horticultura Brasileira**. v. 28, n. 3, p. 360-363, 2010.

MAMDANI, E. H.; ASSILIAN, S. An experiment in linguistic synthesis with a *fuzzy* logic controller. **International Journal Man-Machine Studies**, v. 7, p. 1-13, 1975.

MATULOVIC, M. *et al.* Technology 4.0 with 0.0 costs: fuzzy model of lettuce productivity with magnetized water. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 43, 2021. Disponível em: <http://doi.org/10.4025/actasciagron.v43i1.51384>. Acesso em: 19 jan. 2024.

MARTÍNEZ, M. P. *et al.* Fuzzy inference system to study the behavior of the green consumer facing the perception of greenwashing. **Journal of Cleaner Production**, v. 242, n. 1, 116064, 2020. Disponível em: <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.060>. Acesso em: 19 jan. 2024.

MORAES, R.D. *et al.* Influência da biofertilização no crescimento de mudas de tomateiro em sistema flutuante. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v. 1, n. 1, p. 1571-1574, 2006.

OLIVEIRA, N. L. C. *et al.* Efeito da urina de vaca no estado nutricional da alface. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 4, p. 506-515, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2010000400011>. Acesso em: 19 jan. 2024.

PAVINATO, P. S. *et al.* Doses de biofertilizante foliar supermagro nas culturas da soja e do milho. In: FERTBIO: **Desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental**, Londrina: Embrapa, 2008.

PEREIRA, P. M. *et al.* Efeitos da urina de vaca no cultivo da alface. In: Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação, V CONNEPI. **Anais...** IFAL, Maceió, 2010.

PUTTI, F. F. *et al.* Fuzzy modeling in orange production under different doses of sewage sludge and wastewater. **Engenharia Agrícola**, v. 41, n. 2, p. 204-214, 2021. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v41n2p204-214/2021>. Acesso em: 19 jan. 2024.

PUTTI, F. F. *et al.* A Fuzzy mathematical model to estimate the effects of global warming on the vitality of *Laelia purpurata* orchids. **Mathematical Biosciences**, v. 288, p. 124-129, 2017a. Disponível em: <http://doi.org/10.1016/j.mbs.2017.03.005>. Acesso em: 19 jan. 2024.

PUTTI, F. F. *et al.* Fuzzy logic to evaluate vitality of *Catasetum fimbriatum* species (Orchidaceae). **Irriga**, v. 19, n. 3, p. 405-413, 2014. Disponível em: <http://doi.org/10.15809/irriga.2014v19n3p405>. Acesso em: 19 jan. 2024.

PUTTI, F. F. *et al.* Fuzzy modeling on wheat productivity under different doses of sludge and sewage effluent. **Engenharia**

**Agrícola**, v. 37, n. 6, p. 1103-1115, 2017b. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v37n6p1103-1115/2017>. Acesso em: 19 jan. 2024.

SCHERER, E. E. Resposta do feijoeiro à adubação foliar com biofertilizantes. **Agropecuária Catarinense**, v. 19, n. 1, p. 85-88, 2006.

SHISHIDO, S. I. **Desempenho agrônômico de híbridos de brócolis de cabeça única em função do espaçamento na região de Ponta Grossa – PR**. 2019. 28 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2019.

SOUZA, D. **Olericultura**. Instituto Formação. Barra da Estiva, 2013. 46 p. Disponível em: <http://www.ifcursos.com.br/sistema/admin/arquivos/19-35-46-apostila0lericultura.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.

TREVISAN J. N. **Crescimento, desenvolvimento e produção de brócolis de cabeça única**. 2013. 105 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

VÉRAS, M. L. M. *et al.* Influência da aplicação de urina de vaca em pimentão (*Capsicum annum* L.) em função de adubos orgânicos. **Agropecuária Técnica**, v. 36, n. 1, p. 222-228, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.25066/agrotec.v36i1.24736>. Acesso em: 19 jan. 2024.

VIAIS NETO, D. S. *et al.* Modelagem *fuzzy* dos efeitos de doses de biofertilizante e quantidades de esterco aplicados à cultura do pimentão. In: Simpósio Nacional de Tecnologia em Agronegócio, X SINTAGRO. **Anais...**, Fatec Presidente Prudente, Presidente Prudente, p. 10-15, 2018.

VIAIS NETO, D. S. *et al.* Fuzzy modeling of the effects of irrigation and water salinity in harvest point of tomato crop. Part I: description of the method. **Engenharia Agrícola**, v. 39, n. 3, 2019a. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v39n3p294-304/2019>. Acesso em: 19 jan. 2024.

VIAIS NETO D. S. *et al.* Fuzzy modeling of the effects of irrigation and water salinity in harvest point of tomato crop. Part II: application and interpretation. **Engenharia Agrícola**, v. 39, n. 3, p. 305-14, 2019b. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v39n3p305-314/2019>. Acesso em: 19 jan. 2024.

VIAIS NETO, D. S. *et al.* Modelagem fuzzy para avaliação da produção de mudas de tomate-cereja utilizando diferentes doses de polímeros e níveis de irrigação. **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215, v. 14, n. 3, p. 93–103, 2019c.

WERNER, E. T. *et al.* Efeito da urina de vaca e do fosfito de cobre no crescimento de mudas de tomateiro. In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, 15., e Encontro Latino Americano de Pós-graduação, 11., 2013, Vale do Paraíba. **Resumos...**, 6p.

YOORIN Fertilizantes. Disponível em: <http://www.yoorin.com.br/pt/produtos/yoorin>. Acesso em: 04 nov. 2020.



## **O papel estratégico da gestão de custos em agronegócios na visão de produtores brasileiros de grãos**

*Adilson Caldeira<sup>a</sup>, João Pedro de Arruda Fernandes<sup>b</sup>, Eduardo Rodrigues Tomanini<sup>c</sup> e Carolina Fernanda Freire Magalhães<sup>d</sup>*

**Resumo:** Este estudo tem por objetivo conhecer os benefícios decorrentes da visão estratégica aplicada à gestão de custos na agricultura, sob o ponto de vista de produtores brasileiros de soja e milho. Parte-se da concepção de que a eficiência em custos nesse setor de atividade é uma das mais importantes questões estratégicas que favorecem a conquista e sustentação de vantagens competitivas. O estudo principiou por uma pesquisa bibliográfica em que se abordam conceitos de estratégia, gestão de custos e administração de agronegócios. A partir do modelo conceitual construído, recorreu-se a uma pesquisa de campo qualitativa de caráter exploratório, mediante entrevistas em profundidade

- 
- a Doutor em Administração de Empresas. Professor na Universidade Presbiteriana Mackenzie. E-mail: [adilson.caldeira@mackenzie.br](mailto:adilson.caldeira@mackenzie.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3285-7100>.
  - b Bacharel em Administração na Universidade Presbiteriana Mackenzie. E-mail: [jp.mack@bol.com.br](mailto:jp.mack@bol.com.br).
  - c Bacharel em Administração na Universidade Presbiteriana Mackenzie. E-mail: [er.mack@bol.com.br](mailto:er.mack@bol.com.br).
  - d Bacharel em Administração na Universidade Presbiteriana Mackenzie. E-mail: [ca.mack@bol.com.br](mailto:ca.mack@bol.com.br).

em busca de identificar, no plano empírico, práticas e procedimentos adotados na gestão de custos em negócios do mercado em foco, considerados por seus gestores como estratégicos para a produtividade e competitividade de suas operações. Os resultados revelam considerações sobre boas práticas de gestão que impactam o desenvolvimento dos negócios no setor, sejam eles de pequeno, médio ou grande porte. Interpretadas à luz do referencial teórico considerado, as descobertas confirmam o reconhecimento de ações praticadas na gestão de custos como estratégicas, por favorecerem o desempenho competitivo das organizações a longo prazo, protegendo-as da instabilidade e volatilidade típicas do mercado.

**Palavras-chave:** Agronegócios. Gestão de custos. Estratégia. Competitividade. Desenvolvimento de negócios.

## **The strategic role of cost management in agriculture businesses from the point of Brazilian grain producers**

*Adilson Caldeira<sup>a</sup>, João Pedro de Arruda Fernandes<sup>b</sup>, Eduardo Rodrigues Tomanini<sup>c</sup> e Carolina Fernanda Freire Magalhães<sup>d</sup>*

**Abstract:** This study aims to know the benefits arising from the strategic vision applied to cost management in agriculture, from the point of view of Brazilian soybean and corn producers. It starts from the idea that cost efficiency in this sector of activity is one of the most important strategic issues that favor the conquest and maintenance of competitive advantages. The study began with bibliographical research in which concepts of strategy, cost management and agribusiness administration are addressed. Based on the constructed conceptual model, a qualitative field research of an exploratory nature was used, through in-depth interviews in order to identify, at the empirical level, practices and procedures adopted in the management of costs in businesses of the market in focus, considered by its managers as strategic for the productivity and competitiveness of its operations. The results reveal considerations about good management practices that impact the development of businesses in the sector,

- 
- a PhD in Business Administration. Professor at Mackenzie Presbyterian University. Email: [adilson.caldeira@mackenzie.br](mailto:adilson.caldeira@mackenzie.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3285-7100>.
  - b Bachelor degree in Administration at Mackenzie Presbyterian University. Email: [jp.mack@bol.com.br](mailto:jp.mack@bol.com.br).
  - c Bachelor degree in Administration at Mackenzie Presbyterian University. Email: [er.mack@bol.com.br](mailto:er.mack@bol.com.br).
  - d Bachelor degree in Administration at Mackenzie Presbyterian University. Email: [ca.mack@bol.com.br](mailto:ca.mack@bol.com.br).

whether small, medium, or large. Interpreted in the light of the considered theoretical framework, the findings confirm the recognition of actions taken in cost management as strategic, as they favor the competitive performance of organizations in the long term, protecting them from the typical instability and volatility of the market.

**Keywords:** Agribusiness. Costs management. Strategy. Competitiveness. Business development.

## **El papel estratégico de la gestión de costos en los agronegocios en la visión de los productores brasileños de granos**

*Adilson Caldeira<sup>a</sup>, João Pedro de Arruda Fernandes<sup>b</sup>, Eduardo Rodrigues Tomanini<sup>c</sup> e Carolina Fernanda Freire Magalhães<sup>d</sup>*

**Resumen:** Este estudio tiene como objetivo conocer los beneficios derivados de la visión estratégica aplicada a la gestión de costos en la agricultura, desde el punto de vista de los productores brasileños de soja y maíz. Se parte de la idea de que la eficiencia en costes en este sector de actividad es uno de los temas estratégicos más importantes que favorecen la conquista y mantenimiento de ventajas competitivas. El estudio se inició con una investigación bibliográfica en la que se abordan conceptos de estrategia, gestión de costos y administración de agronegocios. Con base en el modelo conceptual construido, se utilizó una investigación de campo cualitativa de carácter exploratorio, a través de entrevistas en profundidad con el fin de identificar, a nivel empírico, prácticas y procedimientos adoptados en la gestión de costos en las empresas del mercado en cuestión, considerada por sus directivos como estratégica para la productividad y competitividad de sus operaciones. Los

- a Doctor en Administración de Empresas. Profesor de la Universidad Presbiteriana Mackenzie. Correo electrónico: [adilson.caldeira@mackenzie.br](mailto:adilson.caldeira@mackenzie.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3285-7100>.
- b Licenciatura en Administración de la Universidad Presbiteriana Mackenzie. Correo electrónico: [jp.mack@bol.com.br](mailto:jp.mack@bol.com.br).
- c Licenciatura en Administración de la Universidad Presbiteriana Mackenzie. Correo electrónico: [er.mack@bol.com.br](mailto:er.mack@bol.com.br).
- d Licenciatura en Administración de la Universidad Presbiteriana Mackenzie. Correo electrónico: [ca.mack@bol.com.br](mailto:ca.mack@bol.com.br).

resultados revelan consideraciones sobre las buenas prácticas de gestión que impactan en el desarrollo de las empresas del sector, ya sean pequeñas, medianas o grandes. Interpretados a la luz del marco teórico considerado, los hallazgos confirman el reconocimiento de las acciones emprendidas en la gestión de costos como estratégicas, ya que favorecen el desempeño competitivo de las organizaciones en el largo plazo, protegiéndolas de la inestabilidad y volatilidad típicas del mercado.

**Palabras clave:** Agroindustria. Gestión de costes. Estrategia. Competitividad. Desarrollo de negocios.

## **1. Introdução**

Um estudo da Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas (SIRE) da Embrapa (2021) revela o avanço da produção e exportação agropecuária do país nas duas primeiras décadas do século XXI, quando o Brasil atingiu a quarta posição na produção mundial de grãos (arroz, cevada, soja, milho e trigo), superado apenas por China, Estados Unidos e Índia, na liderança mundial de produção de soja e a segunda posição na exportação de milho.

A prosperidade desses segmentos do agronegócio brasileiro, contudo, contrasta com a exposição à volatilidade nos preços de insumos básicos e custos de produção, demandando ações administrativas contínuas em prol da sustentabilidade econômica dos negócios.

A gestão de custos ganha relevância, demandando informações produzidas no nível operacional pela contabilidade de custos, alimentando a contabilidade gerencial, de nível tático, em subsídio às decisões em âmbito estratégico, ou seja, no nível das macrodecisões em que se busca alinhar as capacidades internas da organização às condições determinadas pelo ambiente externo (PEREIRA; ARIMA; KOBAYASHI, 2004; MARTINS, 2010).

Partindo do pressuposto dos benefícios potenciais da aplicação da visão estratégica à gestão de custos em organizações que atuam na produção e distribuição de soja e milho, o presente estudo busca resposta ao seguinte problema de pesquisa: Qual a percepção de produtores brasileiros de soja e milho sobre o papel estratégico da gestão de custos e sua influência na competitividade do setor de produção de grãos?

Estabeleceu-se como objetivo geral conhecer os benefícios decorrentes da visão estratégica aplicada à gestão de custos na agricultura sob o ponto de vista de produtores brasileiros de soja e milho. Para o alcance desse objetivo geral, adotaram-se os

seguintes objetivos específicos: a) estudar as principais condições e características dos negócios e da dinâmica competitiva do setor de soja e milho; b) explorar conceitos, formas e instrumentos aplicados à gestão estratégica de custos; c) identificar potenciais influências das práticas de gestão estratégica de custos no desempenho competitivo dos negócios no setor de lavouras.

Após esta seção introdutória, apresenta-se o referencial teórico, elaborado com base em pesquisa bibliográfica que aborda os temas custos e sua gestão, estratégia e gestão estratégica de custos. O tópico seguinte contempla uma descrição do contexto atual observado no setor agrícola brasileiro. Na sequência, descrevem-se os procedimentos metodológicos utilizados e, a seguir, efetua-se a apresentação e análise dos resultados da pesquisa de campo. Por fim, tecem-se as considerações finais, com a discussão dos resultados frente aos objetivos traçados, as limitações enfrentadas e sugestões de passos futuros para a evolução da construção do conhecimento sobre o tema abordado.

## **2. Referencial teórico**

Neste tópico apresentam-se os principais conceitos, reflexões e exemplos encontrados na literatura sobre as variáveis que compõem o problema de pesquisa como subsídio à construção do modelo conceitual que balizou o estudo.

### **2.1 Estratégia: conceitos e processos**

Kotler e Keller (2006) consideram que “estratégia” é uma ação eleita para chegar a um resultado desejado. Mais do que um simples caminho, contudo, a estratégia é vista por Barney e Hesterly (2011) como um meio relativo à competição, ou uma teoria adotada por alguém para obter vantagens competitivas.

Nas organizações, a estratégia resulta por atitudes de gestão que visam desenvolver o negócio de forma competitiva, mediante alocação de recursos, desenvolvimento e aproveitamento de

competências, além de minimização de deficiências internas, de modo a promover ajustes estruturais para o enfrentamento de mudanças causadas por agentes externos, tais como oponentes inteligentes (MINTZBERG; QUINN, 2001).

As estratégias resultam de um procedimento desenvolvido a partir de um exame de seu ambiente interno e externo, possibilitando desenvolver estimativas e previsões acerca de situações futuras (FALSARELLA; JANNUZZI, 2017). Define-se, então, o posicionamento competitivo, que orientará a formulação de estratégias sob uma perspectiva sistêmica, considerando os aspectos concernentes às diversas áreas organizacionais, como marketing, vendas, compras, produção, finanças e recursos humanos, de modo a identificar o suporte apropriado para que a implementação das estratégias se efetive (KOTLER; KELLER, 2006).

## **2.2 Gestão de custos: um enfoque estratégico**

De acordo com Goulart Junior (2000), a gestão de custos abrange análise do comportamento dos custos e ações gerenciais para que seu efeito seja minimizado na produção de bens e serviços e assim otimizando sua rentabilidade. Para Medeiros, Costa e Silva (2005), controlar os custos é um meio de promover produtividade, criar condições para a oferta de preços competitivos e otimizar o retorno dos investimentos.

Bruni e Famá (2008) destacam que a tomada de decisão requer um bom sistema de informações de custos, para planejar e controlar a eficiência produtiva e obter vantagens competitiva (LEONE, 2000). A aplicação da visão estratégica envolve adicionar a essas informações aquelas relativas ao ambiente externo que influem no comportamento dos custos da organização, para preservar condições competitivas favoráveis (BACIC, 2009).

Ou seja, a gestão estratégica de custos requer análises que

vão além dos limites da empresa, considerando, além dos custos internos, os dos fornecedores e intermediários, procurando, ao longo de toda a cadeia de valor, as chances de redução de custos e de aumento de competitividade (SHANK; GOVINDARAJAN, 1995; MARTINS, 2010).

A consciência para o caráter estratégico da gestão de custos envolve escolhas como a conveniência de fazer ou comprar, receber o cliente ou ir até ele, oferecer soluções com preços menores ou qualidade e comodidade superiores. Tanto para competir com preços inferiores quanto com margens superiores à concorrência, torna-se importante gerir os custos que permeiam a cadeia produtiva (BLOCHER et al., 2007).

### **2.3 A gestão estratégica de custos nos agronegócios**

Marion (2007) identifica três grupos de atividades rurais. O primeiro dedica-se à produção vegetal, de culturas hortícolas e forrageiras (cereais, hortaliças, tubérculos, plantas oleaginosas, especiarias, fibras, floricultura e outras) e arboricultura (árvores de reflorestamento, pomares, vinhedos e seringais). O segundo grupo orienta-se à produção animal (atividade zootécnica), composta por especialidades como apicultura, avicultura, cunicultura, pecuária, piscicultura e ranicultura. O terceiro grupo compreende a atividade agroindustrial, compreendendo beneficiamento de produtos agrícolas (arroz, café, milho), transformação de produtos zootécnicos (mel, laticínios, casulos de seda) e transformação de produtos agrícolas (cana-de-açúcar em álcool e aguardente, soja em óleo, uva em vinho).

Ainda que passível de adequação às especificidades de cada um desses grupos, dada a diversidade de seus processos produtivos, gestão de custos é um elemento essencial para o controle da rentabilidade, lucratividade, eficiência e a eficácia do sistema produtivo (RICHETTI, 2016). Os custos dessa atividade são relacionados direta ou indiretamente com a produção da

lavoura desde o período que antecede o plantio até o momento após a colheita (ANDRADE et al., 2012; DUARTE et al., 2011). Ademais, os custos de produção têm suma relevância em âmbito da administração pública, pois também servem como subsídio para as políticas de custeio, créditos e de preços mínimos (MENEGATTI; BARROS, 2007).

O enfoque estratégico aplicado à gestão de custos decorre de uma visão sistêmica que considere elementos internos associados a fatores externos que influenciam diretamente a sustentabilidade econômica dos negócios. Exemplos disso são o peso dos custos de transporte e movimentação dos produtos e o impacto ambiental das atividades do agronegócio (VILCKAS et al., 2006; GONÇALVES, 2008).

Uma questão estratégica presente nas decisões sobre internalizar ou recorrer a agentes externos (*outsourcing*) nas operações reside nos eventuais custos de transação. Com base na Teoria dos Custos de Transação, originada por Coase (1937), Sztajn (2004) explica que, além dos custos de produção, existem custos menos visíveis, tais como os decorrentes de imperfeições contratuais em negócios com terceiros, e possíveis danos à imagem da empresa.

De acordo com Sztajn (2004), a verticalização da cadeia produtiva pode reduzir riscos de incidência de custos de transação, de forma que a economia obtida ao se realizar ou organizar qualquer operação internamente seja superior ao custo de realizar a mesma operação via mercados. No caso dos agronegócios, a opção por estruturar a cadeia produtiva, que originalmente é uma decisão relativa a custos, adquire papel estratégico na condução dos negócios, requerendo que se considerem, além das questões estruturais internas, as condições ambientais presentes no mercado (BLOCHER et al, 2007), com postura de orientação para o futuro, como prática da gestão estratégica de custos em um ambiente de negócios competitivo e

globalizado (GUILDING; CRAVENS; TAYLES, 2000), em que as instituições dedicadas aos agronegócios são consideradas como integrantes de um sistema amplo e aberto.

### **3. Procedimentos metodológicos**

No plano empírico, realizou-se uma pesquisa exploratória qualitativa visando identificar os impactos de uma gestão estratégica de custos no desenvolvimento da produção de grãos por parte dos integrantes de organizações empresariais rurais.

Conforme Richardson et al. (2007), a pesquisa qualitativa, indicada para o entendimento de determinados fenômenos, pode ser realizada com fim exploratório quando se pretende aprofundar o conhecimento sobre um assunto pouco estudado. Analogamente, Collis et al. (2006) recomendam tal opção metodológica para desvendar novos padrões, ideias e hipóteses, como fase preliminar para posterior investigação mais rigorosa.

A coleta de dados foi efetuada por meio de entrevistas semiestruturadas, com o uso de um roteiro com perguntas abertas, construídas com base nos objetivos específicos da pesquisa e a partir do referencial teórico adotado. Os entrevistados foram gestores de pequenas, médias e grandes empresas do segmento agrícola localizados nos estados de São Paulo e Paraná, no período de março a abril de 2022. O critério de seleção dos entrevistados foi por conveniência e acessibilidade, dentre os considerados em contato com a realidade e as práticas agrícolas por atuarem na liderança de cinco diferentes empresas rurais voltadas à produção de grãos.

Optou-se por preservar a identidade dos entrevistados e de suas empresas, fazendo-se as referências a eles como E1 (entrevistado 1), E2 (entrevistado 2), e assim em diante. Contudo, suas posições e o ramo de atuação são relacionados no Quadro 1.

Quadro 1 – Participantes da Pesquisa

<b>Entrevistado</b>	<b>Cargo</b>	<b>Ramo da empresa</b>
E1	CEO	Agricultura e Pecuária
E2	Sócio gerente	Agricultura e prestação de serviços
E3	CEO	Agricultura e Indústria
E4	Consultor	Agricultura e Pecuária
E5	Sócio gerente	Agricultura, Pecuária, Indústria e Prestação de Serviços

Fonte: Autores.

As entrevistas foram realizadas mediante interação pessoal ou em ambiente virtual, gravadas com o consentimento dos entrevistados e posteriormente transcritas na íntegra. O material produzido foi submetido a uma análise crítica, gerando uma pré-classificação, tendo por referência os objetivos previamente estabelecidos para a pesquisa.

Com base na proposta metodológica para análise de conteúdo de Bardin (2006), os dados foram classificados, pelo critério semântico, em unidades de registro (UR). Em seguida, as UR foram agrupadas por similaridade em unidades de significado (US), a partir de padrões identificados.

Desenvolveu-se, então, a classificação de elementos em três categorias temáticas: a categoria 1 (C1) refere-se às formas pelas quais se realiza uma gestão estratégica de custos, a categoria 2 (C2) envolve os benefícios e impactos da gestão de custos na competitividade da empresa e a categoria 3 (C3) que corresponde às práticas de estratégias competitivas no setor.

O Quadro 2 apresenta as unidades de significado e as categorias consideradas na organização da análise.

Quadro 2 – Categorias de análise

<b>Categorias de Análise</b>	<b>Unidades de Significado</b>
C1.: Formas pelas quais se realiza a gestão estratégica de custos	US1. Planejamento financeiro US2. Gestão de custos US3. Impactos da gestão estratégica de custos
C2.: Impactos da gestão de custos na competitividade da empresa	US4. Análise dos custos US5. Tomada de decisão US6. Rentabilidade da atividade agrícola
C3.: Práticas de estratégias competitivas no setor	US7. Análise da cadeia de valor dos insumos agrícolas US8. Custos sob enfoque estratégico

Fonte: Autores.

## **4. Apresentação, interpretação e análise dos dados**

Neste tópico apresentam-se os resultados obtidos nas entrevistas, confrontando-os com a literatura consultada e estabelecendo conexões com vistas à consecução dos objetivos da pesquisa. A interpretação e discussão das evidências encontradas foram organizadas com base nas três categorias de análise, ou seja, formas pelas quais se realiza a gestão estratégica de custos, benefícios e impactos da gestão de custos na competitividade da empresa rural e práticas de estratégias competitivas no setor.

### **4.1 Formas pelas quais se realiza a gestão estratégica de custos**

De um modo geral, os entrevistados reconhecem a importância de um planejamento financeiro bem estruturado para a tomada de decisão. Viu-se que contabilidade de custos fornece informações para planejar, controlar e decidir com maior eficácia, em busca de vantagem competitiva (LEONE, 2000).

A importância da contabilidade de custos para a tomada de decisão entre meios de ações alternativas mencionada por Bruni e

Famá (2008) é percebida pelos entrevistados, que declaram que o planejamento financeiro e a análise dos custos é essencial para a tomada de decisão, conforme se nota nos seguintes exemplos:

É importante ter essa projeção (...) porque ela estabelece o ritmo que você deve ter na sua atividade produtiva. (E1)

[...] fazendo o planejamento conseguimos identificar custos ou entender como será o plantio, conseguimos prever um pouco mais (E2)

[...] planejamento financeiro da atividade agrícola, é muito importante [...], porque você consegue definir exatamente o custo de produção, e [...] tomar algumas decisões como venda futura da *commodity*, investimento e gestão do fluxo de caixa (E3)

[...] com esse planejamento financeiro a gente decide o que vai plantar na próxima safra (..) com isso a gente consegue planejar o custo (...) e consegue ver se a lavoura vai ser viável ou não. (E4)

A gente começa o planejamento um ano antes e finda ele, na realidade a gente sempre fala que não pode trabalhar em ano e sim em safra. Assim tomamos a decisão de começar a travar adubo, travar dólar e etc. (E5).

