

**Cleberton Correia Santos
(Organizador)**

**Estudos Interdisciplinares
nas Ciências e da Terra
e Engenharias 3**

Cleberton Correia Santos
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências
Exatas e da Terra e Engenharias 3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	<p>Estudos interdisciplinares nas ciências exatas e da terra e engenharias 3 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 3)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-642-3 DOI 10.22533/at.ed.423192309</p> <p>1. Ciências exatas e da Terra. 2. Engenharias. 3. Tecnologia. I.Santos, Cleberton Correia. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 016.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

O livro “Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias” de publicação da Atena Editora apresenta em seu 3º volume 37 capítulos relacionados temáticas de área multidisciplinar associadas à Educação, Agronomia, Arquitetura, Matemática, Geografia, Ciências, Física, Química, Sistemas de Informação e Engenharias.

No âmbito geral, diversas áreas de atuação no mercado necessitam ser elucidadas e articuladas de modo a ampliar sua aplicabilidade aos setores econômicos e sociais por meio de inovações tecnológicas. Neste volume encontram-se estudos com temáticas variadas, dentre elas: estratégias regionais de inovação, aprendizagem significativa, caracterização fitoquímica de plantas medicinais, gestão de riscos, acessibilidade, análises sensoriais e termodinâmicas, redes neurais e computacionais, entre outras, visando agregar informações e conhecimentos para a sociedade.

Os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora aos estimados autores que empenharam-se em desenvolver os trabalhos de qualidade e consistência, visando potencializar o progresso da ciência, tecnologia e informação a fim de estabelecer estratégias e técnicas para as dificuldades dos diversos cenários mundiais.

Espera-se com esse livro incentivar alunos de redes do ensino básico, graduação e pós-graduação, bem como outros pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
PREPARO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS REFORÇADOS COM FIBRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR	
Paula Consoli Ireno Franco Mary Leiva Faria Ana Paula Bilck	
DOI 10.22533/at.ed.71619103091	
CAPÍTULO 2	10
ACESSIBILIDADE AO LABORATÓRIO DIDÁTICO DE BIOLOGIA, MICROSCOPIA E ANÁLISES CLÍNICAS DA UEZO POR PESSOAS EM CADEIRA DE RODAS	
Tiago Alexandre Silva Nascimento Gabriella Oliveira Alves Moreira De Carvalho Thiago Manchester De Mello Fabio Da Silva De Azevedo Fortes	
DOI 10.22533/at.ed.71619103092	
CAPÍTULO 3	23
ANÁLISE DA ESTABILIDADE DAS ESCAVAÇÕES NO PEGMATITO ALTO DA SERRA BRANCA	
Marinésio Pinheiro de Lima Robson Ribeiro Lima Francisco Wilson Hollanda Vidal	
DOI 10.22533/at.ed.71619103093	
CAPÍTULO 4	33
ELABORAÇÃO DE MODELO COMPUTACIONAL PARA O ESTUDO DE VIBRAÇÕES LIVRES EM UMA PONTE DE CONCRETO ARMADO	
Arlindo Pires Lopes Esterfeny Guedes Pires Larissa Lázara Mesquita Cavalcante Matheus Pereira da Silva Mayk Oris Guerreiro Stefanny di Samuel da Costa Tiago de Souza Seixas	
DOI 10.22533/at.ed.71619103094	
CAPÍTULO 5	45
ANÁLISE SENSORIAL: TESTES DISCRIMINATIVOS, DESCRITIVOS E AFETIVOS	
Antônio das Graças Amaral Neto Elisa Norberto Ferreira Santos	
DOI 10.22533/at.ed.71619103095	
CAPÍTULO 6	57
APLICAÇÃO DE JOGOS E GAMIFICAÇÃO NO ENSINO-APRENDIZAGEM DOS CONCEITOS BÁSICOS DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL	
José Ribamar Azevedo dos Santos João Roberto Ursino da Cruz Marcos Paulo Santos Cardoso	
DOI 10.22533/at.ed.71619103096	

CAPÍTULO 7 70

ASPECTOS ECONÔMICOS DA LAVRA INTEGRAL DO PEGMATITO ALTO DA SERRA BRANCA

Marinésio Pinheiro de Lima
Júlio Cezar de Souza
Francisco Wilson Hollanda Vidal

DOI 10.22533/at.ed.71619103097

CAPÍTULO 8 78

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM RELAÇÃO A CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO INALÁVEL NA CIDADE DE CAMBORIÚ, SC