Na visão de Sztajn (2004), ao centralizar, organizar a produção, e com isso reduzir os custos de ir a mercados; as firmas crescem, expandem-se. Os entrevistados identificam que a gestão de custos se torna estratégica ao criar vínculos entre fatores de produção, com custos reduzidos e permite, por meio do travamento dos preços futuros das commodities, uma menor exposição às oscilações de mercado, tornando a cultura agrícola mais rentável e levando a firma à expansão no longo prazo. Essa ideia é encontrada em afirmações como:

Na previsão de custos e de faturamento, você pode estabelecer 3 alternativas: a mais positiva, a regular e a negativa. Você não pode acertar no alvo, então você tem 3. (E1)

[...] conseguimos prever um pouco mais do que vamos passar, nos organizar melhor. (E2)

[...] essa gestão detalhada ajuda você a tomar decisões, o por que você está sendo mais rentável em uma propriedade do que outra, o por que você está sendo mais rentável na tomada de decisão de uma cultura ou de outra cultura, [...] a gestão de custos deve fazer parte da vida do produtor rural, tem muitos produtores rurais que não fazem essa gestão de custos detalhada. (E3)

[...] Com a gestão de custos você consegue prever o seu faturamento, o seu ganho e o seu lucro da atividade futuramente. Porque se você faz o orçamento dos seus custos para o plantio da determinada lavoura, determinada cultura, seja ela de soja ou milho, você já tem recursos para realizar a fixação do preço futuro das commodities. [...] Fixando o valor no futuro da sua lavoura, na época de colheita, você consegue projetar um lucro líquido e ter maior domínio da rentabilidade da atividade. (E4)

[...] é um ciclo que se vê no mercado: em 2005, 2006, quando a saca da soja era 30/40 reais aí pulou para 60, todo mundo estava comentando muito positivamente e, de repente acabou o mercado. Agora, estamos vivendo o boom de novo, que vamos supor, que se eu não tivesse travado o custo, talvez eu não teria prejuízo por causa do dólar. (E5)

#### **4.2 Impactos da gestão de custos na competitividade da empresa rural**

Alguns entrevistados citam que a competitividade e a

redução dos custos de produção da lavoura dependem de vários agentes da cadeia de valor da *commodity* produzida, principalmente no tocante a fornecedores, intermediários e ao macromercado. Essa ideia converge com Martins (2010), que propõe que a gestão de custos extrapola os limites da empresa, abrangendo toda a cadeia de valor, desde a origem dos recursos até a chegada do produto ao consumidor final. Não basta conhecer os custos da sua empresa, mas também os dos fornecedores e intermediários, até chegar às condições ofertadas ao consumidor final, para identificar possibilidades de redução de custos e de aumento de competitividade. Isso se revela quando os entrevistados afirmam:

[...] em termos de oferta e demanda os preços sobem, nos insumos, fertilizantes, sementes, defensivos e etc. [...] numa fase de entressafra, você pode comprar os insumos de condições mais confortáveis em termos de preço, do que no período de início de plantio ou durante o plantio porque a demanda é maior e os preços evidentemente tendem a se elevar. É essencial fazer essa análise da cadeia de valor, principalmente dos insumos. (E1)

Uma coisa também que você “pega” é a questão de planejamento e análise de solo, a parte mais operacional influencia sim na competitividade. (E2)

[...] a rentabilidade ela está baseada no seu custo e na sua produtividade e nem sempre produzir mais, sem controle de custos, vai te dar mais rentabilidade, são coisas diferentes. (E3)

Nós passamos uma investigação da cadeia de valor dos nossos insumos [...] com isso a gente consegue ter uma redução muito grande nos preços [...] análise de solo também [...] é muito

importante porque assim você consegue economizar nos corretivos e nos adubos. (E4)  
[...] você tem que estar sempre atento ao câmbio. Porque por exemplo, quando vão te vender adubo, vão te vender em dólar, então tem que estar muito ligeiro a [...] como que vai estar a demanda e o consumo de soja a nível mundial. [...] Outro ponto de muita atenção na agricultura são fatores climáticos. (E5)

De acordo com a literatura, os resultados econômicos de um negócio resultam da combinação de todas as variáveis de produção, que devem ser consideradas nas decisões destinadas a maximizar o desempenho (BARNEY; HESTERLY, 2011). Nota-se uma convergência dos entrevistados com essa ideia nos seguintes depoimentos:

[...] o maior desafio é o clima. Se o clima não nos favorecer, como foi este ano, extremamente irregular, atrasando o plantio da safra do verão, tanto do milho como da soja, conseqüentemente atrasando também o plantio da safrinha, no caso do milho especificamente que vivemos hoje, é uma expectativa muito complexa [...], dificultando a projeção do que você vai gastar, dos custos que estão envolvidos, sobretudo, no período atual que está havendo uma elevação substancial de todos os insumos da agricultura. (E1)

O maior desafio ultimamente vinha sendo o mercado né, porque às vezes você fazia todo o planejamento e esperava aquilo lá, mas daí chegava a época de safra e colheita, os preços caíam, as vezes você planejava um valor e daí caía 20, 30% do que você esperava, [...] só que hoje não está sendo assim por conta que o preço das commodities explodiu e é a hora de ganhar dinheiro, mas vai ter outro grande

desafio agora: o planejamento do ano que vem. Porque os insumos e as coisas também dobraram os preços [...] então o desafio maior é baratear o custo para poder produzir (E2)

[...] muitas vezes, antes do planejamento agrícola eu consigo fazer alguns fechamentos futuros que faz com que eu consiga fechar o meu custo. [...] escolher o melhor momento para a venda, [...] deixa a atividade agrícola muito mais rentável, você ter a liberdade de tomar a melhor decisão na venda, [...] e um outro ponto que não tocamos aqui são pessoas capacitadas [...], com vontade e que sigam os processos para que torne sua atividade rentável. (E3)

Primeiro, uma boa administração, isso é fato, segundo, capricho na lavoura, quanto mais capricho você tiver, mais retorno você vai ter, e capricho significa, botar o que a terra precisa, de fazer o que a terra pede, [...] ter um planejamento financeiro bom. (E5)

Outro aspecto abordado nas entrevistas refere-se à afirmação de Menegatti e Barros (2007) sobre a importância da gestão, compreensão e análise dos custos de produção agrícola dentro da propriedade, uma vez que o produtor rural é um tomador de decisões e tem como objetivo maior alcançar a melhor alocação dos insumos a fim de obter resultados que maximizem a sua utilidade. Alinhados a tal ideia, bem como à de que os custos de produção têm suma importância em nível governamental por subsidiar para as políticas de custeio, créditos e de preços mínimos, os entrevistados entendem que a análise dos custos tem um impacto diretamente relacionado à tomada de decisão para a obtenção de resultados que maximizem a rentabilidade, conforme se observa nas seguintes afirmações:

A análise dos custos te dá elementos “pra” tomar uma decisão muito mais certa: planto ou não planto. Entendeu? Quanto maior ou menor a quantidade, ou a área plantada. (E1)

Eu tenho que entender qual que deve ser o meu custo e entender também qual que deve ser a minha a minha produtividade mínima para poder ter rentabilidade. [...] quando você começa a ter um histórico de custos você consegue comparar custos diferentes e entender porque na anterior eu gastei mais com fertilizante, pessoas, defensivos que este ano. (...) é importante você ter centros de custos diferentes por propriedade porque você consegue exatamente fazer essa discussão e entender as diferenças entre uma propriedade e outra [...] (E3)

Assim tomamos a decisão de começar a travar adubo, travar dólar e etc., uma das coisas que a gente não faz mais é trabalhar com o custo em real, mas como ultimamente nossa moeda está muito instável, a gente não tá mais conseguindo ter uma estabilidade de custo (E5)

### **4.3 Práticas de estratégias competitivas no setor**

De acordo com Blocher et al. (2007), a consciência para o caráter estratégico da gestão de custos se evidencia pela adoção de referências sobre a conveniência de fazer ou comprar, receber o cliente ou ir até ele, oferecer soluções com preços menores ou qualidade e comodidade superiores. Dependendo das alternativas selecionadas, os custos tendem a influenciar significativamente, preços e margens de retorno dos investimentos. Especialmente no caso da escolha de ofertar preços menores do que os competidores, torna-se importante desenvolver formas de avaliar, acompanhar e gerir a evolução dos custos dos produtos ao longo da cadeia, buscando a sua redução contínua. Ao analisar o tema

no contexto da produção de grãos, observa-se que por se tratar de commodities o fator que define o posicionamento estratégico do produto sempre serão os custos, uma vez que ele não possui diferenciação, o que está presente na seguinte afirmação:

[...] você trabalha com *commodity*, então, não tem como eu te dizer assim; Ah, vou te entregar uma soja melhor, uma soja isso, uma soja aquilo, não é, é tudo igual, o que muda são os aspectos fisiológicos da planta e você adapta conforme a região climática que você está, então você sempre vai pelo menor custo. (E5)

Shank e Govindarajan (1995) identificam três alicerces básicos para o processo analítico de custos dentro do contexto estratégico: Análise da cadeia de valor, do posicionamento estratégico e dos geradores de custos. Buscou-se conhecer as visões dos entrevistados sobre esse processo, obtendo as seguintes declarações:

[...] temos que fazer uma análise estratégica do que vai ser a produção e a produtividade no ano em que nós estamos atravessando, ou daquilo que podemos projetar para o ano seguinte. Em resumo, os pilares básicos são: custos, clima e análise da produtividade. (E1)

Primeiramente o planejamento, segundo a pesquisa de mercado e o que barateia o custo é a tecnologia, desde máquinas, até insumos agrícolas, tudo que é de mais utilizado no mercado. (E2)

[...] você precisa ter um detalhamento das despesas, precisa entender o que é custo fixo/custo variável, precisa fazer um fluxo de caixa de curto prazo e longo prazo [...], e você tem um terceiro pilar que são os investimentos, [...] fazer um planejamento financeiro e até

mesmo rever o seu planejamento financeiro como por exemplo prolongamento da dívida, antecipação de pagamentos. (E3)

Os alicerces básicos para o processo de análise dos custos de produção são: conhecimento agrícola, da cultura que você vai plantar, a fim de saber os fungicidas/ inseticidas/ adubação necessários, e análise de solos tem que fazer uma análise de solo bem-feita, [...] para assim poder determinar e quantificar os custos. (E4)

Consideram-se, portanto, como estratégicas para as organizações questões concernentes à produtividade em aspectos como o conhecimento das tendências de mercado e a otimização de custos, com o uso de técnicas de produção, uso de tecnologia aplicada a equipamentos e insumos agrícolas, eficiência no planejamento financeiro, evitando recorrer a financiamento bancário dadas as elevadas taxas de juros. Tais concepções exemplificam a demanda pelo conhecimento e monitoramento das condições ambientais presentes no mercado, observada por Blocher et al. (2007) e Guilding, Cravens e Tayles (2000).

## **5. Considerações finais**

Partindo do objetivo central de compreender a visão de produtores rurais sobre as influências da gestão estratégica de custos na competitividade do setor de produção de soja e milho, optou-se pela realização de uma pesquisa qualitativa de caráter exploratório, fundamentada por um referencial teórico construído a partir de pesquisa bibliográfica, mediante entrevistas com gestores e produtores rurais experientes no tema em estudo.

Observou-se que a gestão de custos, está atrelada à eficiência do planejamento financeiro e a organização dos custos. Constatou-se, também, que quando é realizada com base na cadeia de valor do produto e na análise das variáveis de produção,

a gestão de custos favorece o desempenho competitivo da empresa. No caso em foco, que envolve a produção de *commodities*, as práticas estratégicas competitivas devem ser fundamentadas na análise dos custos de operação e de transação, comprovando a relação entre a estratégia e a gestão de custos propostas no objetivo do estudo.

Desse modo, infere-se que as práticas estratégicas voltadas a gestão de custos no segmento agrícola têm um papel fundamental na rentabilidade do negócio. Uma vez planejado o custo total da produção, organizados os dados de produtividade de safras passadas e bem executada a gestão estratégica de custos, o produtor tem conhecimento suficiente para a definição do break even point da sua atividade. Isso supre o gestor com elementos suficientes para a tomada de decisão, podendo assim, realizar o estabelecimento de preços com contratos futuros dos grãos juntamente com seus clientes. Isso define para quais clientes fornecer, com conhecimento prévio sobre o faturamento mínimo necessário para garantir o pagamento das despesas, proporcionando menor exposição a possíveis volatilidades do mercado. Tais fatores e práticas estratégicas possuem relação direta com o desempenho da empresa no longo prazo.

As descobertas revelam que o estudo alcançou os objetivos propostos, embora se reconheçam algumas limitações, como a abrangência dos resultados estar restrita ao universo pesquisado, representado por alguns agentes que atuam no setor. Outro aspecto a considerar é que o estudo revela estratégias da gestão de custos pelo agronegócio focado em sojicultura e milho cultura na região do estado de São Paulo e Paraná. Consequentemente, não é possível estender os resultados obtidos para todo o sistema produtivo do setor em âmbito nacional ou para outros tipos de organização.

A abrangência da pesquisa de campo limita-se à visão dos participantes, de modo que não se pode garantir que os dados

representem tendências gerais da população-alvo. Entretanto, a não representatividade da amostra não significa necessariamente que os resultados sejam inválidos, mas sim que não se pode considerar que os resultados sejam passíveis de generalização.

Desse modo, recomenda-se, para aprofundamento do conhecimento sobre o tema, que se recorra à aplicação de uma pesquisa quantitativa, com amostragem suficiente para que se possa comprovar estatisticamente as tendências relativas ao fenômeno em estudo.

## Referências

ANDRADE, F. T.; CASTRO JUNIOR, L. G.; COSTA, C. H. G. Avaliação da cafeicultura pela abordagem do custeio variável em propriedades nas principais regiões produtoras do Brasil. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, v. 14, n. 15, p. 356-366, 2012.

BACIC, M. J. **Gestão de custos**: uma abordagem sob o enfoque do processo competitivo e da estratégia. Curitiba: Juruá, 2009.

BARNEY, J.; HESTERLY, W. **Administração estratégica e vantagem competitiva**. São Paulo: Ed. Pearson Prentice-Hall, 2011.

BLOCHER, E. J. *et al.* **Gestão Estratégica de Custos**. 3a. ed. São Paulo: McGraw – Hill, 2007.

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. **Gestão de custos e formação de preços**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

COASE, R. H. The Nature of the Firm. **Economica**, v. 4, p. 386-405, nov. 1937. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1468-0335.1937.tb00002.x>. Acesso em: 22 jan. 2024.

COLLIS, J.; HUSSEY, R.; SIMONINI. **Pesquisa em administração**: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação. 2. ed, Porto Alegre: Bookman, 2006.

DUARTE, S. L. *et al.* Variáveis dos custos de produção versus preço de venda da cultura do café no segundo ano da lavoura. **REGE-Revista de Gestão**, v. 18, n. 4, p. 675-689, 2011.

EMBRAPA. Brasil é o quarto maior produtor de grãos e o maior exportador de carne bovina do mundo, diz estudo. 2021. Disponível em: [https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/62619259/brasil-e-o-quarto-maior-produtor-de-graos-e-o-maior-exportador-de-carne-bovina-do-mundo-diz-estudo?p\\_auth=mSUFTO03](https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/62619259/brasil-e-o-quarto-maior-produtor-de-graos-e-o-maior-exportador-de-carne-bovina-do-mundo-diz-estudo?p_auth=mSUFTO03). Acesso em: 10 dez. 2022.

FALSARELLA, O. M.; JANNUZI, C. A. S. C. Planejamento Estratégico Empresarial e Planejamento de Tecnologia da Informação e Comunicação: uma abordagem utilizando projetos. **Gestão & Produção**, v. 24, p. 610-621, 2017.

GONÇALVES, J. A. Os bons exemplos que vêm do Campo. In: **Anuário Exame Agronegócio**: O ranking das 400 maiores empresas do agronegócio. São Paulo: jun. 2008. p. 54-57.

GOULART JÚNIOR, R. **Custeio e precificação no ciclo de vida das empresas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

GUILDING, C.; CRAVENS, K. S.; TAYLES, M. An international comparison of strategic management accounting practices. **Management accounting research**, v. 11 n. 1, p. 113-135, 2000.

KOTLER, P.; KELLER, K. L. **Administração de**

**Marketing**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, São Paulo: 2006.

LEONE, G. S. G. **Custos**: planejamento, implantação e controle. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

MARION, J. C. **Contabilidade Empresarial**. 15. Ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MARTINS, E. **Contabilidade de Custos**. São Paulo: Atlas, 2010.

MEDEIROS, O. R.; COSTA, P. S.; SILVA, C. A. T. Testes empíricos sobre o comportamento assimétrico dos custos nas empresas brasileiras. **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 16, p. 47-56, 2005.

MENEGATTI, A. L. A.; BARROS, A. L. M. Análise comparativa dos custos de produção entre soja transgênica e convencional: um estudo de caso para o Estado do Mato Grosso do Sul. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 45, p. 163-183, 2007.

MINTZBERG, H.; QUINN, J. B. **O processo da estratégia**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

PEREIRA, E.; ARIMA, C. G.; KOBAYASHI, A. K. A integração do sistema de contabilidade de custos aos sistemas de apoio à decisão. **Base**, v. 1 n. 1, p.13-24, 2004.

RICHARDSON, R. J. *et al.* **Pesquisa social**: métodos e técnicas. São Paulo: Atlas, 2007.

RICHETTI, A. Viabilidade econômica da cultura da soja na safra 2016/2017, em Mato Grosso do Sul. 2016. Disponível em:

<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1050146>. Acesso em: 14 jan. 2023.

SHANK, J. K.; GOVINDARAJN, V. **Gestão Estratégica de Custos** – A nova ferramenta para a vantagem competitiva. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

SZTAJN, R. **Teoria jurídica da empresa**: atividade empresarial e mercados. São Paulo: Atlas, 2004.

VILCKAS, M., *et al.* (Org.). **Planejamento e agregação de valor nos empreendimentos rurais**. São Paulo: Saraiva, 2006.



## **A abordagem do “solo” como contribuição (e crítica) ao ensino de ciências naturais**

*Daniel Hanke<sup>a</sup>, Diego Carneiro dos Santos<sup>b</sup>, Shirley Grazieli da Silva Nascimento<sup>c</sup> e Mariana Rockenbach de Ávila<sup>d</sup>*

**Resumo:** O solo é um componente fundamental do ecossistema terrestre por ser o meio utilizado pelas plantas para o seu crescimento e distribuição. Adicionalmente, são fornecedores de serviços ecossistêmicos para o planeta. A disseminação de informações sobre o solo são essenciais para a sua preservação e conservação. A motivação desse estudo foi a de considerar a possibilidade de uso do solo em conteúdos curriculares no ensino das Ciências da Natureza, com foco em características da paisagem do bioma Pampa. Portanto, objetivou-se: i) investigar os atributos de diferentes solos em uma topossequência no Bioma Pampa e identificar as conexões e funcionalidades

- 
- a Doutor em Ciência do Solo. Professor na Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA. E-mail: [hankesolos@gmail.com](mailto:hankesolos@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9546-8527>.
- b Graduação em Educação do Campo pela Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA. E-mail: [diegodossantos@gmail.com](mailto:diegodossantos@gmail.com).
- c Doutora em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Professora na UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa. E-mail: [nascimento.shy@gmail.com](mailto:nascimento.shy@gmail.com). ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6888-9967>.
- d Doutora em Zootecnia. Pesquisadora colaboradora na Embrapa Clima Temperado. E-mail: [mariana.avila@colaborador.embrapa.br](mailto:mariana.avila@colaborador.embrapa.br). ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6278-7513>.

ambientais desses corpos e; ii) correlacionar as informações dos atributos pedogenéticos com possíveis conteúdos curriculares que podem ser trabalhados, de forma verificável, a partir da ocorrência dos solos na paisagem do Bioma. A partir da realização desse trabalho foi possível verificar que a grande maioria dos conteúdos curriculares do Ensino das Ciências da Natureza estão relacionados à forma comumente utilizada no Estudo de Solos, sobretudo nos aspectos taxonômicos, funcionais e produtivos dos corpos pedogenéticos.

**Palavras-chave:** Ciência do Solo. Educação do campo. Pedologia. Conteúdo curricular.

## **The “Soil” approach as a contribution (and criticism) to Education in Natural Sciences**

*Daniel Hanke<sup>a</sup>, Diego Carneiro dos Santos<sup>b</sup>, Shirley Grazieli  
da Silva Nascimento<sup>c</sup> e Mariana Rockenbach de Ávila<sup>d</sup>*

**Abstract:** Soil is a fundamental component of the terrestrial ecosystem because it is the medium used by plants for their growth and distribution. Additionally, they are suppliers of ecosystem services for the planet. The dissemination of information about soil is essential for its preservation and conservation. The motivation for this study was to consider the possibility of using soil in curricular content in the teaching of Natural Sciences, focusing on characteristics of the landscape of the Pampa biome. Therefore, the aim were: i) to investigate the attributes of different soils in a topequence in the Pampa Biome and to identify connections and environmental functionalities of these natural bodies and; ii) correlate information of pedogenetic attributes with possible curricular content occurrence of soils in the landscape of the Biome. From the realization of this work it was possible to verify that the vast majority of curricular contents in the

- 
- a PhD in Soil Science. Professor at the Federal University of Pampa – UNIPAMPA. Email: [hankesolos@gmail.com](mailto:hankesolos@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9546-8527>.
- b Bachelor degree in Rural Education from the Federal University of Pampa – UNIPAMPA. Email: [diegodossantos@gmail.com](mailto:diegodossantos@gmail.com).
- c PhD in Family Agricultural Production Systems. Professor at Federal University of Pampa – UNIPAMPA. Email: [natal.shy@gmail.com](mailto:natal.shy@gmail.com). ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6888-9967>.
- d PhD in Animal Science. Collaborating researcher at Embrapa Temperate Climate. E-mail: [mariana.avila@colaborador.embrapa.br](mailto:mariana.avila@colaborador.embrapa.br). ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6278-7513>.

Teaching of Natural Sciences are related to the form commonly used in the Study of Soils, especially in the taxonomic, functional and productive aspects of pedogenetic bodies.

**Keywords:** Soil Science. Rural Education. Physics Pedology. Chemistry. Curricular content.

## **El enfoque del “suelo” como aporte (y crítica) a la enseñanza de las ciencias naturales**

*Daniel Hanke<sup>a</sup>, Diego Carneiro dos Santos<sup>b</sup>, Shirley Grazieli da Silva Nascimento<sup>c</sup> e Mariana Rockenbach de Ávila<sup>d</sup>*

**Resumen:** El suelo es un componente fundamental del ecosistema terrestre ya que es el medio utilizado por las plantas para su crecimiento y distribución. Además, son proveedores de servicios ecosistémicos para el planeta. La difusión de información sobre el suelo es fundamental para su preservación y conservación. La motivación de este estudio fue considerar la posibilidad de utilizar el suelo en contenidos curriculares en la enseñanza de Ciencias Naturales, centrándose en las características del paisaje del bioma Pampa. Por lo tanto, el objetivo fue estudiar: i) investigar los atributos de diferentes suelos en una toposecuencia en el Bioma Pampa e identificar las conexiones y funcionalidades ambientales de estos cuerpos y; ii) correlacionar la información de los atributos pedogenéticos con posibles contenidos curriculares que puedan trabajarse, de manera verificable, a partir de la

---

a Doctor en Ciencias del Suelo. Profesor de la Universidad Federal de Pampa – UNIPAMPA. Correo electrónico: [hankesolos@gmail.com](mailto:hankesolos@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9546-8527>.

b Licenciatura en Educación Rural por la Universidad Federal de Pampa – UNIPAMPA. Correo electrónico: [diegodossantos@gmail.com](mailto:diegodossantos@gmail.com).

c Doctorado en Sistemas de Producción Agraria Familiar. Profesor de UNIPAMPA – Universidad Federal de Pampa. Correo electrónico: [natal.shy@gmail.com](mailto:natal.shy@gmail.com). ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6888-9967>.

d Doctorado en Ciencia Animal. Investigador colaborador de Embrapa Clima Temperado. Correo electrónico: [mariana.avila@colaborador.embrapa.br](mailto:mariana.avila@colaborador.embrapa.br). ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6278-7513>.

ocurrencia de los suelos en el paisaje del Bioma. A partir de la realización de este trabajo se pudo comprobar que la gran mayoría de los contenidos curriculares de la Enseñanza de las Ciencias Naturales están relacionados con la forma comúnmente utilizada en el estudio de los Suelos, principalmente en los aspectos taxonómicos, funcionales y productivos del cuerpo pedogenético.

**Palabras clave:** Educación de campo. Pedología. Químico. Físico. Ciencia del suelo. Contenidos curriculares.

## 1. Introdução

O solo é um componente fundamental do ecossistema terrestre por ser o meio utilizado pelas plantas para o seu crescimento e distribuição. Além disso, o solo também exerce outras funcionalidades ecossistêmicas, tais como: i) regulação e dinamização da água na paisagem (SCHEER et al., 2011; HANKE; DICK, 2017a; HANKE; DICK, 2019); ii) estoque e ciclagem de nutrientes para as plantas e outros organismos; iii) filtragem ambiental (IPCC, 2001; SCHEER et al., 2011; HANKE; DICK 2017b; HANKE; DICK, 2019) e; iv) imobilização de carbono (C) atmosférico e mitigação dos gases do efeito estufa (GEEs) (BAYER; MIELNICZUK, 2006; HANKE; DICK, 2017<sup>a</sup>; HANKE; DICK, 2019; SANTOS et al., 2018).

Como um corpo dinâmico, o solo pode ser degradado através de seu uso inadequado, prejudicando (ou mesmo anulando) o desempenho de suas funcionalidades ambientais (HANKE; DICK 2019). O estudo do solo e a disseminação de informações sobre a relação desse recurso com a vida humana são essenciais para a sua preservação e conservação. Apesar de sua importância, no ensino fundamental e médio, o espaço dedicado ao solo é pequeno, ou até mesmo nulo. Esse conteúdo nos materiais didáticos, muitas vezes, encontra-se em desacordo com os parâmetros curriculares nacionais, estando frequentemente desatualizado, incorreto ou incompatível com a realidade dos solos brasileiros (LIMA, 2002a; LIMA, 2008; GUIMARÃES et al., 2013). Tais materiais apresentam uma abordagem sobre o solo apenas como meio de desenvolvimento de culturas agrícolas, ignorando suas importantes funções ecossistêmicas (filtro ambiental, nicho para o desenvolvimento de organismos endêmicos e reservatório de C atmosférico<sup>1</sup>). Além disso, o solo

---

1 O carbono está presente na atmosfera, na forma de gás carbônico (CO<sub>2</sub>), o qual apresenta papel importante no efeito estufa; O gás

também tem sido abordado de forma estática e individual, não apresentando relação com o ensino de ciências ou com a utilidade prática desse recurso para as mais diversas atividades antrópicas (LIMA, 2008). Esse fato implica para que a população, de forma geral, desconheça a importância do solo para os ecossistemas (BÔAS et al., 2014), contribuindo no processo de degradação desse recurso.

A abordagem pedológica, como forma de contribuição à Educação nas Ciências Naturais, é ainda bastante recente e pouco explorada. Tentativas de estruturação dessas iniciativas tiveram início nos anos de 1990 na Rússia, Austrália, Índia e Brasil (ABBOT et al., 2002; BADRINATH et al., 2002). No ano de 1996, foi estabelecido na França a chamada “Campanha do Solo” (RABAH et al., 2002), sendo os objetivos dessa iniciativa: i) reposicionamento do tema “solo” na cultura contemporânea, com foco na educação formal e popular; ii) instruir, a partir da premissa de que o solo é um recurso natural essencial para a sustentabilidade, sobre a necessidade de legislação específica para sua conservação, bem como os mecanismos para o cumprimento da mesma e; iii) criação da concepção de que o solo é parte do patrimônio natural e cultural da humanidade.

No Brasil, iniciativas dessa natureza destacam o papel do “Programa Solo na Escola”, desenvolvido inicialmente pela UFPR, junto às escolas de ensino fundamental, médio e técnico. O objetivo desse Programa foi o de apoiar a utilização da temática “solos” por meio da confecção de materiais didáticos, assim como da consolidação de formas que viabilizem a visitação de escolas à Universidade, bem como viabilizar a capacitação de professores nessa temática (LIMA, 2002b). Essas iniciativas foram disseminadas, nos últimos anos, por várias instituições de ensino superior.

---

carbônico atmosférico é utilizado por seres fotossintetizantes no processo de fotossíntese.

Embora essas iniciativas, em torno da educação em solos, tenham ganhado força nos últimos anos, ainda remanescem muitas dificuldades com relação a uma abordagem voltada à educação do campo. Muitas incongruências entre a educação formal atual, de caráter estritamente urbano, se tornam aparentes quando aplicadas ao contexto da ruralidade. Exemplos dessas dificuldades se mostram tanto na forma de abordagem dos conteúdos, quanto nas inconveniências de correlação dos conteúdos com os elementos que se fazem presentes no cotidiano da vida social material do estudante de origem rural. Em outras palavras: ao passo de que as iniciativas hoje consolidadas buscam uma reaproximação do estudante, de origem urbana, com o tema “solos”, o estudante das escolas do campo já possuem uma relação natural com esses corpos, que se dá através da forma como os grupos sociais utilizam esse recurso na produção de sua vida natural. Assim, as abordagens conceituais tradicionais podem não ser satisfatórias no contexto do campo e, inclusive, ocasionar um afastamento do estudante do tema, devido às incompatibilidades com os elementos de sua realidade.

A motivação desse estudo foi a de considerar a possibilidade de uso do solo, a partir da técnica de estudo de caso, para contribuir com o ensino das Ciências da Natureza, com foco em características da paisagem do bioma. Dessa forma, os objetivos desse trabalho foram: i) investigar os atributos de diferentes solos em uma topossequência no bioma Pampa e identificar as conexões e funcionalidades ambientais desses corpos e; ii) correlacionar as informações dos atributos pedogenéticos com possíveis conteúdos curriculares que podem ser trabalhados, de forma verificável, a partir da ocorrência dos solos na paisagem do bioma.

## **2. Materiais e métodos**

Esse estudo<sup>2</sup> foi dividido em duas partes, tendo a primeira delas a finalidade de levantamento de informações (atributos/parâmetros químicos, físicos, físico-químicos e biológicos) de solos ocorrentes em uma topossequência sob campo natural no bioma Pampa para a compreensão das funcionalidades e potenciais de uso do ambiente. A referida topossequência faz parte da área experimental da fazenda escola da Universidade Federal do Pampa. Essa área se caracteriza como um laboratório a céu aberto para os cursos que estão instalados em Dom Pedrito, dentre eles o curso de Licenciatura em Educação do Campo.

Essa etapa também tem a intenção de exemplificar a forma tradicionalmente abordada nos estudos taxonômicos e funcionais de solos, a fim de demonstrar o potencial do solo enquanto fonte de informações capaz de subsidiar a compreensão dos processos e fenômenos da natureza a partir de temáticas também trabalhadas pelas Ciências Naturais. A segunda parte trata de uma análise de correlação entre as categorias de informações de solo com os conteúdos de Química, Física, Biologia e Geografia, principalmente, do Ensino Fundamental e Médio, com base nas diretrizes curriculares operacionais. Abaixo serão descritos, em maiores detalhes, os procedimentos utilizados na realização do estudo.

### **2.1 Parte 1: Classificação e caracterização de solos em uma topossequência sob campo natural no Bioma Pampa**

A amostragem de solos foi realizada em uma topossequência característica sob campo nativo no município de Dom Pedrito/RS, por meio da abertura de trincheiras de aproximadamente 1,2 m de profundidade. O clima da região é

---

2 Projeto de pesquisa aprovado pelo Comitê de Ética da instituição na qual foi realizado.

classificado como Cfa (classificação de Köppen) – verão quente e seco e inverno frio e úmido, com temperatura média variando de 14 a 18 °C e precipitação média anual de 1260 mm (KUINCHTNER; BURIOL, 2001).

Os solos amostrados foram classificados como: i) Vertissolo Ebânico Órtico típico (VEo)- topo da encosta (31° 0'34.03"S e 54°36'55.18"O); ii) Luvisolo Háptico Pálico abrupto (TXp) – terço superior (31° 0'34.21"S e 54°36'52.79"O); iii) Chernossolo Ebânico Órtico vertissólico (MEo) – terço inferior (31° 0'32.47"S e 54°36'48.67"O) e; iv) Gleissolo Melânico (Ta) Eutrófico chernossólico (GMve) – planície aluvial (31° 0'31.06"S e 54°36'45.73"O) (EMBRAPA, 2018). As amostras (deformadas e indeformadas) foram retiradas de diferentes profundidades (0-0,2 m; 0,2-0,4 m; 0,4-0,6 m; 0,6-0,8 m; 0,8-1,0 m e 1,0-1,2 m). Mais informações sobre a área de amostragem, conforme podem ser verificadas na Figura 1.

*Figura 1 – Informações geográficas da área de amostragem: A) localização geográfica do município de Dom Pedrito no Estado do Rio Grande do Sul e Brasil; B) ortofoto mosaico, feita por meio de levantamento aerofotogramétrico – indicando a posição dos pontos de amostragem e; C) modelo digital de elevação do terreno (modelo altimétrico)*



Fonte: Autores.

O pH das amostras foi determinado em água destilada em proporção 1:3 (v/v). As formas trocáveis dos íons  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  e  $\text{Al}^{+3}$  foram extraídas em solução de KCl (1 mol L<sup>-1</sup>) e posteriormente determinadas por espectrometria de emissão atômica por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) (Perkin Elmer 7200) (EMBRAPA, 1997). Os teores de  $\text{K}^{+}$  trocável foram extraídos por meio de solução de Mehlich-1 e determinados por

fotometria de chama. Com base nesses resultados, foi calculada a soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação das bases nos sítios de troca dos colóides (V%) e a saturação dos sítios de troca pelo Al<sup>3+</sup> tóxico trocável (m%) (EMBRAPA, 1997).

Os teores de C orgânico e N total foram determinados por combustão seca, em analisador elementar CN (Vario El III). A granulometria das amostras foi analisada após a dispersão das mesmas em solução de hidróxido de sódio (NaOH 2 mol L<sup>-1</sup>) por 12 horas, sendo teor de argila determinado pelo método da Pipeta (EMBRAPA, 1997). A densidade do solo (Ds) foi calculada após secagem das amostras indeformadas (cilindros inoxidáveis) em temperatura de 105°C, dividindo-se a massa do solo seco pelo volume do cilindro.

Os dados foram posteriormente submetidos à análise multivariada exploratória de componentes principais (ACP), utilizando-se de uma matriz de dados, como medida de semelhança, por correlação simples de Pearson. A utilização dessa técnica teve por finalidade avaliar a discriminação dos solos na paisagem do Pampa, em função de suas diferenças taxonômicas e funcionais.

## **2.2 Parte 2: Correlação comparativa entre categorias de atributos de solo com as disciplinas e conteúdos curriculares de Ciências da Natureza**

Através do levantamento dos dados de solo, referente aos seus atributos/parâmetros químicos, físicos, físico-químicos e biológicos – descritos procedimentalmente no item anterior – foi realizado um estudo de comparação dessas categorias de análise com os conteúdos previstos para o ensino de Ciências da Natureza (Ciências Naturais) no Ensino Fundamental e Médio. Esse levantamento utilizou como base as orientações curriculares para o Ensino Fundamental e Médio (PCNEF e PCNEM) e

orientações às diretrizes curriculares - previstas em documentos governamentais (MEC, 2006; SEED-RS, 2018).

Esse estudo utilizou os temas coassociados como referência e buscou analisar, aproximadamente, o percentual de correlação entre os conteúdos curriculares com as temáticas abordadas em estudos taxonômicos e funcionais dos solos analisados.

### **3. Resultados e discussões**

#### ***3.1 Atributos químicos, físicos, físico-químicos e biológicos dos Solos analisados***

O pH H<sub>2</sub>O variou de 5,0 a 7,2 apresentando expressivas diferença entre os perfis de solo da topossequência e suas profundidades analisadas (Tabela 1). Essa variação corresponde aos componentes da acidez que estão relacionados às diferenças na taxa de intemperismo entre as diferentes posições da paisagem. O aumento do pH H<sub>2</sub>O em GMVe (parte mais baixa da encosta) pode ser explicado pelo consumo de H<sup>+</sup> por ciclos de oxirredução em solos sob regime hidromórfico (Coringa et al., 2012), bem como pela preservação seletiva de materiais alcalinos (carbonatos e fases óxidas), provenientes da rocha sedimentar originária, sob condições de mal drenagem do perfil. Esses dados são corroborados pelo aumento substancial dos teores de bases alcalinas (Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup> e K<sup>+</sup>) em GMVe (discutido posteriormente). As posições mais altas e intermediárias da encosta apresentam, comparativamente ao solo da planície aluvial (GMVe), possíveis maiores taxas de alteração, capazes de ocasionar maior liberação de H<sup>+</sup> pela dissolução dos minerais (diminuindo o pH) (Tabela 1).

O teor de argila variou de 291 a 659 g kg<sup>-1</sup>, aumentando, em média, das partes mais altas para as de menor cota altimétrica da paisagem (Tabela 1). Esse fenômeno pode ser explicado pelos seguintes processos: i) maior recepção de partículas finas, provenientes da erosão da encosta, no solo da planície aluvial

(GMVe) e; ii) maior síntese de novos minerais secundários (argilominerais) em condições de drenagem limitada (Tabela 1). A atividade da argila foi elevada em todas as posições da paisagem (superior ao limite de 27 cmolc Kg<sup>-1</sup>), indicando a predominância de minerais do tipo 2:1 do gênero esmectita (presença de fenda em períodos de estiagem e micro-relevos gilgai em períodos chuvosos). Assim, os solos estudados encontram-se em baixo a intermediário grau de evolução pedogenética, sendo sua mineralogia composta, principalmente, por minerais argilosos jovens e de alta reatividade.

*Tabela 1 – Atributos químicos, físicos e físico-químicos de solos de uma topossequência sob campo natural em Dom Pedrito – RS*

Solo-camada/ atributo	pH H2O	Argila	Atividade da Argila	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	V	zH <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>	CTC efetiva	CTC potencial	m	C
		g kg <sup>-1</sup>	cmolc kg <sup>-1</sup>	cmolc dm <sup>-3</sup>	%	cmolc dm <sup>-3</sup>	%	g cm <sup>-3</sup>					
VEo 0-0.2 m	5,2	351	88	12,9	6,0	0,3	69,0	9,5	0,2	19,4	28,9	0,9	2,8
VEo 0.2-0.4 m	5,2	360	84	15,6	5,3	0,2	68,0	9,5	0,2	21,3	30,8	1,0	2,3
VEo 0.4-0.6 m	5,1	401	83	13,6	5,6	0,2	59,0	12,9	0,8	20,2	33,1	4,0	1,7
VEo 0.6-0.8 m	5,1	422	82	13,3	6,3	0,2	55,0	14,1	1,1	20,9	35,0	3,2	1,4
VEo 0.8-1.0 m	5,0	457	76	12,1	5,2	0,3	55,0	15,3	1,2	18,8	34,1	3,5	1,0
VEo 1.0-1.2 m	5,0	469	73	15,2	6,4	0,3	55,0	15,6	1,3	23,2	38,8	3,8	0,9
TXo 0-0.2 m	5,8	281	93	25,4	8,9	0,3	89,0	4,4	0,0	34,6	39,0	0,0	3,8
TXo 0.2-0.4 m	6,0	357	88	18,3	7,1	0,6	87,0	3,9	0,0	26,0	29,9	0,0	1,9
TXo 0.4-0.6 m	5,6	559	75	17,4	7,2	0,5	83,0	4,9	0,0	25,1	30,0	0,0	1,2
TXo 0.6-0.8 m	5,7	602	69	26,8	11,8	0,6	88,0	1,2	0,0	39,2	40,4	0,0	0,7
TXo 0.8-1.0 m	6,1	623	73	29,1	12,9	0,5	89,0	1,2	0,0	42,5	43,7	0,0	0,6
TXo 1.0-1.2 m	5,8	653	65	29,6	13,3	0,5	89,0	1,1	0,0	43,4	44,5	0,0	0,5
MEo 0-0.2 m	5,0	291	81	16,6	7,4	0,3	66,0	17,8	0,0	24,3	42,1	0,0	4,5
MEo 0.2-0.4 m	5,4	359	74	9,5	4,9	0,3	68,0	6,7	0,0	14,7	21,4	0,0	3,8
MEo 0.4-0.6 m	5,6	572	73	15,4	7,6	1,3	82,0	5,5	0,0	24,3	29,8	0,0	3,3
MEo 0.6-0.8 m	5,1	608	72	13,7	7,4	1,4	62,0	12,4	0,0	22,5	34,9	0,0	3,1
MEo 0.8-1.0 m	5,6	617	73	14,2	8,1	1,3	81,0	5,1	0,0	23,6	28,7	0,0	2,5
MEo 1.0-1.2 m	5,6	622	68	15,1	12,2	1,1	87,0	5,0	0,0	28,4	33,4	0,0	1,8
GMVe 0-0.2 m	6,1	471	77	23,1	9,5	0,2	90,0	3,5	0,0	32,8	36,3	0,0	6,8
GMVe 0.2-0.4 m	6,9	510	76	25,8	10,4	0,2	94,0	2,2	0,0	36,4	38,6	0,0	4,7

GMVe 0.4-0.6 m	7,2	624	65	26,8	11, 8	0,3	97,0	1,2	0,0	38,9	40,1	0,0	3,8
GMVe 0.6-0.8 m	7,0	592	74	29,1	12, 9	0,3	97,0	1,2	0,0	42,3	43,5	0,0	3,6
GMVe 0.8-1.0 m	7,2	629	68	28,7	11, 9	0,3	96,0	0,8	0,0	40,9	41,7	0,0	3,3
GMVe 1.0-1.2 m	7,1	617	69	28,3	12, 5	0,4	95,0	0,4	0,0	41,2	41,6	0,0	1,9

Fonte: Autores. \*Obs: pH H<sub>2</sub>O = pH do solo determinado em água deionizada; argila = teor de argila determinado pelo método da pipeta; Ca+2 = teor de cálcio trocável; Mg+2 = teor de magnésio trocável; K+ = teor de potássio trocável; V% = saturação dos sítios de troca das argilas e matéria orgânica pelas bases trocáveis (Ca+2, Mg+2 e K+); Al+3 = teor de Al+3 trocável; CTC efetiva e CTC potencial = capacidade de troca catiônica efetiva e potencial; m% = saturação dos sítios de troca das argilas e matéria orgânica pelo Al+3; C e N = teores de carbono orgânico e nitrogênio total; C/N = razão de massa entre C e N; Ds = densidade do solo; VEo = Vertissolo Ebânico Órtico típico; TXp = Luvisolo Háptico Pálico abrupto; MEo = Chernossolo Ebânico Órtico vertissólico e; GMVe = Gleissolo Melânico Ta Eutrófico chernossólico

Os teores de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e K<sup>+</sup> também aumentaram substancialmente nas posições mais baixas da paisagem, o que se deve a migração dos íons dos solos do topo e terço superior e médio da encosta para as zonas hidromórficas mais baixas, por meio do escoamento superficial e subsuperficial (Tabela 1). Como esperado, os valores de CTC (efetiva e potencial) e saturação por bases (V%) também aumentaram na mesma tendência (Tabela 1), sugerindo que a planície aluvial funciona enquanto um compartimento da paisagem responsável pela recepção iônica e filtragem do ecossistema, conforme já sugerido por outros autores (SCHEER et al., 2011; HANKE; DICK, 2017a). Os componentes da acidez do solo (H<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup>) apresentaram baixas concentrações determinadas nos perfis, sendo o Al<sup>3+</sup> verificado apenas nas posições mais elevadas da encosta. Isso se deve, provavelmente à liberação desse íon da estrutura dos minerais por meio de sua dissolução facilitada em ambientes não-hidromórficos.

Os teores de MOS – indicados pelos teores de C e N

determinados por combustão seca – apresentaram a mesma tendência verificada para a argila, pH e nutrientes (Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup> e K<sup>+</sup>), sendo menores na parte superior da encosta e maiores nas partes mais baixas (Tabela 1). Esse aumento de C e N deve-se ao aumento da saturação hídrica que limita a decomposição da MOS e, conseqüentemente, a perda desses elementos do sistema (HANKE; DICK, 2017b). Essa conjectura é corroborada pelo aumento da relação C/N em GMVe, sugerindo menor taxa de alteração/humificação da MOS em terrenos hidromórficos. Acompanhando esse comportamento os valores da Ds também aumentaram significativamente do topo para a planície aluvial (Tabela 1).

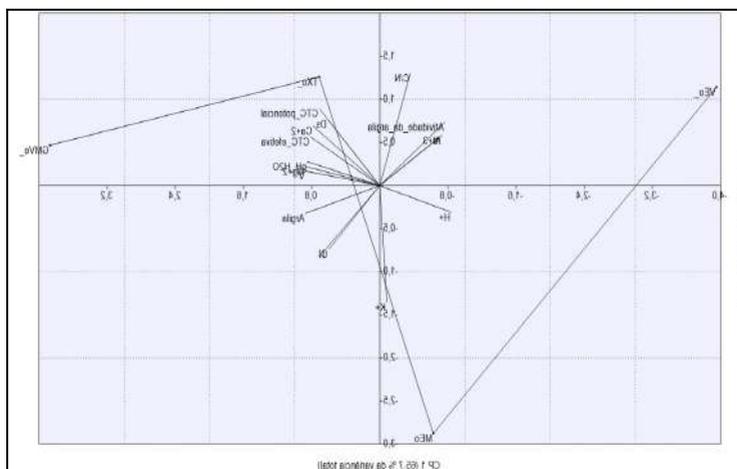
Assim, o aumento da Ds indica que os poros estruturais dos solos das posições mais baixas da paisagem são menores – uma vez que a Ds é maior – ocasionando uma provável diminuição da condutividade hidráulica do perfil. A passagem de água mais lentamente por esse sistema de poros do solo hidromórfico (GMVe), associado a maior densidade de cargas elétricas (CTC) da superfície das argilas e da MOS funciona como um eficiente sistema de filtragem hídrica e regulação no nível de água dos corpos d'água diretamente associados. Portanto, esse compartimento ambiental deve ter sua funcionalidade levada em conta, pois a degradação desses ambientes pode causar impactos severamente negativos à qualidade da água que chega aos rios e da velocidade da recarga dos mesmos.

### **3.2 Análise de componentes principais – ACP – como forma de verificação das distinções dos Solos na paisagem**

A ACP explicou, nos dois primeiros componentes principais (eixos “x” e “y”) aproximadamente 89,4 % da variação total dos dados analisados (65,7 % no CP 1 – eixo “x” e 23,7 % no CP 2 – eixo “y”), conforme apresentado na Figura 2. Ambos os eixos

foram significativos e estruturados pela combinação linear das variáveis utilizadas. O CP 1 (eixo “x”) é, dessa forma, uma variável estruturada pelos atributos Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, V%, CTC efetiva, CTC potencial, pH H<sub>2</sub>O, Argila, Ds, Al<sup>+3</sup>, Atividade da argila, H<sup>+</sup>, C e N, ao passo que o CP 2 (eixo “y”) é uma variável composta pela combinação da razão C/N e teor de K<sup>+</sup> (Figura 2).

Figura 2 – Diagrama de ordenação pela aplicação da Análise de Componentes Principais das variáveis (atributos/parâmetros de solo) e unidades amostrais (solos da topossequência)



Fonte: Autores.

Dessa forma, os solos que se encontram posicionados, em relação ao eixo “x”, à direita do gráfico de ordenação apresentam maior fertilidade natural, menor acidez, maiores teores de argila e Ds e maiores teores de MOS, comparativamente aos que se encontram posicionados à esquerda da origem do gráfico. Em relação ao eixo “y”, os solos que se encontram posicionados à cima da origem apresentam maior relação C/N (material orgânico menos humificado) e com tendência a apresentar menores teores de K<sup>+</sup> (Figura 2). A aplicação da ACP foi capaz de discriminar os diferentes solos, tendo como extremos os solos na posição mais

alta e mais baixa da paisagem (VEo e GMVe, respectivamente) e em posição intermediária os solos que se encontram no terço superior e médio da encosta (TXo e MEo) (Figura 2).

### **3.3 Potenciais de uso da “Pedo-paisagem” no Ensino de Ciências da Natureza na Educação do Campo**

Como já abordado anteriormente, a partir das categorias de atributos e parâmetros utilizados na descrição dos solos avaliados (químicos, físicos, físico-químicos e biológicos), bem como na explicação dos processos e fenômenos associados à diferenciação dos solos na paisagem, foi realizada uma correlação com os conteúdos previstos para o Ensino de Ciências da Natureza no Ensino Fundamental e Médio.

O quadro 1 apresenta a relação dos atributos/parâmetros de solo identificados em relação às disciplinas e possíveis conteúdos de Ciências da Natureza (Ensino Fundamental e Médio) associados. Na área de Química (inorgânica e orgânica) e Biologia se destaca a correlação dos atributos/parâmetros de solo “teores de  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{Al}^{+3}$  e  $\text{H}^{+}$ ; Saturação por bases nutricionais (V%); saturação por  $\text{Al}^{+3}$  tóxico (m%); teor de C e N e relação C/N” com os seguintes conteúdos curriculares: i) ciclagem de nutrientes; ii) classificação e propriedades periódicas; iii) reações químicas; iv) ligações químicas; v) ácidos, bases e sais; vi) cargas elétricas; vii) poluição; viii) solução química; ix) ciclo do C e N; x) funções orgânicas; xi) reações orgânicas; xii) energia; xiii) poluição e filtragem ambiental; xiv) síntese e decomposição; xv) fenômenos químicos atmosféricos; xvi) saúde nutricional; xvii) metabolismo; xviii) produção de alimentos; xix) biodiversidade e; xx) organismos autotróficos e heterotróficos (Quadro 1).

Na área de Físico-química observou-se uma correlação direta entre os atributos/parâmetros de solo “pH; capacidade de troca catiônica (CTC); cor do solo e atividade da fração argila”

com os seguintes conteúdos: i) escala logarítmica; ii) planos cartesianos; iii) ácidos, bases e sais; iv) acidez; v) reações químicas; vi) atividade, concentração e reatividade de íons em solução; vii) indicadores químicos e; viii) espectro eletromagnético (Quadro 1). No domínio da Física foi possível verificar uma correlação entre o teor de argila e a densidade do solo (Ds) com os conteúdos: i) cargas elétricas, ii) sedimentos; iii) matéria e energia; iv) fenômenos capilares; v) densidade (relação massa/volume); vi) água e dinâmica de soluções; vii) movimento; viii) dinâmica dos gases e; ix) interações e ligações químicas. Por sua vez, os atributos geomorfológicos (“tipo de relevo; sistemas de coordenadas geográficas e erosão”) – que são comumente trabalhados nas disciplinas de Geografia, Física e Matemática – se correlacionaram com os conteúdos: i) formas de relevo; ii) gravidade; iii) fluxo hídrico; iv) assoreamento; v) altitude, latitude e longitude; vi) meridianos e paralelos; vii) álgebra; viii) funções; ix) geometria plana e espacial; x) poluição e; xi) soluções químicas (Quadro 1).

*Quadro 1 – Relação entre categorias de atributos/parâmetros de solos com as disciplinas e conteúdos curriculares de Ciências da Natureza*

Atributos de solo		Disciplinas (Ensino Fundamental e Médio)	Assuntos/conteúdos potenciais
Categorias	Temas específicos (atributos específicos/parâmetros)		
Química (inorgânica)	Teor de Ca <sup>2+</sup>	Ciências; Química e Biologia	ciclagem de nutrientes; classificação e propriedades periódicas; reações químicas; ligações químicas; saúde nutricional; metabolismo; ácidos, bases e sais; cargas elétricas; poluição; solução química e produção de alimentos
	teor de Mg <sup>2+</sup>	Ciências; Química e Biologia	
	Teor de K <sup>+</sup>	Ciências; Química e Biologia	
	teor de Al <sup>3+</sup>	Ciências; Química e Biologia	
	Teor de H <sup>+</sup>	Ciências; Química e Biologia	

	Saturação de bases (V%)	Ciências; Matemática; Química e Biologia	
	Saturação de Al+3 (m%)	Ciências; Matemática; Química e Biologia	
Química (orgânica - MOS)	Teor de C	Ciências; Química e Biologia	Ciclo do C e N; Funções orgânicas; reações orgânicas; energia; poluição; filtro ambiental; decomposição; fenômenos atmosféricos; biodiversidade, organismo autotróficos e heterotróficos e produção de alimentos
	Teor de N	Ciências; Química e Biologia	
	Relação C/N	Ciências; Matemática; Química e Biologia	
Físico-química	pH	Ciências; Matemática; Química e Biologia	logaritmo; plano cartesiano; ácidos, bases e sais; acidez, produção agrícola, reações químicas; atividade e reatividade de íons; indicadores químicos; espectro eletromagnético
	CTC	Ciências; Matemática; Química e Biologia	
	Cor	Ciências; Química e Física	
	Atividade da argila	Ciências; Matemática; Química e Biologia	

Física	Teor de argila	Ciências; Matemática; Química e Física	Cargas elétricas, sedimentos, massa; fenômenos capilares; densidade (relação massa/volume); água e dinâmica de soluções; movimento; dinâmica dos gases; interações e ligações químicas
	Densidade do Solo (Ds)	Ciências; Matemática; Química e Física	
Geomorfologia	Relevo	Ciências; Matemática; Química; Física e Geografia	Formas de relevo; gravidade; fluxo hídrico; assoreamento; altitude, latitude e longitude; meridianos e paralelos; álgebra; funções; geometria plana e espacial; poluição e soluções químicas
	Sistema de coordenadas geográficas	Ciências; Matemática; Física e Geografia	
	Erosão	Ciências; Matemática; Química; Física; Biologia e Geografia	

Fonte: Autores.