Beatriz Faga
Joeci Ricardo Godoi
Viviane Furtado Velho
Letícia Flohr

DOI 10.22533/at.ed.71619103098

CAPÍTULO 9 90

DESENVOLVENDO BIOMATERIAIS DE HIDROXIAPATITA RECOBERTA COM NANOPARTÍCULAS DE PRATA (AgNPs) PARA APLICAÇÃO EM DEFEITOS CRÍTICOS ÓSSEOS

Ingrid Russoni de Lima
Gabrielle Cristine Lemos Duarte Freitas
Elaine Cristina Lopes Pereira
Lucas Furtado Loesh
Fernanda A. Sampaio da Silva
Heleno Souza da Silva
Renata Antoum Simão
José Adilson de Castro
Gláucio Soares Fonseca

DOI 10.22533/at.ed.71619103099

CAPÍTULO 10 102

AVALIAÇÃO DO PRÉ-TRATAMENTO DO INOCULANTE E DA COMBINAÇÃO DE SUBSTRATOS SOBRE A PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO A PARTIR DE GLICEROL BRUTO, DEJETOS SUÍNOS E GLICOSE

Fidel Alejandro Aguilar Aguilar
Ronnie Von Dos Santos Veloso
Luis Fernando Santis Espinosa
Lilian de Araújo Pantoja
Alexandre Soares dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.716191030910

CAPÍTULO 11 114

CAPTURE DE CARBONO VOLÁTIL DO PROCESSO DE BIORREMEDIAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

Odete Gonçalves
Paulo Fernando de Almeida
Cristina Maria A. L. T. M. H. Quintella
Ana Maria Álvares Tavares da Mata

DOI 10.22533/at.ed.716191030911

CAPÍTULO 12 129

CARBETO DE BORO (B₄C): REVISÃO acadêmica ACERCA DAS PROPRIEDADES E PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

Eduardo Braga Costa Santos
Denise Dantas Muniz
Eliandro Pereira Teles
Danielle Guedes de Lima Cavalcante
Ricardo Alves da Silva

DOI 10.22533/at.ed.716191030912

CAPÍTULO 13 141

CLIMATOLOGIA DA REGIÃO OESTE DO PARÁ - CENTRO DA AMAZÔNIA - E IMPACTO DOS TRÊS ÚLTIMOS EVENTOS DE SECAS SEVERAS NA TEMPERATURA DO AR E PRECIPITAÇÃO

Gabriel Brito Costa
Waldeir dos Santos Pereira
Mayara Barbosa Lima
Juliane da Silva Sampaio
Ana Caroline da Silva Macambira
Letícia Victória Santos Matias
Duany Thainara Corrêa da Silva
Natan Barbosa Almada
Rogério Favacho da Cruz
Jéssica Aline Godinho da Silva

DOI 10.22533/at.ed.716191030913

CAPÍTULO 14 153

DESIGN DE ENUNCIADOS COM O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS SOB O ENFOQUE DA (RE) FORMULAÇÃO DE PROBLEMAS

Fabiane Fischer Figueiredo
Claudia Lisete Oliveira Groenwald

DOI 10.22533/at.ed.716191030914

CAPÍTULO 15 164

DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO TOTAL E BIOACESSÍVEL *in vitro* DE CÁLCIO EM DIFERENTES TIPOS DE LEITE POR FOTOMETRIA DE CHAMA

Ani Caroline Weber
Luiz Ricardo Mallmann Oliveira
Sabrina Grando Cordeiro
Eniz Conceição Oliveira
Eduardo Miranda Ethur
Lucélia Hoehne

DOI 10.22533/at.ed.716191030915

CAPÍTULO 16 175

ESPAÇO ARTE_ON: PLATAFORMA ON-LINE PARA EXPOSIÇÕES ARTÍSTICAS DOS DISCENTES DO ENSINO MÉDIO DO IFC-CAS

Leonardo Cristovam de Jesus
Lucas Pereira Elias
Marcos Henrique de Morais Golinelli
Tereza Cristina Benevenuto Lautério