Em uma análise aproximada (relação entre o número absoluto dos conteúdos), mais de 70 % dos conteúdos curriculares de Ciências da Natureza para o Ensino Fundamental e Médio estão diretamente relacionados aos processos rotineiramente estudados na Ciência do Solo (em média). Esse percentual é ainda maior se consideradas as correlações usuais de caráter indireto entre os conteúdos. A vantagem do uso do solo como princípio para a relação ensino-aprendizagem dentro do

campo das Ciências Naturais são várias. Entretanto, pode-se destacar, principalmente, os seguintes aspectos: i) transversalidade da abordagem dos temas – o que ocorre necessariamente pela impossibilidade de separação dos conteúdos na interpretação do corpo solo (sua ocorrência, suas funcionalidades ambientais e uso produtivo) e, conseqüentemente, maior capacidade de fixação dos conteúdos em função de seu uso concreto na interpretação da natureza e seus desdobramentos e; ii) subsídio para outras áreas do conhecimento que tem como foco os estudos relacionados à demografia, cultura, desenvolvimento e relação com o território. Dessa forma, uma abordagem pela temática “Solo” apresenta potencial de concretização de complexos temáticos para a Educação em Ciências da Natureza.

Por outro lado, o solo também pode contribuir com o Ensino de Ciências da Natureza na Educação do Campo, uma vez que configura um meio íntimo de relacionamento entre o homem e a produção da vida social, sobretudo no que tange à produção de alimentos e contradições ambientais e da luta pela terra no Brasil e no mundo. Assim, a partir do Solo há possibilidade de estruturação de espaço reflexivo sobre o homem do campo x produção de conhecimento e compreensão da natureza, bem como de sua atuação sobre ela. Do ponto de vista dos autores, a abordagem tradicional das Ciências da Natureza é, por si só, incapaz de propiciar esse resultado, uma vez que utiliza a natureza como exemplo para a abordagem dos conteúdos, e não o inverso disso. Em outras palavras: a abordagem tradicionalmente utilizada, hoje, no Ensino de Ciências da Natureza não consegue construir a prática educativa necessária para assegurar uma compreensão ampla da natureza, pois possui foco nas técnicas/tecnologias de ensino, e não nos processos e fenômenos que regem o meio natural. Exatamente por isso, os conteúdos são trabalhados de forma isolada, o que representa uma dificuldade

para o processo de ensino-aprendizagem, do estudante do campo, verdadeiramente transversal. Ainda, esse efeito não é capaz de proporcionar um processo de reflexão (ambiental, econômico e social) que culmine com uma ruptura dos paradigmas imperativos que regem o campo brasileiro e o modelo exploratório de uso dos recursos naturais na atualidade.

#### **4. Considerações finais**

O estudo do solo emerge como uma fonte rica e versátil de informação no contexto do ensino de ciências, oferecendo inúmeras oportunidades para explorar conceitos interdisciplinares. Ao investigar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, os estudantes podem compreender conceitos fundamentais de biologia, química, física e geologia de maneira integrada. Além disso, o solo serve como um laboratório natural, possibilitando a aplicação prática de métodos científicos, desde coleta de amostras até análises laboratoriais. Essa abordagem prática enriquece a experiência de aprendizado, proporcionando uma compreensão mais profunda dos processos ambientais e ecológicos. No entanto, algumas barreiras, como a falta de recursos para experimentos de campo ou laboratoriais, podem limitar o pleno aproveitamento dessas oportunidades. Superar esses desafios requer investimento em materiais educativos, parcerias com instituições científicas e integração de tecnologias educacionais. Ao abordar o estudo do solo no ensino de ciências, os educadores têm a oportunidade não apenas de partilhar conhecimentos específicos, mas também de cultivar habilidades práticas, despertando o interesse dos alunos para a importância da ciência na compreensão e preservação do meio ambiente.

O uso do estudo de solos ocorrentes em sequência de evolução pedogênica proporcionou significativa compreensão das funcionalidades ambientais e potenciais de uso do Bioma, o que, quando aplicado ao contexto dos processos de ensino-

aprendizagem, propicia uma melhor compreensão dos conceitos e fenômenos fundamentais abordados pelas Ciências Naturais.

A partir da realização desse trabalho foi possível verificar que a grande maioria dos conteúdos curriculares do Ensino das Ciências da Natureza estão relacionados à forma comumente utilizada no Estudo de Solos, sobretudo nos aspectos taxonômicos, funcionais e produtivos dos corpos pedogenéticos.

O uso dessa abordagem possui potencial de ampliar a transversalidade dos conteúdos curriculares e subsidiar práticas de reflexão dos sujeitos do campo sobre a produção e reprodução de sua vida social, bem como na ampliação da capacidade de compreensão da natureza, com base nos fenômenos e processos naturais ocorrentes.

É fundamental que os cursos de Licenciatura em Educação do Campo – Ciência da Natureza, considerem a importância do uso da natureza como escopo para as práticas de ensino, e não da natureza como forma de exemplificar os temas e conteúdo das Ciências Naturais. Por fim, cabe a reflexão que esses cursos possam admitir a necessidade de uma formação voltada às Ciências Agrárias, além da tradicional habilitação em Ciências da Natureza. Possivelmente, as Ciências Naturais possam ser melhor compreendidas a partir dos estudos agrários na Educação do Campo, como uma ferramenta para a análise da realidade, e não como um fim em si só. Porém, para a resolução desses questionamentos estudos mais aprofundados com esse foco são necessários.

## Referências

ABBOTT, L.; *et al.* Introducing the concept of soil biological fertility to land managers: a soil biology education program. In: **World Congress of Soil Science**, 17, Thailand, 2002.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A. *et al.* (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole,

2008. p.7-18.

BADRINATH, M. S.; CHIKKARAMAPPA, T.; JAYAPRAKASH, S. M. Karnataka Soil Reference Information Centre (KASRIC): A novel center for soil science education in India. In: **World Congress of Soil Science**, 17, Thailand, 2002.

BÔAS, R. C. V.; FERNANDES JUNIOR, A. N.; SOUZA MOREIRA, F. M. Microbiologia do solo em curso de formação continuada de professores de Biologia do Ensino Médio. **Revista Ciências & Ideias**. v. 5, n. 1, p. 51-66, 2014.

CORINGA, E, A, O. *et al.* Atributos de solos hidromórficos no Pantanal Norte Matogrossense. **Acta Amazônica**. v. 42, n. 1, p. 19-28, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5 ed. Brasília: Embrapa produção de informação, 2018. 436 p.

GUIMARÃES, H. M. A. *et al.* Educação ambiental - nossos solos, nossas vidas: o tema solo nos livros didáticos de ciência das escolas públicas do município de Porto Nacional – TO. **Educação Ambiental em Ação**, Novo Hamburgo, n. 45, 2013.

HANKE, D.; DICK, D. P. Aggregate stability in soil with humic and histic horizons in a toposequence under Araucaria forest. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, n. 2, p. 1-18, 2017.

HANKE, D.; DICK, D. P. Organic matter stocks and the interactions of humic substances with metals in Araucaria moist forest soil with humic and histic horizons. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, n. 2, p. 1-20, 2017.

HANKE, D.; DICK, D. P. Estoque de carbono e mecanismos de estabilização da matéria orgânica do solo: uma revisão. **Revista Científica Agropampa**, v. 2, p. 171-190, 2019.

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate change 2001: The scientific basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite.

**Disciplinarum Scientia**, v. 2, p. 171-182, 2001.

LIMA, V. C. *et al.* Projeto solo na escola: o solo como elemento integrador do ambiente no ensino fundamental e médio. **Expressa Extensão**, Pelotas, v. 7, n. especial, 2002a.

LIMA, M. R. **O solo no ensino fundamental: Situação e proposições**. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2002b.

LIMA, M. R. *et al.* Popularização do conhecimento pedagógico: a experiência do projeto de extensão universitária Solo na Escola/UFPR. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 24-27, 2008.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Orientações curriculares para o ensino médio – Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, v. 2, 2006.

RABAH, L.; DOSSO, M.; RUELLAN, A. Soil education and public awareness: An international SOS2 campaign. In: **World Congress of Soil Science**, 17, Thailand, 2002. Abstracts. Bangkok, IUSS, 2002.

SANTOS, D. *et al.* Estoques de C e N em solos sob campo nativo de uma toposequência no bioma Pampa. **Revista dos Anais do Congresso Brasileiro de Zootecnia**, v. 1, p. 1-5, 2018.

SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DO RIO GRANDE DO SUL. Referencial Curricular Gaúcho: Ciências da Natureza. Porto Alegre, Secretária de Estado de Educação – Departamento Pedagógico, v. 1, 2018.

SCHEER, M. B.; CURCIO, G. R.; RODERJAN, C. V. Funcionalidades ambientais de solos altomontanos da Serra da Igreja, Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 1113-1126, 2011.



## **Seleção de propriedades agrícolas para avaliações de sustentabilidade**

*Ivan dos Santos Pereira<sup>a</sup>, Mariana Rockenbach de Ávila<sup>b</sup>,  
Clenio Nailto Pillon<sup>c</sup>, Viviane Spiering<sup>d</sup>, Henrique Noguez da  
Cunha<sup>e</sup>, Gustavo Crizel Gomes<sup>f</sup>, Rosane Martinazzo<sup>g</sup> e  
Adalberto Koiti Miura<sup>h</sup>*

**Resumo:** Tendo em vista a importância da agricultura familiar para a produção de alimentos e sua interação com a sustentabilidade, esta pesquisa se propôs a desenvolver uma metodologia para seleção de um grupo representativo de propriedades agrícolas familiares no Sul do Brasil para posterior avaliação de indicadores de sustentabilidade. A

- a Doutor em Agronomia. Pesquisador colaborador na Embrapa Clima Temperado. E-mail: [ivanspereira@gmail.com](mailto:ivanspereira@gmail.com).
- b Doutora em Zootecnia. Pesquisadora colaboradora na Embrapa Clima Temperado. E-mail: [mariana.avila@colaborador.embrapa.br](mailto:mariana.avila@colaborador.embrapa.br). ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6278-7513>.
- c Doutor em Ciência do Solo. Pesquisador colaborador na Embrapa Clima Temperado. E-mail: [clenio.pillon@embrapa.br](mailto:clenio.pillon@embrapa.br).
- d Mestre em Geografia. Estagiária na Embrapa Clima Temperado. E-mail: [spieringv9@gmail.com](mailto:spieringv9@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2823-5672>.
- e Doutor em Geografia. Pesquisador colaborador na Embrapa Clima Temperado. E-mail: [henriquencunha@gmail.com](mailto:henriquencunha@gmail.com).
- f Doutor em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Pesquisador colaborador na Embrapa Clima Temperado. E-mail: [crizelgomes@gmail.com](mailto:crizelgomes@gmail.com).
- g Doutora em Ciência do Solo. Pesquisadora colaboradora na Embrapa Clima Temperado. E-mail: [rosane.martinazzo@embrapa.br](mailto:rosane.martinazzo@embrapa.br).
- h Doutor em Sensoriamento Remoto. Pesquisador colaborador na Embrapa Clima Temperado. E-mail: [adalberto.miura@embrapa.br](mailto:adalberto.miura@embrapa.br).

pesquisa foi conduzida em 101 propriedades nos estados da região Sul do Brasil. Uma avaliação prévia de indicadores conduzida através de um questionário aplicado aos agricultores se mostrou fundamental no processo de seleção utilizado. A partir dessas informações, foi possível estabelecer um ranqueamento das propriedades. Além disso, a análise estatística multivariada dos indicadores agrupou as propriedades similares, permitindo a seleção de propriedades com características distintas, de forma a representar adequadamente a diversidade do universo amostral. Por fim, a avaliação do perfil dos agricultores também auxiliou no processo, reduzindo as chances de seleção de agricultores com potencial de desistência ao longo do estudo, seja pela dificuldade de interação com as equipes de pesquisa ou pela falta de interesse na implantação de novas práticas de manejo voltadas ao incremento da sustentabilidade da propriedade.

**Palavras-chave:** Agricultura sustentável.  
Desenvolvimento sustentável. Agricultura familiar.  
Indicadores de sustentabilidade. Método de seleção.

## Selection of family farmers for sustainability evaluation

*Ivan dos Santos Pereira<sup>a</sup>, Mariana Rockenbach de Ávila<sup>b</sup>,  
Clenio Nailto Pillon<sup>c</sup>, Viviane Spiering<sup>d</sup>, Henrique Noguez da  
Cunha<sup>e</sup>, Gustavo Crizel Gomes<sup>f</sup>, Rosane Martinazzo<sup>g</sup> e  
Adalberto Koiti Miura<sup>h</sup>*

**Abstract:** In view of the importance of family farming for food production and its interaction with sustainability, this research proposed to develop a methodology for selecting a representative group of family farms in southern Brazil for further evaluation of sustainability indicators. The research was carried out on farms in the states of Rio Grande do Sul, Santa Catarina and Paraná. A previous evaluation of indicators conducted through a questionnaire applied to farmers proved to be fundamental in the selection process used. From this information, it was possible to establish a ranking of farm. In addition, a multivariate statistical analysis of the indicators, which groups similar farm, helped

- 
- a Doctor in Agronomy. Collaborating researcher at Embrapa Temperate Climate. Email: [ivanspereira@gmail.com](mailto:ivanspereira@gmail.com).
  - b PhD in Animal Science. Collaborating researcher at Embrapa Temperate Climate. E-mail: [mariana.avila@colaborador.embrapa.br](mailto:mariana.avila@colaborador.embrapa.br). ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6278-7513>.
  - c PhD in Soil Science. Collaborating researcher at Embrapa Temperate Climate. Email: [clenio.pillon@embrapa.br](mailto:clenio.pillon@embrapa.br).
  - d Master in Geography. Intern at Embrapa Temperate Climate. Email: [spieringv9@gmail.com](mailto:spieringv9@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2823-5672>.
  - e PhD in Geography. Collaborating researcher at Embrapa Temperate Climate. Email: [henriquencunha@gmail.com](mailto:henriquencunha@gmail.com).
  - f PhD in Family Agricultural Production Systems. Collaborating researcher at Embrapa Temperate Climate. Email: [crizelgomes@gmail.com](mailto:crizelgomes@gmail.com).
  - g PhD in Soil Science. Collaborating researcher at Embrapa Temperate Climate. Email: [rosane.martinazzo@embrapa.br](mailto:rosane.martinazzo@embrapa.br).
  - h PhD in Remote Sensing. Collaborating researcher at Embrapa Temperate Climate. E-mail: [adalberto.miura@embrapa.br](mailto:adalberto.miura@embrapa.br).

in the selection of farm with different characteristics. Finally, the assessment of the profile of farmers also helps in the process, as it reduces the chances of selecting farmers who may have the potential to drop out during the study, either due to the difficulty of interacting with the research teams or the lack of interest in implementing new management practices for increasing the farm sustainability.

**Keywords:** Sustainable agriculture. Sustainable development. Family farming. Sustainability indicators. Selection method.

## **Selección de propiedades agrícolas para evaluación de sostenibilidad**

*Ivan dos Santos Pereira<sup>a</sup>, Mariana Rockenbach de Ávila<sup>b</sup>,  
Clenio Nailto Pillon<sup>c</sup>, Viviane Spiering<sup>d</sup>, Henrique Noguez da  
Cunha<sup>e</sup>, Gustavo Crizel Gomes<sup>f</sup>, Rosane Martinazzo<sup>g</sup> e  
Adalberto Koiti Miura<sup>h</sup>*

**Resumen:** Conociendo la importancia de la agricultura familiar para la producción de alimentos y su interacción con la sustentabilidad, el objetivo de este trabajo fue desarrollar una metodología para seleccionar un grupo representativo de fincas familiares en el sur de Brasil para una detallada evaluación de los indicadores de sostenibilidad. El trabajo fue realizado en 101 propiedades en los estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina y Paraná. Una evaluación previa de indicadores realizada a través de un cuestionario aplicado a los agricultores resultó

- a Doctor en Agronomía. Investigador colaborador de Embrapa Clima Temperado. Correo electrónico: [ivanspereira@gmail.com](mailto:ivanspereira@gmail.com).
- b Doctorado en Ciencia Animal. Investigador colaborador de Embrapa Clima Temperado. Correo electrónico: [mariana.avila@colaborador.embrapa.br](mailto:mariana.avila@colaborador.embrapa.br). ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6278-7513>.
- c Doctor en Ciencias del Suelo. Investigador colaborador de Embrapa Clima Temperado. Correo electrónico: [clenio.pillon@embrapa.br](mailto:clenio.pillon@embrapa.br).
- d Maestría en Geografía. Pasante en Embrapa Clima Temperado. Correo electrónico: [spieringv9@gmail.com](mailto:spieringv9@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2823-5672>.
- e Doctor en Geografía. Investigador colaborador de Embrapa Clima Temperado. Correo electrónico: [henriquencunha@gmail.com](mailto:henriquencunha@gmail.com).
- f Doctorado en Sistemas de Producción Agraria Familiar. Investigador colaborador de Embrapa Clima Temperado. Correo electrónico: [crizelgomes@gmail.com](mailto:crizelgomes@gmail.com).
- g Doctorado en Ciencias del Suelo. Investigador colaborador de Embrapa Clima Temperado. Correo electrónico: [rosane.martinazzo@embrapa.br](mailto:rosane.martinazzo@embrapa.br).
- h Doctorado en Teledetección. Investigador colaborador de Embrapa Clima Temperado. Correo electrónico: [adalberto.miura@embrapa.br](mailto:adalberto.miura@embrapa.br).

fundamental en el proceso de selección utilizado. A partir de esta información, fue posible establecer un ranking de propiedades. Además, un análisis estadístico multivariante de los indicadores, que agrupa propiedades similares, ayudó en la selección de propiedades con características diferentes. Finalmente, la evaluación del perfil de los agricultores también contribuye en el proceso, ya que reduce las posibilidades de seleccionar agricultores con los que es difícil hablar y que pueden tener el potencial de abandonar durante el estudio.

**Palabras clave:** Agricultura sostenible. Desarrollo sustentable. Agricultura familiar. Indicadores de sostenibilidad. Método de selección.

## **1. Introduction**

The 2017 Agricultural Census, a survey carried out on more than 5 million rural farms throughout Brazil, points out that 77% of agricultural establishments in the country were classified as family farming. In terms of area, family farming occupied 80.9 million hectares during the research period, which represents 23% of the total area of Brazilian agricultural establishments (Mapa, 2023).

Family farmers are those who practice activities in rural areas and who (Brasil, 2016): a) have up to four fiscal modules, with the fiscal module being a parameter for land classification of rural property in terms of size; b) predominantly use family labor; c) have a minimum percentage of family income from economic activities on their farm and; d) manages his establishment with his family.

Given the importance of family farming for food production (Vieira et al., 2015; Silva; Polli, 2020), and its interaction with agrobiodiversity (Figueredo et al., 2023), fauna, flora, and being the way of life of a significant part of the Brazilian population (Maciel; Troian, 2022), the sustainability of this type of establishment is a goal that must be pursued (Oliveira; Bertolini, 2022).

According to Gliessman (2000), agriculture becomes sustainable when: it causes the least harmful effects to the environment; uses water to support the water needs of the environment and people, and depends mainly on the internal resources of the agroecosystem, seeking the inclusion of nearby communities. In addition, it seeks to value and conserve biological diversity (Marchetti, 2020), to guarantee equal access to agricultural practices, knowledge, and technologies, thus allowing local control of agricultural resources (Gliessman, 2000). The concept of 'agricultural sustainability' is ambitious, as several factors influence its attainment and assessment (Rao et

al., 2019). Efficiency in food production combined with reducing the environmental impacts of agricultural activities are current challenges for farmers and the scientific community (Calicioglu et al., 2019). In this sense, the assessment of the sustainability of production systems allows detection trends, strengths, or bottlenecks, which are important to assess the current conditions of the system and propose improvements (Bolívar, 2011), when necessary.

In this sense, a research project entitled Projeto Auera<sup>3</sup>, which is a partnership between Embrapa Clima Temperado and Philip Morris Brasil proposes to develop a model for evaluating the sustainability of family farming in the south of Brazil. However, the development of a model that allows assessing the complex environmental, socioeconomic, and productive interactions of a rural property, through a diagnosis of its sustainability, involves a series of steps. The first of these steps, which directly involves the farms, is the selection of the sample set to be evaluated. That is the election of farms that represent the regional and local peculiarities of the region.

Sampling is fundamental in agricultural studies because, in general, it is not possible to access the entirety of a given population universe, due to obstacles such as logistics, time, human, and financial resources, among others. (Miura et al., 2022). Therefore, information is taken on a part of the whole, to identify and conclude plausible and important results about the totality under study (Schilling; Batista, 2008).

Thus, the objective of this research was to develop a sampling methodology for the selection of a representative group of farms for the evaluation of sustainability indicators of family farms in the southern region of Brazil.

---

3 Projeto Auera – Desenvolvimento e avaliação de modelos de sustentabilidade de propriedades produtoras de tabaco no Sul do Brasil – EMBRAPA: Chamada 00/2020 / Projetos Cofinanciados 2020 – Nacional e Internacional, Projeto tipo II (Desenvolvimento e Validação).

## **2. Methodological procedures**

The study was carried out on family farms in the southern states of Brazil: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, and Paraná. The southern region of Brazil has three climate types according to the Köppen classification, Cfa, Cfb and Af. Cfa is predominant in the states of Rio Grande do Sul and Paraná, characterized as a subtropical climate, with an average temperature of the coldest month below 18°C and an average temperature of the hottest month above 22°C. The Af is the tropical type, with abundant rainfall and high relative humidity, being present only in part of the coast of Paraná and Santa Catarina. Cfb occupies a large part of the three states, being predominant in Santa Catarina, it is the temperate climate type itself, with an average temperature of the coldest month below 18°C and an average temperature of the hottest month below 22°C. The farms studied are located in regions with a Cfa or Cfb climate.

The sample population involved in the present study has a partnership with the company Philip Morris Brasil within the Integrated Tobacco Production System and, therefore has tobacco cultivation as a common characteristic. For personal data protection, the names of farmers were omitted throughout the study and a code was used as an identifier.

All farms fit the criteria indicated by the Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply (Portuguese acronym, MAPA) (Brasil, 2016) to characterize family farming establishments. According to a preliminary diagnosis obtained in this study, families consisted on average of three to four members and the predominant level of education was incomplete elementary school for older members, followed by complete or incomplete higher education for younger members. The average age of family members was 40 years old, with 67% being between 25 and 60 years old. Most farmers (84%) had their area with an average size of 21.9 ha. On the other hand, 16% have a

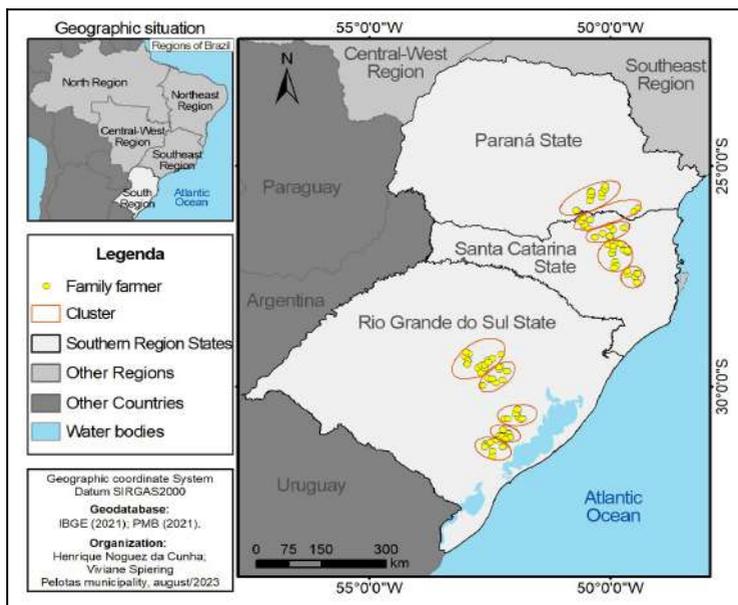
leased area with an average size of 4.06 ha.

Tobacco production is a common feature of the evaluated farms, but the importance of this crop for the families is variable, being the main crop in some cases and others just another component of the production system. In general, production systems are quite diversified, mainly composed of crops such as maize, silage maize, sweet potatoes, cassava, beans, and potatoes, as well as fruit and vegetable crops for family consumption. Corn is the species most used in diversification, being present in more than 90% of the farms, therefore being an important source of direct income or ballast for animal production.

The farm selection process had two phases. First, the selection involved the analysis of a database with 5,283 farms distributed in the three states of southern Brazil, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, and Paraná. The selection process was described and discussed by Miura et al. (2022), in which 101 farms were selected. However, due to the complexity and the large number of indicators for sustainability assessment, it was necessary for a second selection phase to further reduce the number of farms so that the sampling process was feasible, while still being representative and reliable. For that, the 101 farms were further organized into ten territorial units (clusters), according to the distance between them and the similarity of geographical aspects. This grouping was carried out to compose the representativeness of these environments based on field surveys and, in turn, facilitate the logistics in the diagnosis and intervention proposal stage (Figure 1).

Figure 1 – Distribution of ten clusters with family farms in southern Brazil.

Source: IBGE (2021) and the research data



Source: Authors.

The second selection phase involved eliminatory and ranking criteria:

- Farms without registration in the National Rural Environmental Registry System (Portuguese acronym, SICAR) – eliminatory criteria;
- Farms that do not have ownership autonomy – eliminatory criteria;
- Selection index, whose supporting data were obtained by a structured questionnaire applied to the family on the sustainability of the farm (Table 1) – ranking criteria;
- Similarity analysis of the farm – criterion for choosing different properties (representativeness/range);
- Definition of the profile of the farmer, whose evaluation was carried out by the professionals responsible for the

technical assistance of the farm (Supplementary material) – ranking criteria.

### **2.1 Selection Index and Related Indicators**

A selection of substantial sustainability criteria with a transparent scientific diagnosis is required, to understand interconnected biophysical processes (Lairez et al., 2020). The selection index aimed to rank the farm according to the level of sustainability assessed by some indicators selected during interviews and the application of a questionnaire (Supplementary Material) to the families.

The evaluated indicators were (Table 1): a) registration of the farm in the SICAR; b) farming domain; c) time of partnership with the integrating company; d) type of soil tillage system; e) level of diversification of the production system; f) simplified environmental assessment; g) existence of family succession.

The indicators had scores with different weights, being categorized into three classes: first order, with eight weights; second order, with four weights; and third order, with two weights. The weights were attributed by a group of researchers with specialties related to each indicator, taking into account the importance of the indicator for the long-term sustainability of the farm and for the context of enabling the research of assessing sustainability on each farm. Finally, the selection index is the result of the sum of the scores of all indicators.

After excluding the farms that do not have a registration in SICAR and those whose farmers mostly lease land and/or do not have autonomy in managing the property, the indicators were weighted based on a scale of notes, generating an index, called “index of selection” (Table 1).