DOI 10.22533/at.ed.716191030916

CAPÍTULO 17	188
ESTRATÉGIAS FOCADAS NO ENSINO DE LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA BRASILEIRA	
Deborah Godoy Martins Corrêa	
Tiago de Oliveira	
Denise Stringhini	
DOI 10.22533/at.ed.716191030917	
CAPÍTULO 18	201
ESTUDO DA FRAÇÃO ÁCIDA DO ÓLEO DE COPAÍBA	
Carlos Vinícius Machado Miranda	
Railda Neyva Moreira Araújo Cabral	
Luely Oliveira da Silva	
Giselle Maria Skelding Pinheiro Guilhon	
Marivaldo José Costa Corrêa	
Eloisa Helena de Aguiar Andrade	
Manoel Leão Lopes Junior	
Lourivaldo Silva Santos	
DOI 10.22533/at.ed.716191030918	
CAPÍTULO 19	209
ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA DO REAPROVEITAMENTO DO ESTÉRIL DE ROCHAS ORNAMENTAIS COMO AGREGADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL	
Weverton Pereira do Sacramento	
Maria de Lourdes de Oliveira	
Luana Leite Ferreira	
Robson Wotikowski Guedes	
DOI 10.22533/at.ed.716191030919	
CAPÍTULO 20	218
EXPLORANDO CONCEITOS GEOMÉTRICOS NA EDUCAÇÃO INFANTIL	
Leila Pessôa Da Costa	
Sandra Regina D'Antonio Verrengia	
DOI 10.22533/at.ed.716191030920	
CAPÍTULO 21	226
GESTÃO DE INFORMAÇÕES CLÍNICAS DE ANIMAIS DE GRANDE PORTE: UMA PROPOSTA DE SOLUÇÃO BASEADA EM COMUNIDADE DE PRÁTICA	
Gersica Agripino Alencar	
Rafael Santos Barbosa	
Ricardo André Cavalcante de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.716191030921	
CAPÍTULO 22	239
GRUPOS DE HOMOLOGIA SIMPLICIAL	
Wendy Díaz Valdés	
Lígia Laís Fêmina	
Gisele Andrade Lemos	
Jorge Vicente Barbosa Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.716191030922	

CAPÍTULO 23 246

LAMINADOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORÇADOS COM FIOS DE JUTA NA FORMA DE TECIDO E ORIENTADOS A 0°, 45° E 90°

José Emílio Medeiros dos Santos
Douglas Santos Silva
Igor dos Santos Gomes
Maurício Maia Ribeiro
Roberto Tetsuo Fujiyama

DOI 10.22533/at.ed.716191030923

CAPÍTULO 24 263

MAGONIA PUBESCENS A.ST.-HIL: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Ana Mayra Pereira da Silva
Amanda Ribeiro Correa
Cárita Rodrigues de Aquino Arantes
Rosiane Alexandre Pena Guimarães
Monica Franco Nunes
Dielle Carmo de Carvalho Neres
Elisangela Clarete Camili
Carla Spiller

DOI 10.22533/at.ed.716191030924

CAPÍTULO 25 270

O CURSO DE PRÉ-CÁLCULO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA NO ENSINO SUPERIOR

Erasmus Tales Fonseca
Leandro Teles Antunes dos Santos
Patrícia Milagre de Freitas
Dayane Andrade Queiroz

DOI 10.22533/at.ed.716191030925

CAPÍTULO 26 279

OS DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM REDE NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0

Dafne Fonseca Alarcon
Luziana Quadros da Rosa
Robson Santos da Silva
Felipe de Matos Müller
Márcio Vieira de Souza

DOI 10.22533/at.ed.716191030926

CAPÍTULO 27 294

PRÁTICAS DE ENSINO DE MATEMÁTICA COM VISTAS À EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO CONTEXTO DA TRANSVERSALIDADE

Daniana de Costa
Edilson Pontarolo

DOI 10.22533/at.ed.716191030927

CAPÍTULO 28 304

RESULTADOS PRELIMINARES DA UTILIZAÇÃO DO WRF NO INPE/EUSÉBIO - UM ESTUDO DE CASO

Vanessa de Almeida Dantas
Vicente de Paulo Silva
Adilson Gandu

DOI 10.22533/at.ed.716191030928

CAPÍTULO 29	313
A MODELAGEM MATEMÁTICA NA PRODUÇÃO DE MILHO INFLUENCIADO PELA SUCESSÃO DE CULTURAS E ADUBAÇÃO NITROGENADA	
Lilian Fátima Ancerowicz Rubia Diana Mantai	
DOI 10.22533/at.ed.716191030929	
CAPÍTULO 30	326
SISTEMA PARA PREVENÇÃO DE QUEDAS E PENSAMENTO DO PASSAGEIRO NA PORTA DO TRANSPORTE COLETIVO BASEADO NA PLATAFORMA ARDUINO	
Lucas Goiabeira Farias Francisco da Conceição Silva Wellington Luis Mineiro França	
DOI 10.22533/at.ed.716191030930	
CAPÍTULO 31	332
TEATRO E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA: ANÁLISE DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO DE FRAÇÕES	
Fabiana Gerusa Leindeker da Silva Jenifer Cassandra da Silva Oliveira Bruno Ferreira da Luz Tamires Bon Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.716191030931	
CAPÍTULO 32	342
UM ESTUDO SOBRE O DESEMPENHO DE VIRTUALIZAÇÃO NOS HYPERVISORS VMWARE E KVM	
Lúcio Flávio de Jesus Silva Marco Antônio Castro Martins	
DOI 10.22533/at.ed.716191030932	
CAPÍTULO 33	349
CONTRIBUIÇÃO DO PIBID/QUÍMICA NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS (EJA): UM RELATO DE EXPERIÊNCIA NO MUNICÍPIO DE COARI-AMAZONAS	
Klenicy Kazumy de Lima Yamaguchi Cristiana Nunes Rodrigues Carlos Victor Lamarão Maria Aparecida Silva Furtado	
DOI 10.22533/at.ed.716191030933	
CAPÍTULO 34	358
OCORRÊNCIA DE PARALISIA FACIAL PERIFÉRICA E CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NA CIDADE DE PRESIDENTE PRUDENTE/SP: ANÁLISE DE CASOS ATENDIDOS EM UMA CLÍNICA/ESCOLA NO PERÍODO DE 2012 A 2014	
Marcos Barros de Souza Daiane de Oliveira Portella Miriam Rodrigues Silvestre Lúcia Martins Barbatto	
DOI 10.22533/at.ed.716191030934	

CAPÍTULO 35	368
APLICAÇÃO DE SISTEMAS LINEARES EM CIRCUITOS ELÉTRICOS DE CORRENTE CONTÍNUA	
Robson Cabral Severo	
Leonardo Vale de Araujo	
Rafael The Bonifácio de Andrade	
DOI 10.22533/at.ed.716191030935	
CAPÍTULO 36	378
DIAGNÓSTICO SOBRE OS CONDICIONANTES GEOLÓGICOS E AS FALHAS QUE OCASIONARAM OS DESABAMENTOS NA CICLOVIA TIM MAIA	
Vinicius da Silva Freitas	
Rafael Alves da Rocha	
Marcelo Augusto da Silva Cunha	
Bruno Matos de Faria	
DOI 10.22533/at.ed.716191030936	
CAPÍTULO 37	388
RECICLAGEM DE VIDRO DE PARA-BRISAS PARA PRODUÇÃO DE VITROCERÂMICA COM 15% DE ÓXIDO DE NIÓBIO	
Hiasmim Rohem Gualberto	
Iury Almeida Moraes	
Mônica Calixto de Andrade	
Edgard Poiate Junior	
Fernanda Arruda Nogueira Gomes da Silva	
Isis Andrea Venturini Pola Poiate	
DOI 10.22533/at.ed.716191030937	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	401
ÍNDICE REMISSIVO	402

A MODELAGEM MATEMÁTICA NA PRODUÇÃO DE MILHO INFLUENCIADO PELA SUCESSÃO DE CULTURAS E ADUBAÇÃO NITROGENADA

Lilian Fátima Ancerowicz

Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões/URI, Santo Ângelo - RS

Rubia Diana Mantai

Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões/URI, Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Santo Ângelo - RS

RESUMO: A modelagem matemática é a área do conhecimento que simula sistemas reais a fim de prever o comportamento dos mesmos, sendo empregada em diversos campos de estudo. O objetivo da pesquisa é determinar modelos matemáticos que explicam a dinâmica de produtividade de grãos do milho, influenciados por culturas sucessoras de inverno e distintas doses de fertilizante nitrogenado. A pesquisa foi desenvolvida em 2018/2019, em Cândido Godói – RS. O delineamento experimental foi constituído de blocos casualizados, com dois fatores de tratamento: doses de N (0, 60, 120 e 250 kg ha⁻¹) e culturas sucessoras de inverno (aveia branca, nabo forrageiro e o trigo). Realizou-se o teste comparação de médias, classificando as doses de nitrogênio e os sistemas de sucessão mais eficientes. Através de modelos de regressão, identificou-se a dose de nitrogênio e a cultura de inverno adequada para a produtividade de grãos de milho. Com o uso da correlação, foi possível identificar

as variáveis da planta que mais mostram alteração e influência na produtividade de grãos pelo uso da fertilização nitrogenada. E, por fim, desenvolveu-se um modelo matemático de simulação da produtividade de grãos de milho em função da adubação nitrogenada e das variáveis ligadas a planta. As doses de nitrogênio no sistema nabo forrageiro e aveia branca apresentaram influência linear crescente com a produtividade de grãos. No sistema trigo o nitrogênio apresenta comportamento quadrático, indicando a dose ideal de N com uso de 145 kg ha⁻¹ de N estimando uma produtividade de grãos de milho de 13242 kg ha⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem Matemática. Milho. Sistemas de Sucessão. Nitrogênio. Equações Polinomiais.