Table 1 – Weighting of indicators and formation of the selection index

<b>Indicator</b>	<b>Score</b>	
<b>Elimination step</b>		
a) Farms that do not have registration in SICAR	Excluded from process	
b) Farmers who are mostly tenants and/or do not have autonomy in managing the property	Excluded from process	
<b>Ranking step</b>		
c) Registration in SICAR	i) Has registration in SICAR, but the farmer does not live in the registered area	4
	ii) Has registration in SICAR and the farmer resides in the registered area	8
d) Farming domain	i) Farmers who have their own land, but are also tenants of other farms	4
	ii) Farmers who own and work exclusively on their property	8
e) Time of partnership with the integrating company	i) Less than four years of partnership	-8
	ii) Four years of partnership	4
	iii) Five years of partnership	5
	iv) Six years of partnership	6
	v) Seven ears of partnership	7
	vi) Eight years of partnership	8
f) Soil management system	i) Conventional system	1
	ii) Minimum Cultivation	2
	iii) Direct Planting	4
g) Production system diversification <sup>4</sup>	i) Number of species 0 – 2	1
	ii) Number of species 3 – 4	2
	iii) Number of species 4 – 5	3
	iv) Number of species 5 – 6	4
h) Simplified environmental assessment <sup>5</sup>	0 - 4	

4 The average number of species that characterizes the diversification of the production system of the farm was calculated through the average between the number of species of economic importance (tobacco, corn, soybean, beans, etc...), fruits, vegetables and animal production (poultry, pigs, beef cattle, dairy cattle, and fish).

5 Calculated according to Table 2. Conventional system: It consists of the operation carried out with plows or heavy classes, which aims to loosen

	i) No successors or there are successors with no interest in managing/working on the farming	0
i) Family succession	ii) There are successors with an interest in managing/working on the farming.	2
<b>Selection index</b>		<b>Score sum</b>

Source: Authors.

Registration of the farm in the SICAR – SICAR is the system that allows the Rural Environmental Registration (Portuguese acronym, CAR) whose information is essential in the context of analyzing the sustainability of the farm. CAR makes it possible to assess compliance with the legal frameworks related to Permanent Preservation Areas (Portuguese acronym, APPs) and Legal Reserves (Portuguese acronym, RLs), in addition to identifying the presence of water bodies, fountains, areas of native forest, etc...). The score was based on the existence of the farming polygon in SICAR and whether or not the farmer resides on the property.

Farm domain – The farm domain refers to ownership of the land, that is, how much is owned by the farmer, leased, or in partnership with other farmers. In general, farmers with a higher proportion of their land have greater autonomy for decision-making in future intervention and monitoring actions. In this sense, the necessary adjustments to increase the level of sustainability of the property have a greater chance of success and continuity in situations where the farmer has greater autonomy from the rural property.

Time of partnership with the integrator company – In this

---

the soil, and is also used for the incorporation of correctives, fertilizers, vegetable residues, and efficient plants, or surface decompression. Minimum Cultivation: It consists of the implements passage, such as the scarifying plow or the light harrow, rotating to break only the dense surface layer and, in the case of the harrow, it controls small electric plants. Direct Planting: Complex processes, comprising soil mobilization only in the line or hole, permanent maintenance of soil cover, and species diversification, via crop rotation and/or intercropping.

case study, the evaluated farms are linked to an integrator company, which is willing to provide technical assistance and committed to the process of improving the property's sustainability indexes. In this way, the continuity of the research depends on the maintenance of the partnership between the company and the farmer, and therefore, that longer the partnership, the greater the weight of this indicator.

Soil preparation system – The soil preparation system was used as an indicator related to the adoption of soil and water conservation practices on the farm. The indicator was obtained through the sum of the values corresponding to each type of soil preparation, taking into account the weight/score attributed to each system according to the sustainability level characteristic of the systems. In case there are different soil preparation systems on the property, the weighted sum was performed based on the percentage of each system and the respective score.

Level of diversification of the production system – The diversification of the production system was used as a composite indicator of the property's agrobiodiversity, the family's food wealth, and the property's potential for environmental and economic sustainability. To represent the productive diversity of the farm, the following sub-indicators were used: a) number of plant species of economic importance (tobacco, corn, soybeans, beans, etc...); b) number of fruit species (orange, peach, apple, vine, etc...); c) number of vegetable species (lettuce, cabbage, beet, carrot, etc...); c) number of animal species (cattle, pigs, poultry, etc...). From the number of species in each segment, the average diversification of the production system was calculated. A score was assigned to the mean value obtained, as shown in Table 1.

Simplified environmental assessment – The simplified environmental assessment was used as a composite indicator related to the relative amount of native vegetation on the property,

connection of forest fragments, presence of water springs and watercourses, and their permanent preservation areas. Each indicator was classified into three categorical levels: Low (score 0), Intermediate (score 0.5), and High (score 1.0) (Table 2). The values obtained for the farm were submitted to a score sum that could vary from 0 to 4.0.

Family succession – The existence of family succession was used as an indicator of the property's potential for continuity as a multiplier actor in the processes of promoting sustainability on the property itself and in the community.

*Table 2 – Categorization and scoring of environmental parameters*

<b>Environmental parameter</b>	<b>Description</b>	<b>Nota</b>
Native vegetation	Nonexistent	0
	Owns but is less than 20% of the property <sup>6</sup>	0,5
	Owns and is greater than 20% of the property	1,0
Fragment connection	Nonexistent	0
	Fragments with poor connections	0,5
	Good connected fragments	1,0
Fountain	Nonexistent	0
	Fountains with non-existent riparian forests or partial PPA2	0,5
	Fountains with riparian forest in total PPA	1,0
Watercourses	Nonexistent	0
	Watercourses with non-existent riparian forest or partial PPA	0,5
	Watercourses with riparian forest and total PPA	1,0

Source: Authors.

## **2.2 Statistical analysis to evaluate the similarity between the farms**

Consisted of the joint analysis of the component indicators of the selection index to evaluate the similarity of the farms. This

<sup>6</sup> Minimum required by the Brazilian environmental legislation in the sampled region (Brasil, 2012). 2 PPA – permanent preservation areas.

study aims to help in the selection of similar or different farms, depending on the objective of the research. Furthermore, if there is a need to replace a property, the analysis allows the selection of a new one with similar characteristics. Cluster Analysis is a multivariate statistical analysis technique that seeks to group similar objects according to the criteria given by the set of observed variables (Kubrusly, 2001). Clustering is a powerful learning tool for detecting structures in datasets (Adolfsson et al., 2019).

### **2.3 Farmers profile**

As the farmers had technical assistance provided by the integrator company, the technicians responsible for assisting each farmer were invited to answer a questionnaire to create a profile of the farmer and his property. This assessment aimed to identify those farmers with the greatest potential to accept proposals to improve the sustainability of the property; with a greater chance of continuing the project; with a greater ability to propagate actions to improve the level of sustainability; and those located in regions with better logistics for the research team.

The questionnaire was composed of the following items: a) receptivity: willingness of the farmer to participate in the project; for changes in the technological standard, incorporation of new technologies and innovation in its processes; b) partnership history: history and perspective of keeping the partnership with the integrator company for the next five years; c) representativeness: the potential of the farmer and his property to be local and/or regional technological references, serving as a model to other farmers; d) relationship: empathy, ability to dialogue and to establish new friendships; e) logistics: road access conditions to the property; distance from the property to food and accommodation support structures. Each item was classified as Very low, Low, Medium, High, and Very high

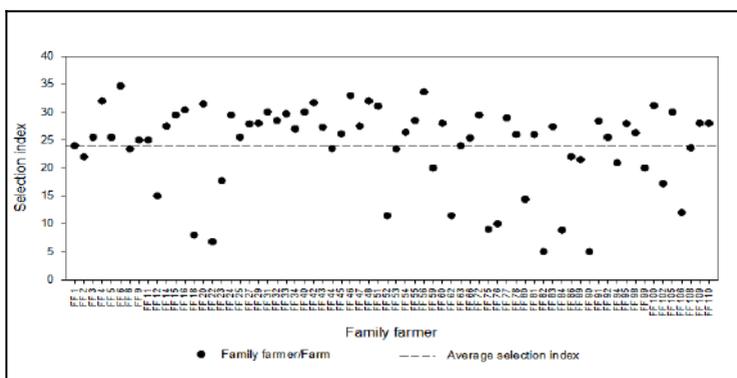
(Supplementary Material).

### 3. Results and discussions

From a total population of 101 farms 31 were excluded from the selection process, either because they did not have polygons in the SICAR or because farmers did not own the property and/or did not have autonomy over its management. The lack of registration in SICAR makes it impossible to carry out a series of assessments related to environmental legislation and the conservation of fauna and flora, which are essential for assessing sustainability. In the same sense, the farm whose farmers do not have the domain, as in the case of leasing, makes it difficult to intervene and monitor actions, especially those that require investments with a medium and long-term effect such as the implementation of flood control structures, recomposition of APPs, delimitation of RL, among others.

Thus, after excluding those farms that did not meet these criteria, the selection index was calculated for the 70 farms that remained (Figure 2).

*Figure 2 – Selection index of farms that remained in the selection process after the elimination step*



Source: Authors.

The selection index ranked the farms, within each Cluster,

according to some sustainability indicators described in Table 1. This way, it was possible to identify farms with different levels of sustainability. According to Oliveira et al. (2008), it is essential for the development of an index that the data set covers an impact gradient including areas with little or minimal impact and highly degraded areas. Due to the environmental, social, and production system differences found in Southern Brazil, the analysis of the selection index was carried out within each Cluster (Figure 3) to maintain the representativeness of the different realities of the total set of farms.

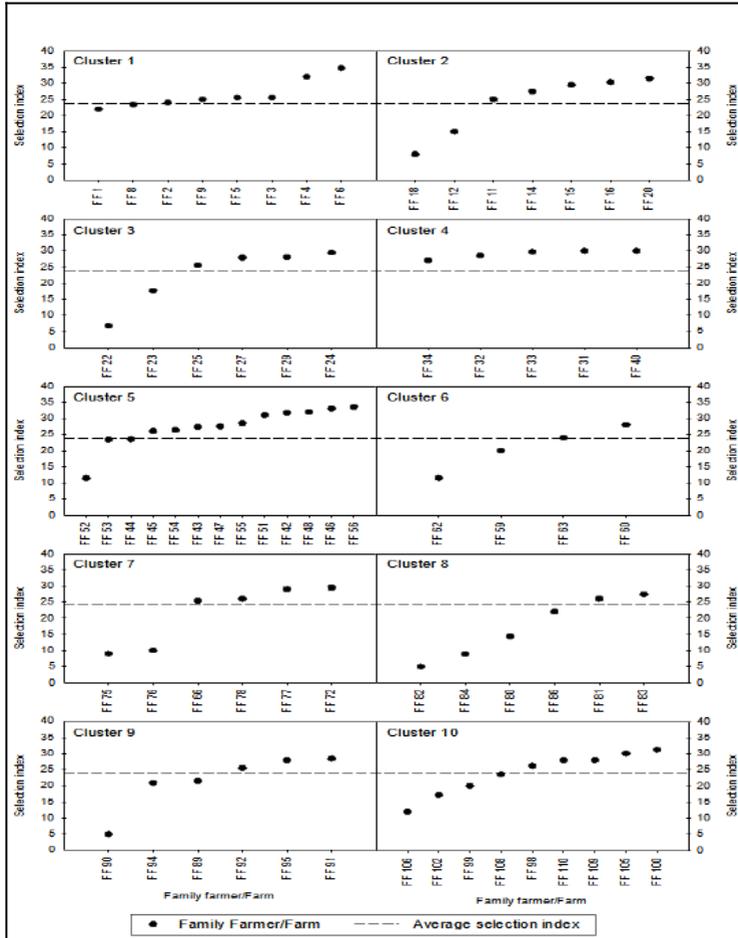
To maintain variability in the sample set, farms with different selection indices were selected, using as a reference the general average of the 70 farms (average selection index = 24). For this purpose, farms with a selection index below and above the general average were selected (Figure 3). However, in Cluster 4, there were only above-average farms (Figure 3), meaning that the homogeneity of the farms is probably part of the social, environmental, and productive characteristics of the region or the Cluster. However, to make the selection of farms with different characteristics in each Cluster more reliable and robust, the data were submitted to Cluster Analysis (Figure 4). Cluster analysis is one of the most robust methods in terms of statistics and data modeling and clustering is a data analysis tool applied across diverse areas (Adolfsson et al., 2019).

From this, we sought to select properties with a selection index above and below the average (Figure 3) and that were in different similarity groups (Figure 4). Therefore, ensuring significant differences between the properties selected in each Cluster and, consequently, variability and representativeness.

The cluster analysis is also important when a sampling unit needs to be replaced, as it allows the researcher to identify the one with the characteristics closest to the one that needs to be replaced. This possibility is fundamental in medium and long-

term studies that involve a dense survey of data and with a high monetary cost.

Figure 3 – Selection index of farms in each Cluster

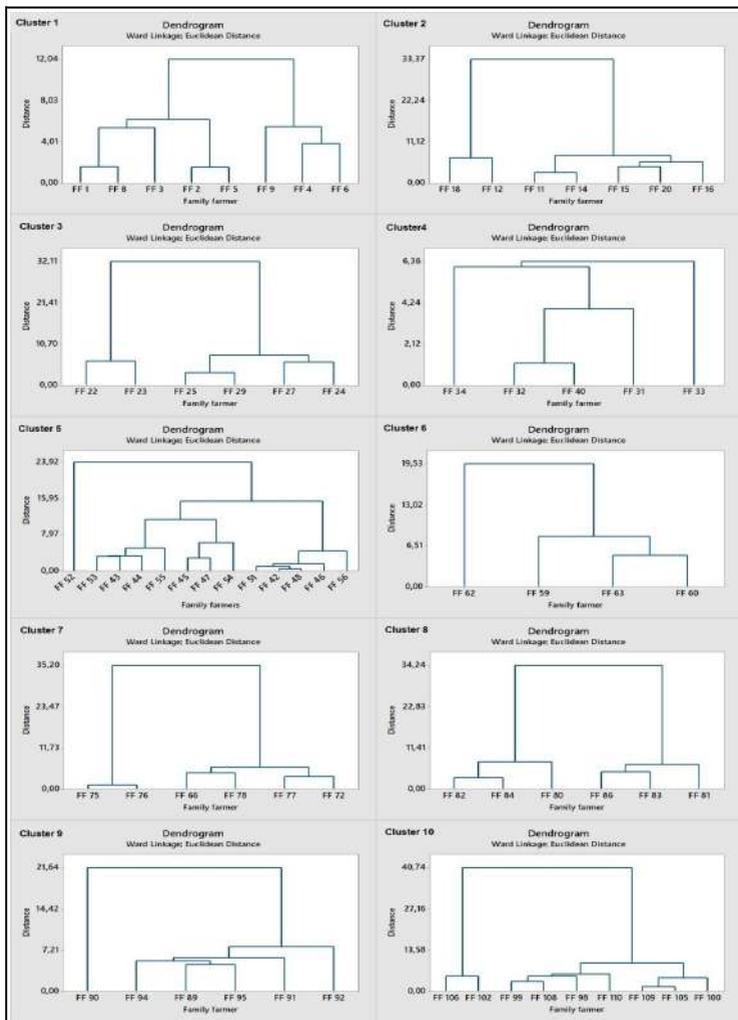


Source: Authors.

The selection index and the Cluster Analysis provide elements that enable the selection of farmers/farms with different characteristics. Despite that, a final step in this selection process

was necessary, in order to select within each grouping that farmer or farm whose research is more likely to be successful. In this sense, knowledge of the profile of the farmer is essential.

Figure 4 – Cluster Analysis of family farmer/farms



Source: Authors.

The farmers' profile assessment was carried out by the technicians who provide technical assistance on the farms, considering the following items: receptiveness, length of partnership, representativeness, relationship, and logistics. This assessment provided an overview of how the farmer and family would welcome a sustainability assessment, as this process would involve visits by a large number of people (multidisciplinary team), sampling of soil, water, plants, and images, as well as interviews for taking information about the management of the property. Finally, the logistical aspect was also considered, since it could hinder or limit the evaluations. From this, preference was given to farmers who were more receptive, easy to relate to, who had a history of maintaining the partnership, who were representative concerning other farmers in the region, and were located in a region with favorable logistics.

Taking into account the selection index, the similarity of the farms, and the evaluation of the farmers' profile, 19 properties were selected (Table 2). In general, for each cluster, two farms were selected, one with a selection index above and the other with a selection index below the average, except for Cluster 4. In this Cluster, only one farm with a selection index above the average was selected, as there were no properties below the average.

The efficiency and robustness of the proposed selection process were put to the test in the fieldwork, which is now in the final stage. There were no dropouts or any other setbacks that would indicate that the selected properties were not suitable. The success in the selection of properties was also confirmed by the evaluation of the professionals responsible for technical assistance, who indicated that the properties selected in each Cluster represent the characteristics of the sampling universe.

Table 3 – Characteristics of selected farmers

<b>Family farmer/ Farm</b>	<b>Cluster</b>	<b>Selection index position</b>	<b>Receptivity</b>	<b>Partnership history</b>	<b>Representativeness</b>	<b>Relationship</b>	<b>Logistics</b>
FF 1	Cluster 1	below average	High	Medium	High	High	Medium
FF 6	Cluster 1	above average	Medium	High	Medium	Medium	Medium
FF 12	Cluster 2	below average	Medium	Very high	Medium	High	Medium
FF 16	Cluster 2	above average	High	Medium	Medium	Very high	Low
FF 22	Cluster 3	below average	High	High	Very high	Very high	Very high
FF 27	Cluster 3	above average	High	High	Very high	Very high	High
FF 33	Cluster 4	above average	High	High	Medium	High	Medium
FF 52	Cluster 5	below average	Very low	Low	Very low	Medium	Medium
FF 42	Cluster 5	above average	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium
FF 62	Cluster 6	below average	Low	Medium	Low	Medium	High
FF 60	Cluster 6	above average	Low	Medium	Low	Medium	High
FF 75	Cluster 7	below average	Medium	Low	Low	Medium	High
FF 72	Cluster 7	above average	High	Very low	Very low	Very high	Very high
FF 80	Cluster 8	below average	Very high	High	Very high	High	Medium
FF 83	Cluster 8	above average	High	High	High	High	Medium
FF 94	Cluster 9	below average	High	High	High	High	High
FF 91	Cluster 9	above average	Medium	High	High	High	High
FF 108	Cluster 10	below average	High	Medium	Low	High	High
FF 105	Cluster 10	above average	High	High	High	High	Medium

Source: Authors.

## 4. Final considerations

The world faces a challenge in meeting the growing demand for sustainable products, especially due to population pressure, scarcity of resources, ecosystem manipulation and climate change. Therefore, sustainable development in agriculture and rural areas must be an objective to be achieved.

The sustainability concept in rural areas is related to the quality of production, the maintenance, and improvement of productivity, the preservation of natural resources for future generations, the management and conservation of soil, water, and biodiversity, in addition to the quality of life of farmers and their families. To evaluate these issues, many methodologies are being developed and the selection of properties for the evaluation of these methodologies is the first step in the process. However, the selection of a sample made up of family farms is a complex process, which needs to consider productive, environmental, and socioeconomic aspects.

In this sense, the property family farming selection model proposed in the present research involved the evaluation of a series of indicators related to the sustainability of properties to form a selection index, which together with the similarity analysis, brought an idea of the level of sustainability and made it possible to select properties with specific characteristics, increasing the representativeness of the selected sample. Furthermore, knowledge of the farmer's profile contributed to the selection of farmers most interested in carrying out the work, an important aspect when it comes to sustainability studies, which are invariably medium and long-term and involve the movement of multidisciplinary teams in the property. It also allows the selection of farmers who are references among their peers and can disseminate technologies in their region of coverage.

The selection of a sample of 19 properties from a total population of 101, made it possible to develop a sustainability

index for family farming in the three southern states of Brazil. The reduction in the number of properties allowed the concentration of resources on the evaluation of a large number of indicators that characterized the level of sustainability of these properties. Therefore, it is believed that the methodology presented can be used as a reference for other studies that need to reduce the number of properties to be evaluated in a large population.

## Referências

ADOLFFSSON, A.; ACKERMAN, M.; BROWNSTEIN, N. C. To cluster, or not to cluster: an analysis of clusterability methods. **Pattern Recognition**, 88, 13-26, 2019.

BOLÍVAR H. Metodologías e indicadores de evaluación de sistemas agrícolas hacia el desarrollo sostenible. **Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, Redalyc**, v. 8, n. 1, p. 1-18, 2011.

BRASIL, Decreto-Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 25 maio 2012. Seção 1, p. 37.

CALICIOGLU, O. *et al.* The future challenges of food and agriculture: an integrated analysis of trends and solutions. **Sustainability**. v. 11, n. 1, 222, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su11010222>. Acesso em: 22 jan. 2024.

FIGUEREDO, P. E. *et al.* A agrobiodiversidade na agricultura periurbana de Sinop, Mato Grosso, Brasil, Amazônia legal. **Ciência Florestal**, v. 33, p. e67230, 2023.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2000.

KUBRUSLY, L. S. Um procedimento para calcular índices a partir de uma base de dados multivariados. **Pesquisa Operacional**, v. 21, n. 1, p. 107-117, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-74382001000100007>. Acesso em: 25 jan 2024.

LAIREZ, J. *et al.* Context matters: Agronomic field monitoring and participatory research to identify criteria of farming system sustainability in South-East Asia. **Agricultural Systems**, v. 182, 2020.

MACIEL, M. D. A.; TROIAN, A. A produção de novidades da agricultura familiar: o protagonismo dos sistemas orgânicos e agroecológicos no desenvolvimento sustentável. **Desafio Online**, v. 10, n. 3, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.55028/don.v10i3.15228>. Acesso em: 25 jan. 2024.

MAPA. Ministério da Agricultura e Pecuária. 2023. Disponível em: [https://www.gov.br/agricultura/acl\\_users/credentials\\_cookie\\_auth/require\\_login?came\\_from=https%3A/www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/mda/agricultura-familiar-1](https://www.gov.br/agricultura/acl_users/credentials_cookie_auth/require_login?came_from=https%3A/www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/mda/agricultura-familiar-1) Acesso em: 08 fev. 2023.

MARCHETTI, F. F. Agrobiodiversidade, Sociedade e Academia: uma revisão com enfoque na conservação e na pesquisa interdisciplinar. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 4, 2020. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/6564/4739>. Acesso em: 22 jan. 2024.

MIURA, A. K. *et al.* **Plano amostral para diagnóstico de sustentabilidade ambiental**: estudo de caso em propriedades produtoras. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2022.

OLIVEIRA, W. C.; BERTOLINI, G. R. F. Uma revisão sistemática sobre a contribuição das cooperativas para a sustentabilidade da agricultura familiar. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, 2022.

RAO, C. S. *et al.* Agro-ecosystem based sustainability indicators for climate resilient agriculture in India: a conceptual framework. **Ecological Indicators**, v. 105, p. 621-633, 2019.

SILVA, D. A.; POLLI, H. Q. A importância da agricultura orgânica para a saúde e o meio ambiente. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 1, p. 505-516, 2020.

OLIVEIRA, R. B. S.; CASTRO, C. M.; BAPTISTA, D. F. Desenvolvimento de índices multimétricos para utilização em programas de monitoramento biológico da integridade de ecossistemas aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n.3, p. 487-505, 2008.

SCHILLING, A. C.; BATISTA, J. L. F. Curva de acumulação de espécies e suficiência amostral em florestas tropicais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, n. 1, p. 179-187, 2008.

VIEIRA, S. C.; BERNARDO, C. H. C.; LOURENZANI, A. E. B. S. Política Pública de ATER para o desenvolvimento rural sustentável na agricultura familiar. **ReCoDAF- Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 1, n. 1, p. 1-22, 2015.



## **Mapeamento das tecnologias digitais utilizadas na agricultura familiar em Sentinela do Sul (RS)**

*Carlos Alberto Frantz dos Santos<sup>a</sup> e Juliane da Silva Carvalho<sup>b</sup>*

**Resumo:** Nos últimos anos, as tecnologias digitais têm desempenhado um papel crucial na melhoria das práticas agrícolas, proporcionando aos agricultores ferramentas para a tomada de decisão. Apesar do crescente interesse dos produtores rurais por essas tecnologias, alguns enfrentam dificuldades em sua adoção. Este artigo tem como objetivo mapear as tecnologias digitais utilizadas por agricultores familiares em Sentinela do Sul, investigando tanto os benefícios quanto os desafios associados a essa adoção. O estudo adota uma abordagem quali-quantitativa, realizando 50 entrevistas com agricultores familiares na região. Os resultados revelam um baixo nível de conhecimento e adoção de tecnologias digitais, influenciado pelo perfil educacional e etário dos entrevistados. As conclusões ressaltam a necessidade de políticas de inclusão digital para esse público, destacando a importância de projetos de extensão rural. Além disso, o

---

a Doutorando em Administração. Professor na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS. E-mail: [carlos-santos@uergs.edu.br](mailto:carlos-santos@uergs.edu.br).

b Graduada em Gestão Ambiental na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS. E-mail: [juliane-carvalho@uergs.edu.br](mailto:juliane-carvalho@uergs.edu.br).

estudo contribui significativamente ao identificar limitações e benefícios na adoção dessas tecnologias, fornecendo insights valiosos para futuras iniciativas e aprimoramento da relação entre tecnologia digital e agricultores familiares.

**Palavras-chave:** Agricultura familiar. Inovação. Tecnologias digitais. Agricultura 4.0.

## **Mapping of digital technologies used in family farming in Sentinela do Sul (RS)**

*Carlos Alberto Frantz dos Santos<sup>a</sup> and Juliane da Silva Carvalho<sup>b</sup>*

**Abstract:** In recent years, digital technologies have played a crucial role in improving agricultural practices, providing farmers with tools for decision-making. Despite the growing interest of rural producers in these technologies, some face challenges in their adoption. This article aims to map the digital technologies used by family farmers in Sentinela do Sul, investigating both the benefits and challenges associated with this adoption. The study adopts a qualitative-quantitative approach, conducting 50 interviews with family farmers in the region. The results reveal a low level of knowledge and adoption of digital technologies, influenced by the educational and age profile of the respondents. The conclusions emphasize the need for digital inclusion policies for this audience, highlighting the importance of rural extension projects. Additionally, the study significantly contributes by identifying limitations and benefits in the adoption of these technologies, providing valuable insights for future initiatives and enhancing the relationship between digital technology and family farmers.

**Keywords:** Family farming. Innovation. Digital technologies. Agriculture 4.0.

---

a PhD student in Administration. Professor at the State University of Rio Grande do Sul – UERGS. Email: [carlos-santos@uergs.edu.br](mailto:carlos-santos@uergs.edu.br).

b Student of Environmental Management at the State University of Rio Grande do Sul – UERGS. Email: [juliane-carvalho@uergs.edu.br](mailto:juliane-carvalho@uergs.edu.br).