MATHEMATICAL MODELING IN CORN PRODUCTION INFLUENCED BY THE SUCCESSION OF CULTURES AND NITROGEN FERTILIZATION

ABSTRACT: Mathematical modeling is the area of knowledge that simulates real systems in order to predict their behavior, being used in several fields of study. The objective of the research is to determine mathematical models that explain the grain yield dynamics of corn,

influenced by winter successor crops and different doses of nitrogen fertilizer. The research was developed in 2018/2019, in Cândido Godói - RS. The experimental design consisted of randomized blocks, with two treatment factors: N doses (0, 60, 120 and 250 kg ha⁻¹) and successor winter crops (white oats, forage turnip and wheat). The comparison of means was performed, classifying the nitrogen doses and the most efficient systems of succession. Through regression models, the nitrogen dose and the winter crop adequate for corn grain yield were identified. With the use of correlation, it was possible to identify the plant variables that most show alteration and influence on grain yield through the use of nitrogen fertilization. Finally, a mathematical model was developed to simulate corn grain yield as a function of nitrogen fertilization and plant-bound variables. Nitrogen levels in the forage turnip and white oat systems showed an increasing linear influence on grain yield. In the wheat system the nitrogen presents a quadratic behavior, indicating the ideal N dose with 145 kg ha⁻¹ of N, estimating a corn grain yield of 13242 kg ha⁻¹.

KEYWORDS: Mathematical Modeling. Corn. Succession Systems. Nitrogen. Polynomial equations.

1 | INTRODUÇÃO

A Modelagem Matemática é a área do conhecimento que estuda a simulação de sistemas reais, a fim de prever o comportamento dos mesmos (CARMO, 2014). Definida por Biembengut (1999) como a arte de formular, elaborar e resolver expressões que valham não apenas para um único problema, mas que posteriormente possibilitem servir de base para outras aplicações e teorias. Portanto, a modelagem tem na sua essência a construção de um modelo matemático que represente um ambiente real. Um modelo matemático, é definido como “um sistema de equações ou inequações algébricas, diferenciais, integrais, etc., obtido através de relações estabelecidas entre as variáveis consideradas essenciais ao fenômeno sobre análise” (BASSANEZI, 1994, p.10).

A Modelagem Matemática está presente na agricultura como um método que auxilia na tomada de decisão. Um modelo matemático decorre de “um sistema de equações cuja solução, dado um conjunto de dados de entrada, é representativa da resposta do processo”, (DENN, 1986), tendo assim a contribuição da Modelagem Matemática para a ciência agrária. Os modelos matemáticos mais difundidos na agricultura são os empíricos, tendo por objetivo descrever matematicamente o que foi observado no experimento (BERNARDON; CALGARO, 2007).

Atualmente, o milho é o cereal mais produzido no mundo, amplamente conhecido por seus valores nutricionais e benefícios à saúde, destacando-se no Brasil como a segunda cultura mais importante para a agricultura (CONAB, 2017). Nas últimas décadas, a cultura do milho vem passando por importantes mudanças tecnológicas, tendo por consequência aumentos significativos da produtividade. Entre essas inovações, destacam-se a adoção de sementes de cultivares melhoradas, alterações

no espaçamento e densidade de semeadura, e a conscientização dos produtores da necessidade de melhoria na qualidade dos solos, o qual está relacionado ao manejo adequado que inclui rotação de culturas, plantio direto e manejo de fertilidade, adubação equilibrada com macro e micronutrientes, uso de fertilizantes químicos e/ou orgânicos, visando uma produção sustentável (COELHO et al., 2010).

Um dos fertilizantes mais importantes para a cultura do milho é o nitrogenado, o qual proporciona efeitos nos componentes de produtividade da cultura (COBUCCI, 1991). Para Okumura et al. (2011), o uso de nitrogênio aumentou o peso e quantidade de grãos de milho, beneficiando também o peso e comprimento da espiga, o diâmetro do colmo, a produção de matéria seca e o crescimento radicular. Porém, há desvantagens como: a possibilidade de perdas de N por volatilização ou lixiviação, o que acarreta em um aumento no custo de produção, além da contaminação do meio ambiente (CANTARELLA, 2007).

Com a adoção do plantio direto, a rotação de culturas com plantas de cobertura, compuseram os princípios básicos para a obtenção do sucesso do sistema de plantio direto, pois a diversidade biológica em um sistema contribui para a estabilidade da produção devido à ciclagem de nutrientes e à fixação biológica de N (FRANCHINI et al., 2011). Nos últimos anos, na região sul do país, vem se destacando como plantas para cobertura de solo em sucessão ao milho as culturas de nabo, aveia e trigo.

O nabo apresenta um crescimento rápido e agressivo, controlando plantas daninhas e elevando a capacidade de ciclagem de N, destacando-se como cultura recicladora (SALTON et al., 1995). A aveia branca, traz benefícios pela palha na superfície do solo, constitui reserva de nutrientes com disponibilização rápida ou lenta, dependendo das condições meteorológicas e qualidade do solo, apresentando efeito alelopático (OLIVEIRA et al., 1999). Já o trigo, tem como principal finalidade a obtenção de farinha, entretanto, auxilia na formação de palhada, permitindo a supressão de plantas daninhas (TREVIZAN, 2014).

Em vista estas afirmações, o objetivo desta pesquisa é empregar a Modelagem Matemática na aplicação de fertilizante nitrogenado e no sistema de sucessão, a fim de otimizar a produtividade de grãos da cultura do milho para a região noroeste do estado do Rio Grande do Sul.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento realizou-se em campo, no município de Cândido Godói - RS (com as seguintes coordenadas geográficas: 28°00'47.52" S, 54°42'12.62" O e altitude de 298 m) durante a safra 2018/2019. De acordo com a classificação de Koppen (1948), o clima da região se enquadra na descrição de Cfa (subtropical úmido), com ocorrência de verões quentes e invernos frios e úmidos, apresentando volumes de pluviosidade próximos a 1600 mm anuais. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico de acordo com a Unidade de Mapeamento

Santo Ângelo – RS.

O delineamento experimental constituiu-se de blocos casualizados com dois fatores de tratamento: doses de N (0, 60, 120 e 250 kg ha⁻¹) e culturas sucessoras de inverno (aveia branca, nabo forrageiro e o trigo), arranjos em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições.

As culturas de trigo, nabo forrageiro e aveia branca, foram implantadas isoladamente. Tanto a sulcagem quanto a semeadura ocorreram mecanicamente no período entre junho e julho de 2018. Foram utilizados 130, 10 e 60 quilogramas de sementes por hectare de trigo, nabo forrageiro e aveia branca, respectivamente. A adubação do solo e o controle de pragas e doenças obedeceram às indicações técnicas das culturas. A cobertura de inverno foi dessecada mediante a aplicação do herbicida glifosato.

A densidade populacional utilizada do milho foi determinada de acordo com as técnicas de manejo, sendo de 6 a 7 plantas por metro quadrado. A semeadura foi realizada mecanicamente através de uma semeadeira constituída de oito linhas, espaçadas em 0,5 m com profundidade de semeadura de 3 cm. A semente de milho utilizada é transgênica, com resistência a lagarta do cartucho, lagarta da espiga e broca no colmo. A adubação de manutenção que foi fornecida no dia da semeadura apresentou as seguintes doses: 295 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 170 kg ha⁻¹ de K₂O. A adubação nitrogenada de cobertura foi aplicada na fase V3/V4 (50% da dose) e em V6/V7 (50% da dose), realizada a lanço manualmente com fonte ureia (45% de N), com dose determinada pelo nível de tratamento de cada parcela.

Os dados analisados, no campo e em laboratório, atendem os seguintes caracteres que compõem a produtividade da cultura: Rendimento Biológico (RB), Produtividade do Grão (PG), Massa do Grão da Espiga (MGE), Número de Grãos da Espiga (NGE), Massa do Sabugo da Espiga (MSE) e Massa da Palha da Espiga (MPE). A análise dos componentes da espiga, se deram através da coleta de dez espigas de cada subparcela, em uma única colheita, 120 dias após a germinação, e realizada a pesagem em balança de precisão de cada componente, contagem e debulha. Para realização de todas as análises estatísticas, foi empregado o programa computacional Genes.