## **Mapeo de tecnologías digitales utilizadas en la agricultura familiar en Sentinela do Sul (RS)**

*Carlos Alberto Frantz dos Santos<sup>a</sup> y Juliane da Silva Carvalho<sup>b</sup>*

**Resumen:** En los últimos años, las tecnologías digitales han desempeñado un papel crucial en la mejora de las prácticas agrícolas, proporcionando a los agricultores herramientas para la toma de decisiones. A pesar del creciente interés de los productores rurales en estas tecnologías, algunos enfrentan desafíos en su adopción. Este artículo tiene como objetivo mapear las tecnologías digitales utilizadas por agricultores familiares en Sentinela do Sul, investigando tanto los beneficios como los desafíos asociados con esta adopción. El estudio adopta un enfoque cualitativo-cuantitativo, realizando 50 entrevistas con agricultores familiares en la región. Los resultados revelan un bajo nivel de conocimiento y adopción de tecnologías digitales, influenciado por el perfil educativo y la edad de los entrevistados. Las conclusiones enfatizan la necesidad de políticas de inclusión digital para este público, resaltando la importancia de proyectos de extensión rural. Además, el estudio contribuye significativamente al identificar limitaciones y beneficios en la adopción de estas tecnologías, proporcionando ideas

---

a Estudiante de Doctorado en Administración. Profesor de la Universidad Estadual de Rio Grande do Sul – UERGS. Correo electrónico: [carlos-santos@uergs.edu.br](mailto:carlos-santos@uergs.edu.br).

b Estudiante de Gestión Ambiental de la Universidad Estadual de Rio Grande do Sul – UERGS. Correo electrónico: [juliane-carvalho@uergs.edu.br](mailto:juliane-carvalho@uergs.edu.br).

valiosas para futuras iniciativas y mejorando la relación entre la tecnología digital y los agricultores familiares.

**Palabras clave:** Agricultura familiar. Innovación. Tecnologías digitales. Agricultura 4.0.

## 1. Introdução

Nas últimas décadas, as tecnologias digitais têm contribuído para uma melhor tomada de decisão por parte dos agricultores, resultando em melhor desempenho das atividades agrícolas (JAIN et al., 2015). Por esse motivo, cada vez mais os produtores rurais vêm demonstrando interesse por ferramentas das tecnologias digitais, como por exemplo: plataformas digitais, sensores, internet das coisas, a robótica e os sensores, *big data*, o armazenamento em nuvem, a inteligência artificial e o *blockchain* (OECD, 2018). No Brasil, o percentual de uso de dispositivos móveis (como celulares e *tablets*) em áreas rurais aumentou de 17% em 2013 para 61% em 2017 (MALAQUIAS; SILVA, 2020).

A literatura nacional e internacional tem analisado amplamente os benefícios das tecnologias digitais (como celulares, *tablets*, plataformas digitais, sensores, internet das coisas, aplicativos móveis e softwares) voltados para atividades agrícolas. Segundo Moreira (2019) é possível reduzir a utilização de insumos químicos nas lavouras, pois a aplicação será precisa e baseada em informações georreferenciadas, otimizando o tempo de trabalho do produtor e aumentando a eficiência no uso do recurso hídrico utilizando sistema de irrigação automatizado. Além disso, dentro outras possibilidades estão os sistemas de irrigação inteligente, a agricultura de precisão envolvendo a aplicação de inteligência embarcada, automação e rede de sensores locais para mapeamento de solos, monitoramento de doenças e de variáveis meteorológica (MASSRUHÁ et al., 2014), soluções para sistemas de otimização, tecnologias de suporte à decisão para agricultura de precisão como controle das atividades, gastos e produtividade (OLIVEIRA et al., 2022).

A adoção de tecnologias contribui para a agricultura, uma vez que o propósito dos aplicativos móveis é ajudar e informar os agricultores a gerir suas propriedades rurais com mais autonomia. Segundo Costa, Carvalho e Cabral (2016), os dispositivos móveis

já fazem parte da realidade no meio rural, o que amplia o alcance das informações e o acesso para a utilização dos aplicativos que auxiliam na tomada de decisão no campo. A implantação do uso de aplicativos móveis pode ser considerada positiva, visto que seu uso permite a redução dos custos de produção, a diminuição da perda na colheita e a redução das viagens para descobrir a variação dos preços. O telefone celular torna-se uma tecnologia mais viável de ser adotada por agricultores familiares devido ao baixo custo de investimento em relação à compra de um computador (COSTA et al., 2016).

Segundo Silva et al. (2017), os aplicativos móveis são softwares que podem auxiliar na tomada de decisão no agronegócio, contribuindo para uma maior qualidade e produtividade agrícola, uma vez que facilitam o acesso à informação, apresentam baixo custo e são adaptáveis aos mais diversos ambientes. Os aplicativos móveis (AppMA) têm como finalidade atender às lacunas de necessidades informacionais ou desejos do setor agrícola e pecuário, além de outras atividades pertinentes para o setor (FRANCISCO, 2019).

São diversos os benefícios para o meio rural com a utilização dos aplicativos móveis. Por meio do uso da moderna tecnologia agrícola via aplicativo móvel, é possível melhorar a produção e diminuir a poluição do meio ambiente. Alguns exemplos incluem maior produtividade agrícola, diminuição do uso de fertilizantes e pesticidas, que por sua vez reduzem os custos de produção, redução dos impactos ambientais, uma vez que a contaminação por produtos químicos em rios e águas subterrâneas é reduzida, e aumento da segurança dos produtores. Segundo Francisco (2019), a agricultura 4.0 traz para o campo novas ferramentas e práticas de gestão com o objetivo de aumentar a produtividade, reduzir custos e desperdícios, além da capacidade de coletar, usar e compartilhar dados para a tomada de decisão do produtor (FRANCISCO, 2019).

As ferramentas digitais geram benefícios quando utilizadas na agricultura de países em desenvolvimento: criam um canal de informação entre o produtor e o mercado de comercialização, tornam as transações financeiras e comerciais mais fáceis, rápidas e baratas, permitindo trabalhar diretamente com intermediários maiores e capturar mais valor do produto (DEICHMANN; GOYALB; MISHRAC, 2016). Além disso, os agricultores podem expandir suas redes e estabelecer contato direto com outros compradores. Apesar de mostrarem impactos encorajadores nos retornos recebidos pelos produtores rurais, evidências mostram que essas inovações muitas vezes não conseguem alcançar uma aceitação mais ampla devido às restrições de acesso às informações e à falta de capacidade de comunicação enfrentada pelos agricultores (DEICHMANN et al., 2016).

Apesar destas tecnologias digitais e suas aplicações serem benéficas e estarem cada vez mais presentes no cotidiano da agricultura, uma parcela significativa dos agricultores ainda encontra dificuldade de acessá-las. A zona rural do Brasil, por exemplo, ainda enfrenta dificuldade em ter acesso à internet, pois apenas 74% das propriedades têm acesso à internet (CGI.BR, 2023). No âmbito da agricultura familiar, apesar do barateamento dos dispositivos, da popularização dos *smartphones* nas comunidades rurais, e ao aumento das iniciativas por parte de agências de extensão rural, órgãos de pesquisa e projetos de extensão acadêmica), diversas tecnologias como aplicação de sensores sem fio para coleta de dados, cibernética e máquinas e inteligentes, comunicação integrada entre dispositivos são de difícil acesso para pequenos agricultores (MOREIRA, 2019).

Além disso, compreender a realidade e os desafios da agricultura familiar em relação às tecnologias digitais é um assunto relevante, pois a maioria dos estabelecimentos agropecuários nacionais (76,8%) correspondem à agricultura familiar (IBGE, 2017). Ademais, a pandemia da covid-19 tornou

a utilização da tecnologia indispensável para as pequenas propriedades rurais, pois feiras e mercados de produtores foram impedidos de serem realizadas. Neste contexto, a maioria dos agricultores precisou se adaptar o mais rápido possível à utilização de mídias sociais e aplicativos móveis para continuar produzindo e vendendo seus produtos (ROCHA et al., 2022).

Nesse sentido, apesar de diversas pesquisas terem analisado as tecnologias digitais de agricultores familiares no Rio Grande do Sul (DEPONTI et al., 2015; CONCEIÇÃO, 2016; FRANCESCHI et al., 2021), não identificamos na literatura estudos que realizem um mapeamento sobre a adoção de tecnologias digitais na região centro-sul do Rio Grande do Sul. Embora o estado do Rio Grande do Sul tenha sido considerado em 2021 e 2022 o estado mais inovador do Brasil, de acordo com o ranking de competitividade divulgado pelo Centro de Liderança Pública (CLP, 2024), muitas regiões apresentam necessidades urgentes de ações voltadas para a inovação, como é o caso da região centro-sul.

Em termos de área, a região centro-sul representa 3,66% (10.300 km<sup>2</sup>) do total da área do estado do Rio Grande do Sul (281.748,5 km<sup>2</sup>). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), a região possui o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de alguns municípios com índices inferiores aos do estado, variando entre IDH baixo e médio (WERLANG; TRAININI, 2016). Portanto, para contribuir com esta discussão, este artigo tem como o objetivo analisar quais tecnologias digitais são utilizadas por agricultores familiares no município de Sentinela do Sul (RS).

## **2. Metodologia**

Este artigo é caracterizado como uma pesquisa *survey* de natureza quantitativa. Segundo Freitas et al. (2000) a pesquisa *survey* pode ser descrita como a obtenção de dados ou

informações sobre características, ações ou opiniões de determinado grupo de pessoas, indicado como representante de uma população-alvo. A pesquisa foi realizada no município de Sentinela do Sul localizado na região centro-sul do estado do Rio Grande do Sul. O município possui uma população de 5.306 habitantes sendo 71,2% da zona rural e 28,8% na zona urbana, com uma média salarial de 1,9 salários-mínimos dos trabalhadores formais e uma taxa de escolarização de crianças de 6 a 14 anos de idade de 99,5% (IBGE, 2023). A zona rural possui 888 propriedades rurais, com cinco principais culturas agrícolas: 33,5% arroz (em casca), 20,6% milho (em grão), 18,3% fumo (em folha), 12,2% soja (em grão) e 8,1% mandioca. As maiores criações são de galináceos, bovinos, suínos e ovinos (SEBRAE/RS, 2020).

A amostra da pesquisa foi realizada de duas formas. A primeira por indicações de agricultores pela Associação Rio-Grandense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER/RS-ASCAR). E a segunda ocorreu de forma aleatória com agricultores familiares no quiosque da agricultura familiar. Todas as entrevistas com os 50 agricultores familiares foram realizadas no mês de agosto de 2022.

Os dados foram coletados através de entrevistas realizadas presencialmente com o responsável pela gestão da propriedade, com a aplicação de um roteiro semiestruturado com perguntas abertas e fechadas. O questionário foi dividido em três blocos. O primeiro bloco sobre o perfil do entrevistado. O segundo bloco objetivou identificar o grau de conhecimento do produtor rural em relação às tecnologias digitais disponíveis para a agricultura. E o terceiro bloco tinha como objetivo compreender os motivos pelos quais os entrevistados utilizam ou não essas tecnologias digitais em suas propriedades rurais. Todos os 50 questionários respondidos foram tabulados em uma planilha eletrônica para posterior análise dos dados.

A análise dos dados quantitativos foi realizada através da estatística descritiva simples com a utilização de gráficos. Posteriormente, os resultados foram examinados em termos de percentagens e frequência para cada uma das variáveis investigadas: perfil dos entrevistados e das propriedades, o grau de conhecimento e acesso dos produtores rurais em relação às tecnologias digitais e os motivos, barreiras e benefícios percebidos pela adoção das tecnologias digitais em suas propriedades rurais.

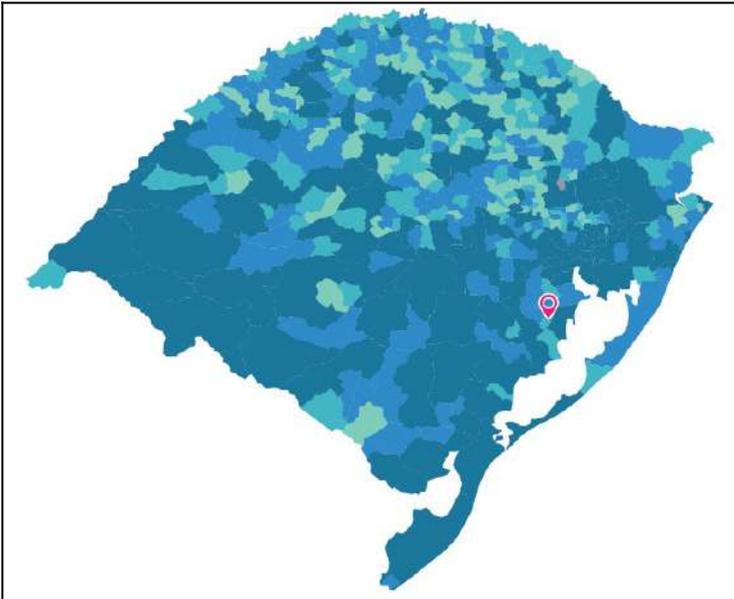
### **3. Resultados e discussões**

O Município de Sentinela do Sul fica localizado à 90 km da capital do estado Rio Grande do Sul, possui uma área total de 282,130 km<sup>2</sup> e conta aproximadamente com 5.306 habitantes (IBGE, 2023). Além disso, do total da população residente no município, 1.361 pessoas residem no meio urbano e 4.232 em área rural. Portanto, 75% residem na zona rural do município. O produto interno bruto (PIB) per capita do município em 2019 foi de R\$ 88.503.390,00. No setor agropecuário do município o rendimento foi de R\$ 30.426.470,00. Contudo, enfatiza-se que uma participação de 29% do PIB deste município provém de atividades agrícolas, com destaque para as culturas do fumo (em folha), mandioca, arroz (em casca), milho (em grão) e soja (em grão), da pecuária, de galináceos e de suínos. Além disso, destaca-se que o comércio local e os setores de prestação de serviços também contribuem para a formulação do PIB. Identifica-se que a base econômica do município está diretamente vinculada ao setor primário e, com isso, as tecnologias digitais voltadas para agricultura têm potencial de exercer grande influência, pois estas tendem a facilitar o desenvolvimento das atividades agrícolas locais.

Os dados da pesquisa demonstram que a amostra é composta por pessoas do gênero feminino (34%) e masculino (66%). Com

relação à idade, observou-se que as faixas etárias com maior representatividade são: 41 a 59 anos: 48%; 31 a 40 anos: 24%; mais de 60 anos 22%; 21 a 30 anos: 6%. Em relação à escolaridade dos participantes da pesquisa obteve-se: ensino fundamental completo ou incompleto: 60%; ensino médio completo ou incompleto: 36% dos participantes. Apenas um entrevistado (2% da amostra) possui ensino superior completo. E ainda, um entrevistado (2%) possui pós-graduação. Sobre a quantidade de membros que residem da propriedade: 32% possuem até duas pessoas residindo no local; 58% possuem até quatro pessoas residindo no local e 10% possuem cinco ou mais pessoas residindo na propriedade rural.

*Figura 1 – Localização de Sentinela do Sul*



Fonte: IBGE (2023).

A renda familiar mensal por propriedades rurais entrevistadas, obteve-se a seguinte frequência de respostas: um a

dois salários-mínimos: 70%; e de três a quatro salários mínimos: 30% das propriedades. A composição da renda mensal dos pesquisados é 50% proveniente do desenvolvimento da produção de grãos e criação animal; e 44% de benefícios sociais (aposentadoria), e 6% vem de outros trabalhos além da agricultura. Com relação ao tamanho das propriedades, os resultados evidenciam a existência de que 42% de propriedade rurais tem até 10 hectares; 42% de 11 a 20 hectares; e 16% com mais de 21 hectares. Desta forma, observa-se que todas as propriedades são classificadas, de acordo com seu tamanho, como sendo propriedades de agricultura familiar. Ainda, 14% do total dos entrevistados possuem terras arrendadas e 2% possuem terras assentadas pelo governo. A figura 2 indica que 46% dos entrevistados (n=23) possuem instabilidade no sinal de telefone, 36% (n=18) possuem sinal de telefone na propriedade e 18% (n=9) não possuem sinal na propriedade.

Figura 2 – Sinal de telefone celular nas propriedades rurais

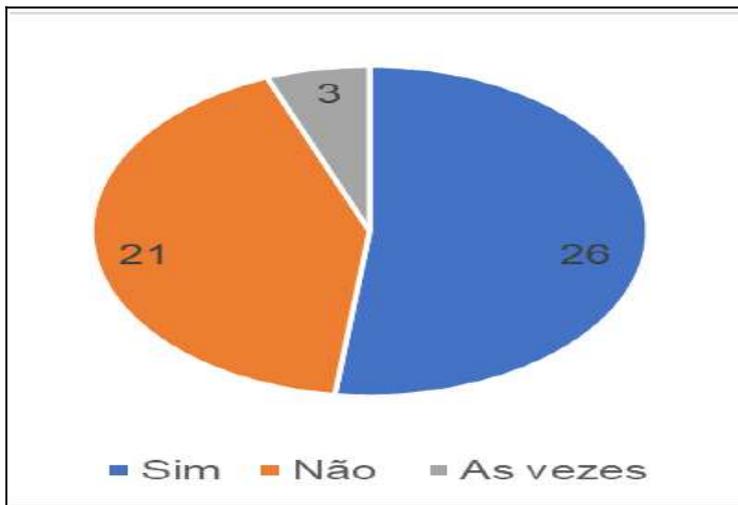


Fonte: Autores.

A figura 3 indica que 52% (n=26) dos entrevistados utilizam

a instalação de Wi-Fi para obter sinal de internet na propriedade. Entretanto, por outro lado, 42% (n=21) ainda não têm acesso à internet em sua propriedade.

Figura 3 – Sinal de Internet nas propriedades rurais



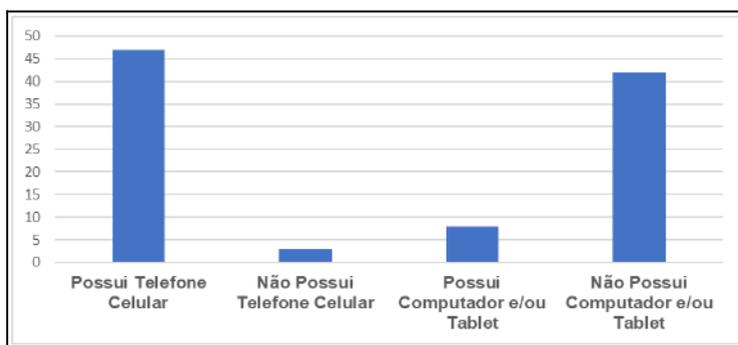
Fonte: Autores.

De acordo com a figura 4 (próxima página), é possível afirmar que 94% (n=47) dos agricultores familiares entrevistados em Sentinela do Sul – RS possuem pelo menos um aparelho de telefone celular, e apenas 16% (n=08) possuem computador e/ou *tablet* na propriedade rural. Isso mostra que os agricultores são adeptos ao uso do aparelho celular em seu dia a dia, mas aparelhos como computador e *tablet* são pouco utilizados por eles.

Com relação ao sinal de telefone celular e à utilização de aparelhos de telefone celular, apenas 36% (n=18) dos entrevistados possuem sinal de telefone em sua propriedade. No entanto, ao mesmo tempo, 94% (n=47) da amostra possui ao menos um aparelho de telefone celular, mostrando que, apesar da alta adesão à tecnologia, nem todos possuem o recurso necessário

para utilizá-la com máxima eficiência. Em relação ao sinal de internet, 52% (n=26) dos entrevistados possuem internet em sua propriedade, mas apenas 8% (n=04) possuem computador e/ou *tablet*. Embora seja possível acessar a internet pelo celular, a utilização de computadores e *tablets* seria interessante, principalmente para recursos de softwares e acesso a plataformas de educação online.

Figura 4 – Possuir aparelho de celular, computador e tablet nas propriedades rurais



Fonte: Autores.

Por meio da entrevista com os 50 agricultores familiares do município de Sentinela do Sul – RS, obteve-se o resultado de que apenas 26% (n=13) da amostra conheciam as tecnologias digitais disponíveis para agricultura. Dentre esses 26%, 6% (n=03) conheciam os aplicativos móveis voltados para agricultura, e 20% (n=10) conheciam os sites web com informações voltadas para agricultura e pecuária. Em relação à forma como os agricultores chegaram ao conhecimento da disponibilidade dessas tecnologias digitais, 24% (n=12) afirmaram que foi através de amigos e conhecidos, e 2% (n=01) através de busca autônoma pela internet. Sobre a utilização das tecnologias digitais nas propriedades rurais, apenas 8% (n=04) utilizam as tecnologias digitais voltadas à agricultura e pecuária, e todos afirmaram que as utilizam há menos de um ano em suas propriedades rurais.

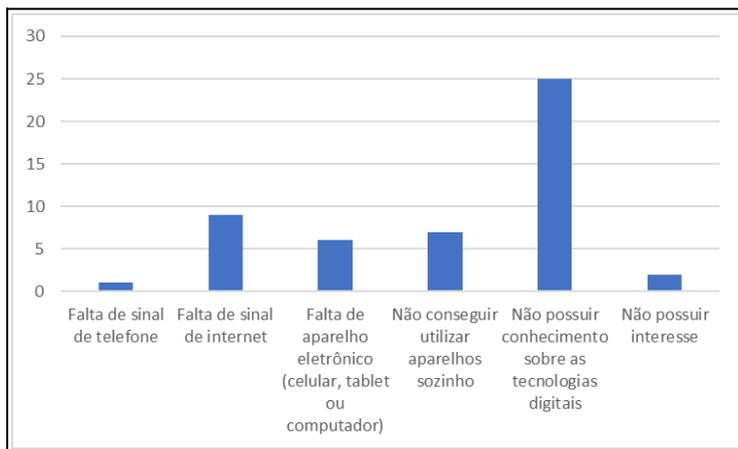
Ao serem questionados se a pandemia do Covid-19 afetou de alguma forma a propriedade, 6% (n=03) dos agricultores familiares entrevistados afirmaram que foram afetados pela pandemia, pois utilizavam o quiosque da praça para vender seus produtos e, por medidas de segurança, foram impedidos de frequentar o local durante um certo período. Os demais 94% (n=47) afirmam que continuaram normalmente produzindo e vendendo seus produtos durante os dois anos de pandemia de Covid-19.

Com relação ao interesse em aderir às tecnologias digitais em suas propriedades, 54% (n=27) dos entrevistados possuem interesse em aderir mais tecnologias digitais, 8% (n=04) não possuem interesse em aderir tecnologias digitais na propriedade e 38% (n=19) talvez tenham interesse futuro em aderir à utilização das tecnologias digitais.

Em decorrência da presença de elementos que dificultam a incorporação das tecnologias digitais pelos agricultores familiares, a Figura 5 evidencia que a principal barreira enfrentada por esses agricultores reside na carência de conhecimento sobre as tecnologias digitais. Este aspecto é mencionado por 50% (n=25) dos entrevistados.

Ou seja, metade dos entrevistados alega não conhecer as tecnologias citadas, como aplicativos móveis para celular, softwares e sites de busca voltados para a agricultura. O segundo maior obstáculo para essa adoção é a falta de sinal de internet na propriedade, visto que quase 48% (n=24) não dispõem de internet em sua propriedade. O terceiro maior motivo está relacionado à incapacidade de utilizar aparelhos eletrônicos sozinhos, mencionado por 14% (n=07), o que gera a necessidade de outra pessoa na hora de utilizar um aparelho de telefone celular, computador e/ou *tablet*.

Figura 5 – Dificuldades enfrentadas na utilização das tecnologias digitais



Fonte: Autores.

Por fim, apesar de pouco mais de um quarto dos agricultores entrevistados conhecer as tecnologias digitais disponíveis para agricultura e pecuária, todos chegaram a esse conhecimento por meios próprios, seja através de amigos ou conhecidos, ou até mesmo buscando sozinhos na internet. Isso mostra que aqueles que não possuem internet nem autonomia na hora de utilizar aparelhos como telefone celular, computador e/ou *tablet* ficam impossibilitados de realizar essas buscas e, assim, gradualmente aderir e buscar mais tecnologias digitais para utilizar na propriedade, seja para cultivo, criação ou comercialização de produtos.

Segundo Moreira (2019), apesar de todas as tecnologias digitais disponíveis para a agricultura, ainda não são viáveis para pequenos agricultores. Embora algumas barreiras tenham sido vencidas, como, por exemplo, o barateamento dos dispositivos devido ao aumento da oferta e à abertura do comércio mundial, a popularização dos *smartphones* nas comunidades rurais e o aumento das iniciativas por parte de agências de extensão rural, órgãos de pesquisa e projetos de extensão acadêmica, ainda é

necessário promover mais debates sobre o assunto para que a adoção dessas tecnologias digitais se torne cada vez mais viável no contexto dos pequenos produtores rurais.

Portanto, os resultados da pesquisa podem ser sintetizados em relação às barreiras e aos benefícios associados à adoção de tecnologias digitais em três categorias principais: Software, Aplicativos Móveis e Internet das Coisas (IoT). No contexto do Software, as principais barreiras incluem a falta de acesso à internet e a ausência de dispositivos como computadores ou *tablets*, juntamente com a falta de conhecimento sobre as tecnologias disponíveis e a dificuldade de uso desses dispositivos. No entanto, os benefícios potenciais da adoção de software incluem a autonomia sobre a propriedade, suporte preciso para a propriedade e disponibilidade de acesso 24 horas, o que pode aumentar a eficiência e a gestão da propriedade.

Em relação aos Aplicativos Móveis, as barreiras semelhantes de acesso à internet e conhecimento tecnológico são destacadas, juntamente com a dificuldade de uso dos dispositivos móveis. Entretanto, os benefícios incluem a autonomia sobre a propriedade, baixo custo de investimento, recursos de precisão para a propriedade e a capacidade de acesso em locais remotos, como o meio do campo. Isso sugere que os aplicativos móveis podem oferecer soluções práticas e acessíveis para a gestão da propriedade. Por fim, na categoria de Internet das Coisas, as barreiras e benefícios são semelhantes aos Aplicativos Móveis, indicando uma convergência de desafios e oportunidades na adoção de tecnologias digitais para a gestão agrícola.

#### **4. Considerações finais**

O objetivo deste artigo foi realizar um mapeamento das tecnologias digitais utilizadas pelos agricultores familiares no município de Sentinela do Sul. A principal contribuição do estudo foi a identificação das limitações e dos benefícios na adoção de

novas tecnologias digitais. Além disso, o artigo analisou quais são as tecnologias digitais utilizadas e quais são os motivos pela não adoção. Também, o artigo caracterizou o perfil dos agricultores familiares entrevistados, referente aos aspectos sociais e econômicos.

A realização desta pesquisa contribuiu para identificar e analisar o uso de ferramentas de tecnologia digital no setor agrícola no município de Sentinela do Sul – RS. Identificou o perfil dos agricultores familiares do município, desde escolaridade, renda, tamanho da propriedade e área em que atuam na agricultura. Contribuiu também para analisar os avanços tecnológicos no setor agrícola do município e o nível de acesso que os agricultores familiares têm a essas tecnologias. Além disso, foram abordados assuntos relevantes, como a ausência de sucessão familiar nas propriedades devido ao processo de envelhecimento na agricultura local. Também foram identificadas as barreiras enfrentadas no contexto atual, apesar das significativas inovações tecnológicas, para obtenção de informações pertinentes à agricultura e pecuária. Adicionalmente, foi constatada a insuficiência de estímulos públicos para promover a adoção das tecnologias digitais voltadas à agricultura no município de Sentinela do Sul (RS).