3 | ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No estudo, as fontes de variação doses de nitrogênio e sistemas de sucessão de culturas mostraram interação sobre o rendimento biológico e a produtividade de grãos do milho (dados não apresentados), condição que justifica a forma de apresentação das tabelas buscando o desdobramento. Portanto, a Tabela 1 apresenta o teste de médias para a produtividade de grãos e os componentes da espiga, em função dos sistemas de sucessão em cada uma das doses de nitrogênio. O teste de médias de Tukey permite testar qualquer contraste, desde que o mesmo seja efetuado entre

duas médias de tratamentos, baseando-se na diferença mínima significativa (DMS). Desta forma, o teste de médias avaliará se as diferentes médias da variável resposta foram ocorridas devido à diferença entre os tratamentos ou se são devidos aos erros ocorridos por outras causas. E assim, fará um ranking dos melhores tratamentos.

Constatou-se pela Tabela 1 que, para a produtividade de grãos, o sistema nabo forrageiro apresentou melhores resultados, seguido dos sistemas aveia branca e trigo, que não apresentaram diferença significativa, nas doses 0 e 60 kg ha⁻¹ de N. Este fato possivelmente venha a ter ocorrido devido a ausência/pouca oferta de nitrogênio para o milho cultivado sob sistema de trigo e aveia branca, as quais são gramíneas que possuem alta relação Carbono/Nitrogênio. Já a palhada do nabo forrageiro, por se tratar de uma crucífera possui uma baixa relação Carbono/Nitrogênio, liberando nitrogênio mais facilmente para o milho. Na dose 120 kg ha⁻¹ de N o sistema nabo forrageiro também apresentou os melhores resultados seguido dos sistemas aveia branca e trigo. Já, na dose 250 kg ha⁻¹ de N os sistemas nabo forrageiro e aveia branca apresentaram maior eficiência, não diferindo entre si, porém se destacando em relação ao sistema trigo. Como a dose de 250 kg ha⁻¹ de N é extremamente alta, possivelmente o sistema nabo forrageiro apresentou um excesso de nitrogênio, sendo que o milho neste cenário já apresentava melhores resultados com doses de nitrogênio inferiores, porém, para o sistema em sucessão a aveia foi uma dose suficientemente alta fazendo com que a cultura do milho apresentasse alta produtividade.

Sistema de sucessão	Dose de Nitrogênio (kg ha ⁻¹)			
	0	60	120	250
Produtividade de Grãos (kg ha ⁻¹)				
Nabo Forrageiro	12947 a	14499 a	18311 a	21867 a
Aveia Branca	8660 b	11697 b	14668 b	22092 a
Trigo	9053 b	11699 b	13784 c	13386 b
Número de Grãos por Espiga				
Nabo forrageiro	564 a	636 a	538 c	602 a
Aveia Branca	452 c	548 b	645 a	586 b
Trigo	466 b	537 c	581 b	579 c
Massa do Grão da Espiga (gramas)				
Nabo forrageiro	190 a	210 a	263 a	308 a
Aveia Branca	121 b	168 b	202 b	308 a
Trigo	124 b	164 c	194 c	199 b
Massa do Sabugo da Espiga (gramas)				
Nabo forrageiro	37 a	41 a	53 a	56 b
Aveia Branca	21 c	35 b	36 c	58 a
Trigo	25 b	34 c	40 b	37 c
Massa da Palha da Espiga (gramas)				
Nabo forrageiro	22 a	25 a	30 a	27 b
Aveia Branca	11 b	21 b	21 b	31 a
Trigo	14 b	21 b	20 b	21 c

Tabela 1. Teste de médias para a produtividade de grão e os componentes da espiga, em função dos sistemas de sucessão em cada uma das doses de nitrogênio.

Letras iguais na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a um nível de 5% de probabilidade de erro.

No teste de médias para o número de grãos por espiga de milho (Tabela 1), verificou-se que o sistema de sucessão com nabo forrageiro apresentou maior eficiência nas doses 0, 60 e 250 kg ha⁻¹ de N. Entretanto, na dose 120 kg ha⁻¹ de N o sistema de sucessão com aveia branca apresentou maiores valores médios, seguido do sistema trigo e nabo forrageiro. Observou-se que nas doses nas doses 0, 60 e 120 kg ha⁻¹ de N para a variável massa do grão da espiga, o sistema nabo forrageiro apresentou melhores resultados, seguido do sistema aveia branca e trigo, os quais não apresentaram diferenças significativas. Na dose 250 kg ha⁻¹ de N, os sistemas que apresentaram maior eficiência para a massa do grão da espiga foram o nabo forrageiro e a aveia branca, não diferindo estatisticamente entre si. Esta ocorrência novamente reforça o fato no sistema nabo forrageiro possuir maior quantidade de nitrogênio em sua palhada em relação as gramíneas, o que faz com que se destaque das demais. Entretanto, entre a palha da aveia branca e o trigo, percebemos uma ligeira melhoria da palha da aveia branca, possivelmente pela sua mais rápida decomposição, beneficiando o milho com seus nutrientes.