Durante a coleta de dados da pesquisa, algumas limitações dificultaram o acesso às informações, principalmente a relutância de alguns agricultores em responder à pesquisa devido a não conhecerem ou não estarem familiarizados com pesquisas acadêmicas. Todavia, com o auxílio da EMATER, foi possível obter a adesão dos agricultores visitados. Entretanto, a amostra ficou direcionada à conveniência da EMATER do município. Novas pesquisas podem analisar os motivos pelos quais os agricultores não têm acesso às informações sobre as tecnologias digitais voltadas para a agricultura e pecuária, ou analisar o nível de participação dos jovens nas propriedades rurais e como eles

poderiam contribuir para que essa adoção fosse maior. Os resultados podem ser utilizados como subsídios para as universidades elaborarem projetos de extensão rural e contribuírem para a aproximação entre as tecnologias digitais e os agricultores.

## Referências

COSTA, M. C.; CARVALHO, E. D. P.; CABRAL, M. K. F. Análise de Aplicativos para M-Commerce de Produtos Agrícolas. **JICE**, 2016. Disponível em: <https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/jice/7jice/paper/viewFile/7639/3542>. Acesso em: 16 maio 2022.

CONCEIÇÃO, A. F. **Internet pra quê?**: a construção de capacidades e as TIC no processo de desenvolvimento rural. 2016. 206 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Rural) - Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

DEICHMANN, U.; GOYAL, A.; MISHRA, D. Will digital technologies transform agriculture in developing countries? **Agricultural Economics**, v. 47, n. 1, p. 21–33. 2016.

DEPONTI, C. *et al.* O uso de tecnologias de informação e de comunicação (TICs) pela agricultura familiar no Vale do Caí: projeto-piloto de Montenegro-RS. **Revista Conhecimento Online**, v. 7, n. 1, p. 60-75, 2015.

FRANCESCHI, E.; DEGGERONE, Z. A.; BOMBARDELLI, C. L. O uso das Tecnologias da Informação e Comunicação na agricultura familiar: novas ruralidades em São Valentim-RS, Brasil. **RECoDAF: Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**. v. 6, n. 2 2020.

FREITAS, H.; OLIVEIRA, M.; SACCOL, A. Z.; MOSCAROLA, J. O método de pesquisa survey. **Revista de Administração**. v. 35, n.3, p. 105-112, 2000.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censos 2017. Agricultura Familiar. IBGE, 2017. Disponível em: [https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo\\_agro/resultadosagro/pdf/agricultura\\_familiar.pdf](https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/pdf/agricultura_familiar.pdf). Acesso em: 12 de mar. 2022.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/sentinela-do-sul/panorama>. Acesso em: 05 jun. 2022.

JAIN, L.; KUMAR, H.; SINGLA, R. K. Assessing mobile technology usage for knowledge dissemination among farmers in Punjab. **Information Technology for Development**, v. 21, n. 4, p. 668-676, 2015.

MALAQUIAS, R. F.; SILVA, A. F. Understanding the use of mobile banking in rural areas of Brazil. **Technology in Society**, v. 62, 101260. 2020.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. A.; MOURA, M. F. Os novos desafios e oportunidades das tecnologias da informação e da comunicação na agricultura (AgroTIC). In: MASSRUHÁ, S. M. F. S. *et al.* (Ed.). **Tecnologias da informação e comunicação e suas relações com a agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

MOREIRA, F. M. Editorial. Agricultura Familiar 4.0. **RECoDAF: Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 5, n. 1, 2019.

OLIVEIRA, V. L. C. *et al.* Study of Agribusiness 4.0 – Technologies, challenges and benefits in Agribusiness. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 13, 2022.

OECD. ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT.. Digital technologies in food agriculture: Reaping the benefits. Global Forum on Agriculture, Paris, France, 2018.

ROCHA, B. A.; SOUZA, R. A. S.; SANTOS, A. C. G.; PINTO, W. S. Comercialização de produtos da agricultura familiar e a pandemia da COVID-19: um estudo de caso na região metropolitana de Belém. **RECoDAF – Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**. v. 8, n. 1 2022.

SEBRAE. **Tecnologia da Informação – TI no agronegócio**. 2014.

Disponível em:

<http://www.sebraemercados.com.br/wp-content/uploads/2015/12/TI-Agronegocio.pdf>. Acesso em: 24 maio 2022.

SEBRAE/RS Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Rio Grande do Sul. **Perfil das Cidades Gaúchas - Sentinela do Sul**, 2019. Disponível em:

[https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil\\_Cidades\\_Gauchas-Sentinela\\_do\\_Sul.pdf](https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil_Cidades_Gauchas-Sentinela_do_Sul.pdf). Acesso em: 05 jun. 2022.

SILVA, E. C.; CARETA, C. B.; SPERS, E. E.; SANTOS, N. C. Caracterização dos sistemas de informação móveis para tomada de decisão no agronegócio. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, v. 19, n. 4, 2017.

WERLANG, A.; TRAININI, M. M. (*orgs.*). **Planejamento estratégico de**

**desenvolvimento da região Centro-Sul.** São Jerônimo: COREDE  
Centro-Sul, 2016.



## **Protocolo de processamento de imagens RGB aéreas para identificação de genótipos potenciais de milho em fase vegetativa**

*Barbara Nascimento Santos<sup>a</sup>, Nartênia Susane Costa  
Aragão<sup>b</sup>, Mário Sérgio Rodrigues Barreto<sup>c</sup>, Henrique Rocha  
Azevedo Santos<sup>d</sup>, Jacilene Francisca Souza Santos<sup>e</sup>, José  
Jairo Florentino Cordeiro Junior<sup>f</sup> e Gustavo Hugo Ferreira de  
Oliveira<sup>g</sup>*

- 
- a Mestranda em Agricultura e Biodiversidade na Universidade Federal do Sergipe – UFS. E-mail: [barbaranascimento2804@gmail.com](mailto:barbaranascimento2804@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1689-7399>.
- b Graduada em Engenharia Agrônômica na Universidade Federal do Sergipe – UFS. E-mail: [nartenia.aragao@gmail.com](mailto:nartenia.aragao@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3409-3236>.
- c Graduando em Engenharia Agrônômica na Universidade Federal do Sergipe – UFS. E-mail: [mzs.esc@gmail.com](mailto:mzs.esc@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4037-4328>.
- d Graduando em Engenharia Agrônômica na Universidade Federal do Sergipe – UFS. E-mail: [rique999@academico.ufs.br](mailto:rique999@academico.ufs.br).
- e Doutoranda em Agricultura e Biodiversidade na Universidade Federal do Sergipe – UFS. E-mail: [jacilenesantos\\_14@hotmail.com](mailto:jacilenesantos_14@hotmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5109-3663>.
- f Doutor em Engenharia Agrícola. Professor na Universidade Federal de Sergipe – UFS. E-mail: [jairofcordeiro@academico.ufs.br](mailto:jairofcordeiro@academico.ufs.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1138-8309>.
- g Doutor em Agronomia. Professor na Universidade Federal de Sergipe – UFS. E-mail: [gustavoliveira@academico.ufs.br](mailto:gustavoliveira@academico.ufs.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3839-6261>.

**Resumo:** Objetivou-se avaliar um protocolo de imagens RGB, para identificação da produtividade de grãos do milho antes da maturidade fisiológica em região semiárida. Utilizou-se o DBC, com duas repetições para avaliar 50 genótipos de milho. Realizou-se dois voos em diferentes datas, 27 e 46 dias após o plantio (DAP) com alturas de 40, 60 e 80 m. Utilizou-se 29 índices de vegetação. A análise de variância evidenciou a variabilidade genética entre os genótipos, permitindo a seleção de materiais promissores. Com as repetibilidades dos índices de vegetação, determinou-se a melhor data para voo. As estimativas dos BLUP temporais, permitiram categorizar os materiais como sendo de alto ou baixo desempenho, considerando a média da produtividade de grãos e a distinção dos materiais mais produtivos durante o estágio fenológico vegetativo da cultura. Recomenda-se, portanto, a realização de voos com 27 DAP, a uma altura de 80 m. Os índices de vegetação TGI e Green demonstraram ser indicativos para previsão precoce do potencial produtivo dos materiais. Indica-se manter a área experimental livre de interferências bióticas e abióticas e conduzir voos adicionais, otimizando assim a fenotipagem por imagens aéreas.

**Palavras-chave:** Melhoramento de plantas. Índices de vegetação. *Zea mays* L.

## **Aerial RGB image processing protocol for identifying potential maize genotypes in the vegetative stage**

*Barbara Nascimento Santos<sup>a</sup>, Nartênia Susane Costa Aragão<sup>b</sup>, Mário Sérgio Rodrigues Barreto<sup>c</sup>, Henrique Rocha Azevedo Santos<sup>d</sup>, Jacilene Francisca Souza Santos<sup>e</sup>, José Jairo Florentino Cordeiro Junior<sup>f</sup> and Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira<sup>g</sup>*

**Abstract:** The aim was to evaluate an RGB image for identify grain yield potential in maize before physiological maturity in a semi-arid region. A randomized complete block design with two replications was employed, to access 50 maize genotypes. Two drone flights were conducted at different time points, specifically 27 and 46 days after planting (DAP), at flight heights of 40, 60, and 80 meters. A total of 29 vegetation indices were used in the analysis.

- 
- a Master's student in Agriculture and Biodiversity at the Federal University of Sergipe – UFS. Email: [barbaranascimento2804@gmail.com](mailto:barbaranascimento2804@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1689-7399>.
- b Student of Agricultural Engineering at the Federal University of Sergipe – UFS. Email: [nartenia.aragao@gmail.com](mailto:nartenia.aragao@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3409-3236>.
- c Student of Agricultural Engineering at the Federal University of Sergipe – UFS. Email: [mzs.esc@gmail.com](mailto:mzs.esc@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4037-4328>.
- d Student of Agricultural Engineering at the Federal University of Sergipe – UFS. Email: [rique999@academico.ufs.br](mailto:rique999@academico.ufs.br).
- e PhD student in Agriculture and Biodiversity at the Federal University of Sergipe – UFS. Email: [jacilenesantos\\_14@hotmail.com](mailto:jacilenesantos_14@hotmail.com).
- f PhD in Agricultural Engineering. Professor at the Federal University of Sergipe – UFS. Email: [jairofcordeiro@academico.ufs.br](mailto:jairofcordeiro@academico.ufs.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1138-8309>.
- g PhD in Agronomy. Professor at the Federal University of Sergipe – UFS. Email: [gustavooliveira@academico.ufs.br](mailto:gustavooliveira@academico.ufs.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3839-6261>.

Analysis of variance revealed genetic variability among the genotypes, enabling the selection of promising materials. By assessing the repeatability of vegetation indices, the optimal flight date was determined. Temporal BLUP (Best Linear Unbiased Prediction) allowed for the categorization of materials as high or low performers, considering the mean grain yield, and identified the most productive materials during the vegetative phenological stage of the crop. It is recommended, to conduct flights at 27 DAP at a height of 80 meters. The TGI (Triangular Greenness Index) and Green indices proved to be indicative of early predictions of material productivity. It is suggested to maintain the experimental area free from biotic and abiotic interferences and to conduct additional flights, thus optimizing aerial image phenotyping.

**Keywords:** Plant breeding. Vegetation indices. *Zea mays* L.

## **Protocolo de procesamiento de imágenes aéreas RGB para la identificación de potenciales genotipos de maíz en estado vegetativo**

*Barbara Nascimento Santos<sup>a</sup>, Nartênia Susane Costa Aragão<sup>b</sup>, Mário Sérgio Rodrigues Barreto<sup>c</sup>, Henrique Rocha Azevedo Santos<sup>d</sup>, Jacilene Francisca Souza Santos<sup>e</sup>, José Jairo Florentino Cordeiro Junior<sup>f</sup> y Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira<sup>g</sup>*

**Resumen:** El objetivo fue evaluar un protocolo de imágenes RGB para identificar la productividad del grano de maíz antes de la madurez fisiológica en una región semiárida. Se utilizó DBC, con dos repeticiones para evaluar 50 genotipos de maíz. Se realizaron dos vuelos en diferentes fechas, 27 y 46 días después de la siembra

- a Estudiante de maestría en Agricultura y Biodiversidad de la Universidad Federal de Sergipe – UFS. Correo electrónico: [barbaranascimento2804@gmail.com](mailto:barbaranascimento2804@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1689-7399>.
- b Graduando en Ingeniería Agrícola de la Universidad Federal de Sergipe – UFS. Correo electrónico: [nartenia.aragao@gmail.com](mailto:nartenia.aragao@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3409-3236>.
- c Graduado en Ingeniería Agrícola por la Universidad Federal de Sergipe – UFS. Correo electrónico: [mzs\\_esc@gmail.com](mailto:mzs_esc@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4037-4328>.
- d Graduado en Ingeniería Agrícola por la Universidad Federal de Sergipe – UFS. Correo electrónico: [rique999@academico.ufs.br](mailto:rique999@academico.ufs.br).
- e Estudiante de Doctorado en Agricultura y Biodiversidad en la Universidad Federal de Sergipe – UFS. Correo electrónico: [jacilenesantos\\_14@hotmail.com](mailto:jacilenesantos_14@hotmail.com).
- f Doctorado en Ingeniería Agrícola. Profesor de la Universidad Federal de Sergipe – UFS. Correo electrónico: [jairofordeiro@academico.ufs.br](mailto:jairofordeiro@academico.ufs.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1138-8309>.
- g Doctor en Agronomía. Profesor de la Universidad Federal de Sergipe – UFS. Correo electrónico: [gustavooliveira@academico.ufs.br](mailto:gustavooliveira@academico.ufs.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3839-6261>.

(DAP) con alturas de 40, 60 y 80 m. Se utilizaron 29 índices de vegetación. El análisis de varianza destacó la variabilidad genética entre genotipos, lo que permitió la selección de materiales prometedores. Con la repetibilidad de los índices de vegetación se determinó la mejor fecha para el vuelo. Las estimaciones del BLUP temporal permitieron categorizar los materiales como de alto o bajo rendimiento, considerando la productividad promedio del grano y la distinción de los materiales más productivos durante la etapa fenológica vegetativa del cultivo. Por ello se recomienda realizar vuelos a las 27 DAP, a una altura de 80 m. Los índices TGI y Vegetación verde resultaron indicativos para la predicción temprana del potencial productivo de los materiales. Se recomienda mantener el área experimental libre de interferencias bióticas y abióticas y realizar vuelos adicionales, optimizando así el fenotipado mediante imágenes aéreas.

**Palabras clave:** Mejoramiento vegetal. Índices de vegetación. *Zea mays* L.

## 1. Introdução

No contexto brasileiro, o milho (*Zea mays* L) tem se destacado consistentemente com resultados satisfatórios ao longo dos anos, como evidenciado nos dados fornecidos pela Companhia Nacional de Abastecimento (2023), que apresenta estimativas para uma área plantada de aproximadamente 21.975 milhões de hectares e uma produção total de 125.536 milhões de toneladas para a safra 22/23, com uma produtividade média de 5.713 toneladas por hectare. Na região Nordeste do país, no Estado de Sergipe, por exemplo, espera-se uma média de rendimento de 5.209 kg por hectare em uma área de aproximadamente 182.2 milhões de hectares.

Na agricultura familiar, o cultivo do milho se destaca pela presença marcante nos campos de produção, servindo como fonte de renda e alimentação. Apesar de uma produtividade dentro da média nacional, ainda existem limitações para alcançar todo o potencial produtivo (Silva et al., 2019). Essas limitações podem ser atribuídas a restrições tecnológicas entre os agricultores ou mesmo pelas disparidades educacionais.

Para abordar essa questão, estão sendo desenvolvidas e aplicadas alternativas tecnológicas que oferecem viabilidade econômica e eficiência proporcional competitiva em cenário comercial ou redução de custos de produção. Como resultado, diversos estudos têm demonstrado resultados positivos da aplicação de imagens capturadas por Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT). Essa abordagem tem sido amplamente explorada para monitorar várias culturas, fornecendo informações em tempo real sobre questões como falhas no estande de plantas, estresses hídricos e nutricionais, infestações por pragas e outros fatores que podem afetar a produtividade de grãos (Maes et al., 2019; Qiu et al., 2021; Furuya et al., 2021).

Dessa forma, torna-se evidente a importância de realizar estudos relacionados à fenotipagem de alto rendimento por meio

de imagens, visando a seleção de materiais com potencial produtivo. Portanto, nesse trabalho objetivou-se avaliar e propor um protocolo de processamento de imagens RGB aéreas (ou capturadas via VANT) para identificação de genótipos com alta produtividade de grãos do milho antes da maturidade fisiológica em região semiárida.

## **2. Metodologia**

### **2.1 Descrição da área, material genético e delineamento experimental**

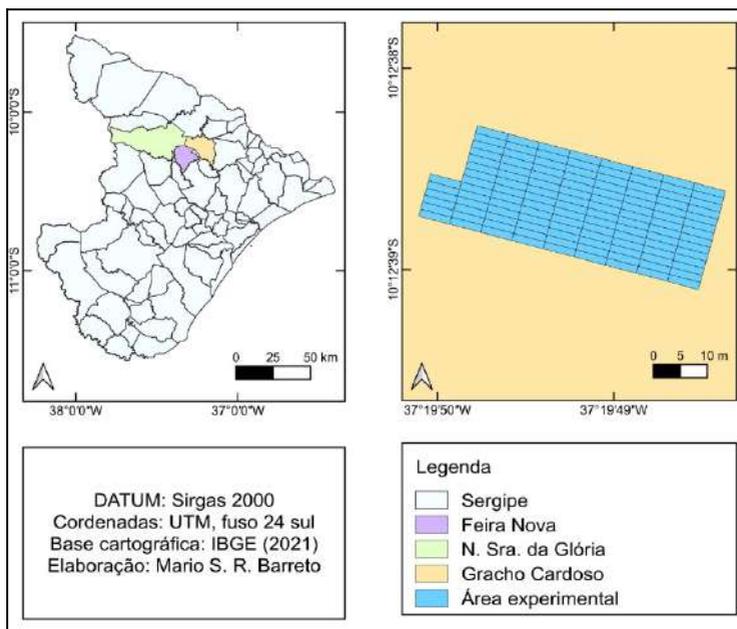
O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Embrapa Semiárido (Figura 1), localizada no município de Nossa Senhora da Glória, Sergipe (10° 12' 50.6" S de latitude e 37° 10' 03.2" W de longitude e altitude média de 210 m), Brasil, na safra de 2022.

O clima da região é caracterizado como tropical quente e seco, classificado como As de acordo com a tipificação de Alvares et al. (2013), sendo o padrão climático na área marcado por chuvas no inverno e estiagem durante o verão.

No estudo, o delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados (DBC), com duas repetições. Cada parcela experimental consistia em duas fileiras de cinco metros de comprimento, resultando em 50 plantas em cada parcela. Estas foram dispostas com um espaçamento de 0,20 m entre plantas e 0,70 m entre linhas.

Em relação ao manejo de plantas daninhas no experimento, esse processo foi inicialmente conduzido manualmente. Posteriormente, recorreu-se à aplicação de herbicida para um controle mais eficaz. Foram empregados 50 genótipos de milho, que englobam tanto variedades experimentais quanto comerciais, disponibilizados pela Embrapa Milho e Sorgo (Tabela 1).

Figura 1 – Localização geográfica da área experimental na fazenda da Embrapa Semiárido em Nossa Senhora da Glória/ SE



Fonte: Autores.

Tabela 1 – Materiais utilizados no experimento implantado na Fazenda Experimental da Embrapa Semiárido, em Nossa Senhora da Glória, na safra de 2022

N°	Genótipos	Tipo de grão	Tecnologia	Empresa
1	GNZ7730Vip3	Semi-duro/ Alaranjado	Vip3	GENEZE
2	GNZ7740Vip3	Semi-duro/ Alaranjado	Vip3	GENEZE
3	GNZ7720Vip3	Semi-duro/ Alaranjado	Vip3	GENEZE
4	BRS3046 Saboroso	Dentado/ Amarelo Alaranjado	–	EMBRAPA
5	BRS2022	Semi-duro/ Alaranjado	–	EMBRAPA
6	P3707VYH	Duro/ Amarelo Alaranjado	LEPTRA	Pioneer
7	NS73ViP3	Semi-duro/ Amarelo Alaranjado	Vip3	Nidera
8	NS45ViP3	Semi-duro/ Amarelo	Vip3	Nidera

<b>N°</b>	<b>Genótipos</b>	<b>Tipo de grão</b>	<b>Tecnologia</b>	<b>Empresa</b>
		Alaranjado		
9	30A37PWU	Semi-duro/ Amarelo Alaranjado	POWERCOR E	Morgan
10	MG607PWU	Semi-duro/ Amarelo Alaranjado	POWERCOR E	Morgan
11	FS533PWU	Semi-duro/ Amarelo Alaranjado	POWERCOR E	FORSEED
12	FS512PWU	Semi-duro/ Alaranjado	POWERCOR E	FORSEED
13	SHS7940Pro3	Semi-dentado/ Alaranjado	VTPRO3	Santa Helena
14	SHS8010Pro3	Semi-duro/ Alaranjado	Vip3	Santa Helena
15	SHS5570RR	Semi-duro/ Alaranjado	RR	Santa Helena
16	BM270	Semi-duro/ Alaranjado	-	biomatrix
17	BM207	Semi-duro/ Alaranjado	-	biomatrix
18	BM3066Pro2	Dentado/ Amarelo		biomatrix
19	BM930Pro3	Semi-dentado/ Amarelo	VTPRO3	biomatrix
20	BM880Pro3	Semi-duro/ Alaranjado	VTPRO3	biomatrix
21	BM270Pro2	Semi-duro/ Alaranjado	VTPRO3	biomatrix
22	BM815Pro2	Semi-duro/ Alaranjado	Pro2	biomatrix
23	BM709Pro2	Semi-dentado/ Amarelo	Pro2	biomatrix
24	BM990Vip3	Semi-duro/ Alaranjado	Vip3	biomatrix
25	AG8701Pro4	Semi-dentado/ Amarelo Alaranjado	VTPRO4	Agrocerec
26	AG8480Pro4	Semi-dentado	VT PRO4	Agrocerec
27	NK455Vip3	Semi-duro/ Alaranjado	Vip3	Syngenta
28	NK525Vip3	Semi-duro/ Alaranjado	Vip3	Syngenta
29	NK555Vip3	Semi-duro/ Amarelo Alaranjado	Vip3	Syngenta
30	NK511Vip3	Semi-duro/ Laranja	Vip3	Syngenta
31	NK508	Amarelo Alaranjado	-	Syngenta
32	FormulaVip3	-	Experimental	Syngenta
33	NK505Vip3	Duro/ Laranja	Vip3	Syngenta
34	NK467Vip3	Semi-duro/ Amarelo	Vip3	Syngenta

N°	Genótipos	Tipo de grão	Tecnologia	Empresa
		Alaranjado		
35	Hibrido1641	-	Experimental	-
36	SXC2320Vip3	-	Experimental	-
37	NS80Vip3	Semi-duro/ Laranja Amarelado	Vip3	Nidera
38	NS75Vip3	Semi-duro/ Amarelo Alaranjado	Vip3	Nidera
39	Hibrido6101	-	Experimental	-
40	Hibrido2241	-	Experimental	-
41	FerozVip3	Duro/ Alaranjado	Vip3	Syngenta
42	NS91Vip3	Semi-duro/ Amarelo	Vip3	Nidera
43	NS88Vip3	Semi-duro/ Laranja	Vip3	Nidera
44	Agroeste1780Pro3	Semi-dentado/ Amarelo Alaranjado	VT PRO3	Agroeste
45	Agroeste1868Pro3	Semi-dentado/ Amarelo Alaranjado	VT PRO3	Agroeste
46	DKB335Pro3	Dentado/ Amarelo	VT PRO3	DKB
47	DKB360Pro3	Dentado/ Amarelo Alaranjado	VT PRO3	DKB
48	K7510Vip3	Semi-dentado/ Amarelo Alaranjado	Vip3	KWS
49	K9606Vip3	Semi-duro/ Alaranjado	Vip3	KWS
50	Agroeste1633	Semi-duro/ Amarelo Alaranjado	VT PRO3	Agroeste

Fonte: Autores.

## 2.2 Avaliações e coleta dos dados de imagens

As avaliações manuais foram realizadas no decorrer do ciclo fenológico da cultura, para obtenção dos dados de produtividade após a colheita de todas as espigas de cada parcela, sendo a umidade ajustada a 13%.

Para as avaliações por meio de imagens aéreas, instalou-se um total de sete pontos de controle terrestres (PCT) em torno da área experimental. Utilizou-se um GNSS RTk (FOIF modelo A60) para coleta das coordenadas e dessa forma tornar possível a

correção dos erros durante o processamento das imagens e criação dos ortomosaicos.

Foi utilizado drone do modelo *Mavic 2 Pro*, com um sensor RGB (20 megapixels). Foi definido sobreposição de 80% lateral e frontal para as três alturas de voo avaliadas (40, 60 e 80 m) nas duas diferentes datas (Tabela 2). Todos os voos foram realizados entre os horários de 11 e 13h, sempre em condições de sol, evitando-se dias chuvosos ou nublados.

*Tabela 2 – Datas de obtenção das imagens do experimento implantado na Fazenda Experimental da Embrapa Semiárido, em Nossa Senhora da Glória, na safra de 2022*

<b>Altura (m)</b>	<b>N°</b>	<b>Data</b>	<b>DAP</b>	<b>EF</b>
40/60/80	1	14/ 07/ 2022	27	V-4/ V-5
40/60/80	2	02/ 08/ 2022	46	V-6/ V-8

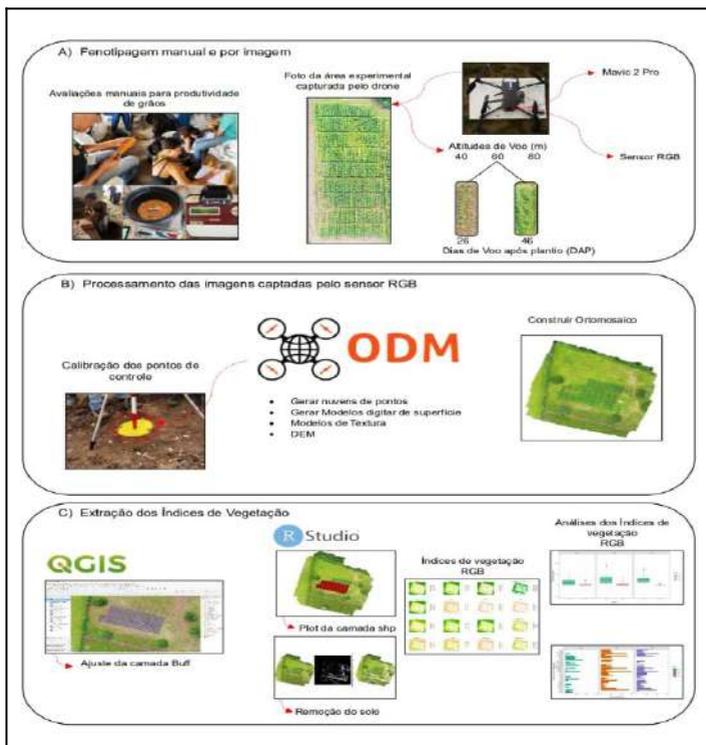
Fonte: Autor (2023) DAP: Dias após plantio; EF: Estágio fenológico; V: Vegetativo.

O plano de voo foi realizado no software *Dronedeploy*, para definição dos parâmetros: altura, sobreposição frontal e lateral, velocidade e área de sobrevoo demarcada pelos pontos de controle.

### **2.3 Processamento das imagens e Índices de Vegetação**

Foi realizada a coleta dos dados de fenotipagem de forma manual e posteriormente com os dados das imagens RGB capturadas pelo drone (Figura 2-A), onde, as imagens foram processadas usando a interface WebODM do software *OpenDroneMap* (ODM), e foram calibradas para correção dos erros, estes, foram ajustados pelos pontos de controle, tendo como intuito obter o ortomosaico (Figura 2-B), sendo então, ajustado no software QGIS a camada buff para extrair no *RStudio* os Índices de Vegetação (Figura 2-C), descritos na Tabela 3.

Figura 2 – Fluxo de trabalho das análises realizadas para a obtenção dos 29 índices de vegetação



Fonte: Autores.

Tabela 3 – Índices de Vegetação RGB utilizados nas análises de fenotipagem por imagem do trabalho

<b>Índices de Vegetação</b>	<b>Equação<sup>1</sup></b>	<b>Referência</b>
Normalised GreeneRed Difference Index (NGRDI)	$(G-R)/(G+R)$	Tucker (1979)
Green Leaf Index (GLI)	$(2*G-R-B)/(2*G+R+B)$	Louhaichi et al. (2001)
Visible Atmospherically Resistant Index (VARI)	$(G-R)/(G+R-B)$	Gitelson et al. (2002)
Spectral Slope Saturation Index (SI)	$(R-B)/(R+B)$	Ceccato et al. (2001)

<b>Índices de Vegetação</b>	<b>Equação<sup>1</sup></b>	<b>Referência</b>
Blue Green Pigment Index (BGI)	B/G	Zarco-Tejada et al. (2005)
Brightness Index (BI)	$\sqrt{\frac{R^2 + G^2 + B^2}{3}}$	Liu (1990)
Excess red vegetation index (ExR)	((1.4*R)- G)	Meyer et al. (2008)
Excess green minus excess red vegetation index (ExGR)	((3*G)-(2.4*R)-B)	Meyer et al. (2004)
Excess green vegetation index (ExG)	((2*G)-R-B)	Woebbecke et al. (1995)
Normalized blue (BCC)	B/(R+G+B)	Woebbecke et al. (1995)
Color Index of Vegetation Extraction (CIVE)	((0.441*R)-(0.811*G)+ (0.385*B)+18.78745)	Kataoka et al. (2003)
Combined indices 1 (COM1)	ExG + CIVE + ExGR+ VEG	Guijarro et al. (2011)
Combined indices 2 (COM2)	0.36*ExG + 0.47*CIVE + 0.17*VEG	Guerrero et al. (2012)
Green red difference (GRD)	G-R	-
Green blue difference (GBD)	G-B	Woebbecke et al. (1995)
Green blue ratio index (GBRI)	G/B	-
Green red ratio index (GRR)	G/R	-
Normalized green (GCC)	(G/(R+G+B))	Woebbecke et al. (1995)
Modified Excess Green Index (MExG)	((1.262*G)-(0.884*R)- (0.311*B))	Burgos-Artizzu et al. (2011)
Modified green red vegetation index (MGVRI)	((G^2)-(R^2))/((G^2)+ (R^2))	Tucker (1979)
(NDI)	(G-R)/(G+R)	Perez et al. (2000)
Kawashima index (NDRBI)	(R-B)/(R+B)	Kawashima and Nakatani (1998)
Normalized Blue Green Difference Index (NGBDI)	(GB)/(G + B)	Hunt et al. (2005)
Red blue difference (RBD)	(R-B)	Asadzadeh et al. (2016)
Red blue ratio index (RBRI)	R/B	-
Normalized red (RCC)	(R/(R+G+B))	Woebbecke et al. (1995)
Red green blue vegetation	((G^2)-(R*B))/((G^2)+	Bendig et al. (2015)

<b>Índices de Vegetação</b>	<b>Equação<sup>1</sup></b>	<b>Referência</b>
index (RGBVI)	(R*B))	
Triangular Greenness Index (TGI)	$(G - ((0.39 * R) - (0.69 * B)))$	Hunt Jr et al. (2011)
Vegetative (VEG)	$G/R^{0.667} * B^{0.334}$	Hague, Tillett et al. (2006)

Fonte: Autores.

### 3. Resultados e discussões

Por meio da análise de variância, foram observadas diferenças estatisticamente significativas a um nível de 1% entre os genótipos de milho avaliados (Tabela 4), evidenciando a presença de considerável variabilidade genética. Isso ressalta o potencial para a seleção de materiais promissores. Adicionalmente, merece destaque que o coeficiente de variação está em consonância com o limite aceitável para o cultivo de milho, que é inferior a 20 %, conforme apontado por Gurgel et al. (2013). Essa congruência indica que a dispersão dos dados observados está em conformidade com as expectativas para esse tipo de experimento.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância para produtividade de grãos

<b>FV</b>	<b>QM</b>	
	<b>GL</b>	<b>PG</b>
TRATAMENTO	49	473377,57*
BLOCO	1	10600953,90***
RESÍDUO		277185,28
MÉDIA		3468,69
CV (%)		19,98

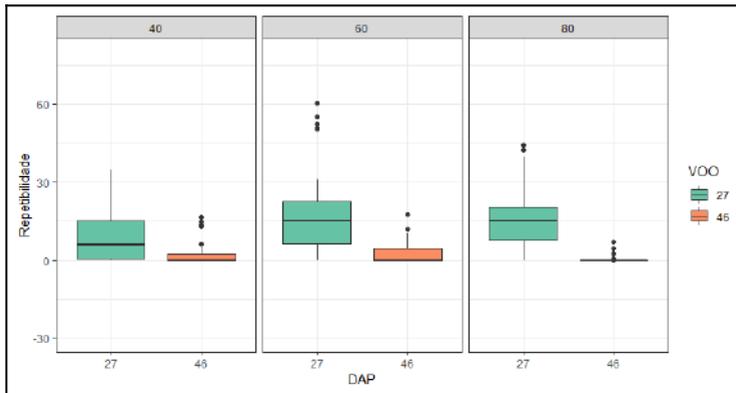
Fonte: Autores. FV= fonte de variação; GL= graus de liberdade; CV= coeficiente de variação; \*, \*\*\*= nível de significância a 5% e 0,1% de probabilidade elo teste F, respectivamente; PG= produtividade de grãos (kg/ha).

Neste estudo, as repetibilidades dos índices de vegetação foram categorizadas como baixa (<40 %), moderadas (>40 % < 50 %) e alta (> 50 %), alinhando-se com abordagens presentes na

literatura que também empregaram imagens e índices de vegetação (Herzig et al., 2021; Anderson et al., 2019; Farias et al., 2002).

Na Figura 3, observou-se que o voo realizado em 27 dias após o plantio (DAP) apresentou repetibilidades consistentes, nas três alturas avaliadas, destacando-se especialmente nas alturas de 60 e 80 metros. É importante enfatizar que nesse período, a planta ainda se encontra nos estágios vegetativos entre V-4 e V-5, caracterizando a fase de potencial produtivo.

*Figura 3 – Identificação da melhor Data de Voo após Plantio (DAP) para obtenção de altos valores de repetibilidade dos índices de vegetação em relação as alturas de voo*



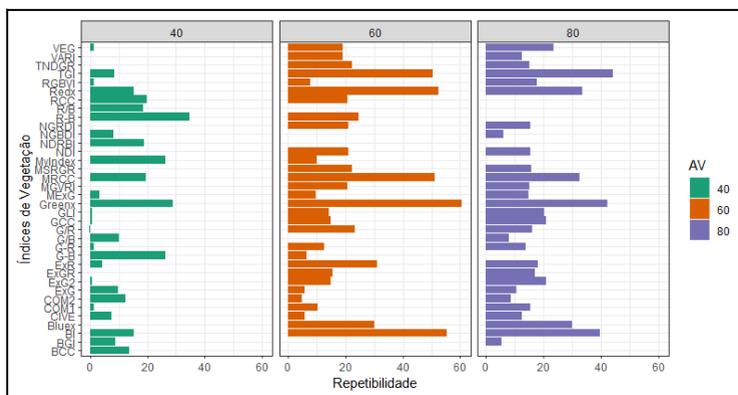
Fonte: Autores.

Essa abordagem possibilita a obtenção de informações precisas e rápidas por meio de imagens aéreas, ainda durante a fase juvenil da cultura. Isso oferece a oportunidade de reverter situações adversas que possam surgir no campo e que possam resultar em perdas de rendimento ao final do ciclo da planta, permitindo que os produtores independentemente do nível tecnológico, tenham maior assertividade nas tomadas de decisões. Experiências semelhantes foram identificadas nos estudos de Tetila et al. (2020) e Santana et al. (2021), que utilizaram essa

mesma ferramenta para monitorar o ataque de pragas na soja e a deficiência de nitrogênio no milho, respectivamente.

Após determinar a data de voo mais apropriada a ser realizada após plantio, procedeu-se à seleção dos índices de vegetação, TGI; Green e BI, (conforme Figura 4) que apresentaram repetibilidade satisfatória tanto a uma altura de 60 metros (com percentuais de 50,46 %; 60,85 % e 55,22% respectivamente) quanto a 80 metros (com percentuais de 44,22 %, 42,40 % e 39,69 %, respectivamente).

Figura 4 – Identificação dos índices de vegetação com os maiores valores de repetibilidade para cada altura de voo em 27 DAP



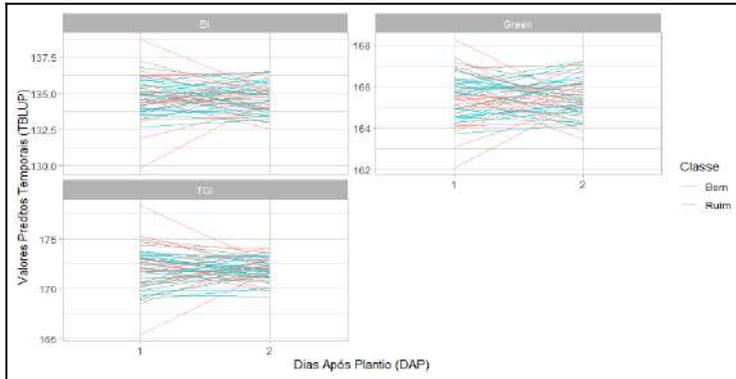
Fonte: Autores.

Sendo de fundamental importância que os índices alcancem boas repetibilidades quando se pretende investir na fenotipagem por imagem, pois, dessa forma aumenta-se a acuracidade destes ao serem aplicados em novos trabalhos (Hu et al., 2020).

Os índices selecionados demonstraram a capacidade de diferenciar os materiais que apresentaram valores superiores à média da produtividade de grãos (Figuras 5 e 6), no estágio de 27 DAP, esse resultado é encorajador, uma vez que se pôde identificar materiais produtivos antes mesmo da maturidade fisiológica dos grãos, como também relatado pelos autores

Anderson et al. (2019) e Lane et al. (2020), em seus trabalhos.

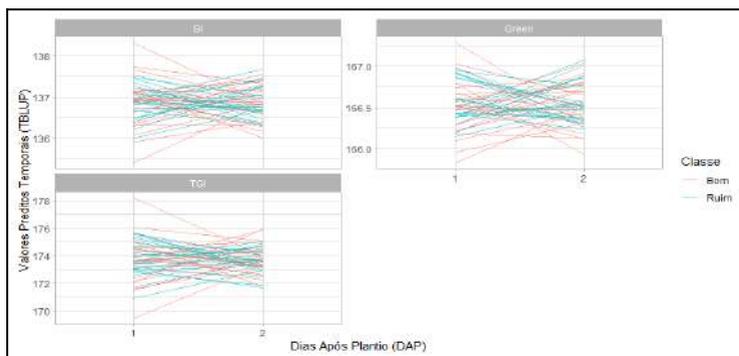
*Figura 5 – Gráfico de linhas com medida temporal no voo de 60 metros, para separar os materiais mais produtividade de acordo com a média*



Fonte: Autores.

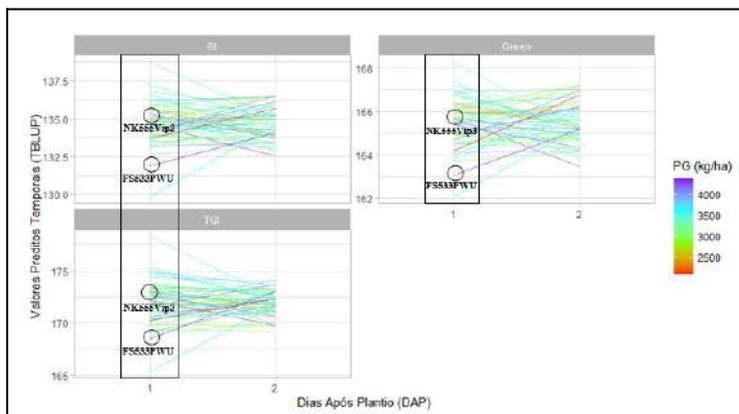
No primeiro voo, os índices também conseguiram distinguir os materiais que apresentaram um maior potencial durante a fase juvenil (conforme Figuras 7 e 8), em ambas as altitudes, mantendo um padrão consistente em todos os índices analisados. Os materiais que se destacaram foram o NK555Vip3, o FS533PWU e o BM270, apresentando produtividades de 4407,82 kg/ha<sup>1</sup>, 4401,26 kg/ha<sup>1</sup> e 4342,811 kg/ha<sup>1</sup>, respectivamente. Os dois primeiros materiais foram identificados em ambas as alturas de voo, enquanto o último foi identificado a uma altitude de 80 metros. Do mesmo modo, no segundo voo, observou-se várias interações complexas entre os materiais. Porém, nesse ponto de voo houve uma mudança no padrão dos índices, ocorrendo a diferenciação dos materiais, no entanto, não foi possível realizar a identificação destes genótipos.

Figura 6 – Gráfico de linhas com BLUP temporal no voo de 80 metros, para separar os materiais mais produtividade de acordo com a média



Fonte: Autores.

Figura 7 – Gráfico de linhas com BLUP temporal no voo de 60 metros, para diferenciar os materiais quanto a sua produtividade de grãos por hectare

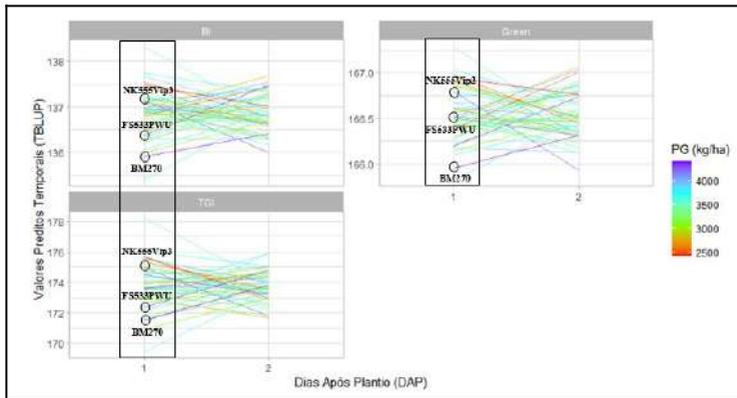


Fonte: Autores.

A mudança de comportamento dos índices pode ser explicada pelo estágio fenológico da planta no momento da captura das imagens, pois, os índices tendem a extrair melhores resultados nos estágios iniciais de desenvolvimento da planta, como abordou Wilber et al. (2022), em sua pesquisa. Esse período inicial de desenvolvimento da planta coincide com a

definição do seu potencial produtivo, salientando-se que, nessa situação a planta está no ápice do seu verde. Já nos estágios fenológicos mais avançados, a sensibilidade do índice diminui conforme o verde da planta vai se esvaindo (Herzig et al., 2021), resultando em menores valores de repetibilidade.

Figura 8 – Gráfico de linhas com BLUP temporal no voo de 80 metros, para diferenciar os materiais quanto a sua produtividade de grãos por hectare



Fonte: Autores.

Percebe-se então que, para alcançar bons resultados por meio da fenotipagem por imagem utilizando índices de vegetação é necessário verificar o estágio fenológico da planta. Esses resultados indicam a possibilidade de identificar genótipos de milho com potencial antes mesmo de atingirem a maturidade fisiológica, por meio da combinação de imagens aéreas e índices de vegetação RGB.

Esse enfoque oferece uma maneira eficaz de otimizar a seleção de materiais promissores, que podem ser cultivados nas propriedades agrícolas de pequenos a grandes produtores que buscam aprimorar os investimentos na cultura com intuito de obter os melhores resultados. Importante destacar que, nesse contexto, o investimento necessário também é mais acessível em comparação com sensores de câmeras alternativos, como os do

tipo multispectral e hiperespectral.

## 4. Conclusões

A altura de voo com drone mais indicada é a de 80 metros com o período ideal para execução dos voos aos 27 dias após o plantio, sendo recomendado utilizar os índices de vegetação TGI e Green para identificação de genótipos promissores.

## Referências

- ALVARES, C. A. *et al.* Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Acesso em: 22 jan. 2024.
- ANDERSON, S. L. *et al.* Prediction of maize grain yield before maturity using improved temporal height estimates of unmanned aerial systems. **The Plant Phenome Journal**, v. 2, n. 1, p. 1-15, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.2135/tppj2019.02.0004>. Acesso em: 22 jan. 2023.
- ASADZADEH, S.; SOUZA FILHO, C. R. Investigating the capability of WorldView-3 superspectral data for direct hydrocarbon detection. **Remote Sensing of Environment**, v. 173, p. 162-173, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.11.030>. Acesso em: 22 jan. 2024.
- BENDIG, J. *et al.* Combining UAV-based plant height from crop surface models, visible, and near infrared vegetation indices for biomass monitoring in barley. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 39, p. 79-87, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2015.02.012>. Acesso em: 22 jan. 2024.
- BURGOS-ARTIZZU, X. P. *et al.* Real-time image processing for crop/weed discrimination in maize fields. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 75, n. 2, p. 337-346, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2010.12.011>. Acesso em: 22 jan. 2024.
- CECCATO, P. *et al.* Detecting vegetation leaf water content using reflectance in the optical domain. **Remote sensing of environment**, v. 77, n. 1, p. 22-33, 2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00191-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00191-2). Acesso em: 22 jan. 2024.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23, n. 8 oitavo levantamento, maio 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info->

[agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos](#). Acesso em 15 mai. 2023.

FARIAS NETO, J. T.; YOKOMIZO, G.; BIANCHETTI, A. Coeficientes de repetibilidade genética de caracteres em pupunheira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, p. 731-733, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-2945200200030004>. Acesso em: 22 jan. 2024.

FURUYA, D. E. G. et al. Prediction of insect-herbivory-damage and insect-type attack in maize plants using hyperspectral data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 105, p. 102608, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102608>. Acesso em: 22 jan. 2024.

GITELSON, A. A. et al. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. **Remote sensing of Environment**, v. 80, n. 1, p. 76-87, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00289-9](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00289-9). Acesso em: 22 jan. 2024.

GUIJARRO, M. et al. Automatic segmentation of relevant textures in agricultural images. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 75, n. 1, p. 75-83, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2010.09.013>. Acesso em: 22 jan. 2024.

GURGEL, F. L.; FERREIRA, D. F.; SOARES, A. C. S. **O coeficiente de variação como critério de avaliação em experimentos de milho e feijão**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, p. 80, 2013. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/955896>. Acesso: em 15 mai. 2023.

HAGUE, T.; TILLET, N. D.; WHEELER, H. Automated crop and weed monitoring in widely spaced cereals. **Precision Agriculture**, v. 7, p. 21-32, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11119-005-6787-1>. Acesso em: 22 jan. 2024.

HERZIG, P.; et al. Evaluation of RGB and Multispectral Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery for High-Throughput Phenotyping and Yield Prediction in Barley Breeding. **Remote Sensing**, v. 13, n. 14, p. 2670, 7 jul. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs13142670>. Acesso em: 22 jan. 2024.

HUNT, E. R. et al. Evaluation of digital photography from model aircraft for remote sensing of crop biomass and nitrogen status. **Precision Agriculture**, v. 6, p. 359-378, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11119-005-2324-5>. Acesso em: 22 jan. 2024.

HUNT JR, E. R. et al. Remote sensing leaf chlorophyll content using a visible

band index. **Agronomy journal**, v. 103, n. 4, p. 1090-1099, 2011.

Disponível em: <https://doi.org/10.2134/agronj2010.0395>. Acesso em: 22 jan. 2024.

HU, P. *et al.* Phenomic selection and prediction of maize grain yield from near-infrared reflectance spectroscopy of kernels. **The Plant Phenome**

**Journal**, v. 3, n. 1, p. e20002, 2020. Disponível em:

<https://doi.org/10.1002/ppj2.20002>. Acesso em: 22 jan. 2024.

LANE, H. M. *et al.* Phenomic selection and prediction of maize grain yield from near-infrared reflectance spectroscopy of kernels. **The Plant Phenome**

**Journal**, v. 3, n. 1, p. e20002, 2020. Disponível em:

<https://doi.org/10.1002/ppj2.20002>. Acesso em: 22 jan. 2024.

LIU, J. G.; MOORE, J. McM. Hue image RGB colour composition. A simple technique to suppress shadow and enhance spectral signature.

**International Journal of Remote Sensing**, v. 11, n. 8, p. 1521-1530, 1990. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01431169008955110>. Acesso em: 22 jan. 2024.

LOUHAICHI, M; BORMAN, M. M.; JOHNSON, D. E. Spatially located platform and aerial photography for documentation of grazing impacts on

wheat. **Geocarto International**, v. 16, n. 1, p. 65-70, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10106040108542184>. Acesso em: 22 jan. 2024.

KATAOKA, T. *et al.* Crop growth estimation system using machine vision.

In: **Proceedings 2003 IEEE/ASME international conference on advanced intelligent mechatronics** (AIM 2003). IEEE, v. 2, 2003. p. b1079-b1083. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/AIM.2003.1225492>.

Acesso em: 22 jan. 2024.

KAWASHIMA, S.; NAKATANI, M. An algorithm for estimating chlorophyll content in leaves using a video camera. **Annals of Botany**, v. 81, n. 1, p.

49-54, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1006/anbo.1997.0544>. Acesso em: 22 jan. 2024.

MAES, W. H.; STEPPE, K. Perspectives for remote sensing with unmanned aerial vehicles in precision agriculture. **Trends in plant science**, v. 24, n. 2, p. 152-164, 2019. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.11.007>. Acesso em: 22 jan. 2024.

MEYER, G. E. *et al.* Intensified fuzzy clusters for classifying plant, soil, and residue regions of interest from color images. **Computers and**

**electronics in agriculture**, v. 42, n. 3, p. 161-180, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2003.08.002>. Acesso em: 22 jan. 2024.

MEYER, G. E.; NETO, J. C. Verification of color vegetation indices for automated crop imaging applications. **Computers and electronics in agriculture**, v. 63, n. 2, p. 282-293, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2008.03.009>. Acesso em: 22 jan. 2024.

PEREZ, A. J. *et al.* Colour and shape analysis techniques for weed detection in cereal fields. **Computers and electronics in agriculture**, v. 25, n. 3, p. 197-212, 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(99\)00068-X](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(99)00068-X). Acesso em: 22 jan. 2024.

QIU, R. *et al.* Detection of the 3D temperature characteristics of maize under water stress using thermal and RGB-D cameras. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 191, p. 106551, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106551>. Acesso em: 22 jan. 2024.

SANTANA, D. C. *et al.* UAV-based multispectral sensor to measure variations in corn as a function of nitrogen topdressing. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 23, p. 100534, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100534>. Acesso em: 22 jan. 2024.

SANTOS, E. F. N.; SOUSA, I. F. D.; LEITE, I. V. Regiões Homogêneas em Sergipe Agrupadas Através dos índices Climáticos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 37, n. 4, p. 477-489, out. 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-77863740053>. Acesso em: 22 jan. 2024.

SILVA, A. F.; REGITANO NETO, A.; NETO, A. R. As principais culturas anuais e bianuais na agricultura familiar. **Agricultura Familiar**, p. 45, 2019. Acesso em: 22 jan. 2024.

TETILA, E. C. *et al.* Detection and classification of soybean pests using deep learning with UAV images. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 179, p. 105836, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105836>. Acesso em: 22 jan. 2024.

TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote sensing of Environment**, v. 8, n. 2, p. 127-150, 1979. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0). Acesso em: 22 jan. 2024.

WOEBBECKE, D. M. *et al.* Color indices for weed identification under various soil, residue, and lighting conditions. **Transactions of the ASAE**, v. 38, n. 1, p. 259-269, 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.13031/2013.27838>. Acesso em: 22 jan. 2024.

WOEBBECKE, D. M. *et al.* A. Shape features for identifying young weeds

using image analysis. **Transactions of the ASAE**, v. 38, n. 1, p. 271-281, 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.13031/2013.27839>. Acesso em: 22 jan. 2024.

WILBER, A. L.; CZARNECKI, J. M. P.; MCCURDY, J. D. An ArcGIS Pro workflow to extract vegetation indices from aerial imagery of small plot turfgrass research. **Crop Science**, 62, 503–511, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/csc2.20669>. Acesso em: 22 jan. 2024.

ZARCO-TEJADA, P. J. *et al.* Assessing vineyard condition with hyperspectral indices: Leaf and canopy reflectance simulation in a row-structured discontinuous canopy. **Remote Sensing of Environment**, v. 99, n. 3, p. 271-287, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.09.002>. Acesso em: 22 jan. 2024.



## **Apoio**

### **Institucional**

Faculdade de Ciências e Engenharia, UNESP –  
Tupã

Faculdade de Filosofia e Ciências, UNESP – Marília

Faculdade de Tecnologia de São Paulo, FATEC –  
Presidente Prudente

Universidade Federal do Pará, UFPA – Belém

### **Organizacional**

Revista Competências Digitais para Agricultura  
Familiar – RECoDAF

Projeto Competências Digitais para Agricultura  
Familiar – CoDAF

Grupo de Pesquisa Tecnologia de Acesso a Dados  
– GPTAD