Identificou-se que para a massa do sabugo da espiga o sistema nabo forrageiro novamente apresentou melhores resultados nas doses 0, 60 e 120 kg ha⁻¹ de N. No entanto, na dose 250 kg ha⁻¹ de N, o sistema aveia branca apresentou os maiores valores médios, seguido dos sistemas nabo forrageiro e trigo. Detectou-se que para a massa da palha da espiga o sistema que apresentou maior eficiência foi o nabo forrageiro, seguido dos sistemas aveia branca e trigo, os quais não apresentaram diferenças significativas, nas doses 0, 60 e 120 kg ha⁻¹ de N. Porém, na dose 250 kg ha⁻¹ de N o sistema aveia branca apresentou médias elevadas, seguida dos sistemas nabo forrageiro e trigo (Tabela 1).

A Tabela 2 mostra o teste de médias para a produtividade de grão e os componentes da espiga, em função das diferentes doses de nitrogênio aplicadas dentro de cada sistema de sucessão. Constatou-se que para a produtividade de grãos a dose de 250 kg ha⁻¹ de N apresentou os maiores valores médios, seguido das doses 120, 60 e 0 kg ha⁻¹, respectivamente, nos sistemas nabo forrageiro e aveia branca. Contudo, no sistema trigo as doses que apresentaram melhores resultados foram a 250 e a 120 kg ha⁻¹ de N, as quais não tiveram diferença significativa, seguidas das doses de 60 e 0 kg ha⁻¹. Portanto, tanto no sistema nabo forrageiro como no sistema aveia branca, o milho respondeu significativamente ao aumento da dose de nitrogênio. Porém, no sistema trigo, a produtividade do milho alcançou seu limite com 120 kg ha⁻¹ de N, já não respondendo significativamente além desta dose.

Dose de Nitrogênio (Kg ha ⁻¹)	Sistemas de Sucessão		
	Nabo Forrageiro	Aveia Branca	Trigo
Produtividade de Grãos (Kg ha ⁻¹)			
0	12947 d	8660 d	9053 c
60	14499 c	11697 c	11699 b
120	18311 b	14668 b	13784 a
250	21867 a	22092 a	13386 a
Número de Grãos por Espiga			
0	564 c	452 d	466 c
60	636 a	548 c	537 b
120	538 d	645 a	581 a
250	602 b	586 b	579 a
Massa do Grão da Espiga (gramas)			
0	190 d	121 d	124 d
60	210 c	168 c	164 c
120	263 b	202 b	194 b
250	308 a	308 a	199 a
Massa do Sabugo da Espiga (gramas)			
0	37 d	21 d	25 d
60	41 c	35 c	34 c
120	53 b	36 b	40 a
250	56 a	58 a	37 b
Massa da Palha da Espiga (gramas)			
0	22 c	11 c	14 c
60	25 c	21 b	21 b
120	30 a	21 b	20 b
250	27 b	31 a	23 a

Tabela 2. Teste de médias para a produtividade de grão e os componentes da espiga, em função das diferentes doses de nitrogênio aplicadas dentro de cada sistema de sucessão.

Letras iguais na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a um nível de 5% de probabilidade de erro.

Também através do teste de médias (Tabela 2), verificou-se que para o número de grãos por espiga a dose 60 kg ha⁻¹ de N apresentou melhores resultados no sistema nabo forrageiro, no entanto, no sistema aveia branca os maiores valores médios deu-se na dose de 120 kg ha⁻¹ de N. Já para em sistema trigo as doses 250 e 120 kg ha⁻¹ de N apresentaram melhores resultados, as quais não tiveram diferenças significativas. Verificou-se que, tanto para a massa do grão da espiga quanto para a massa do sabugo da espiga a dose 250 kg ha⁻¹ de N apresentou melhores resultados, seguida das doses 120, 60 e 0 kg ha⁻¹, respectivamente, independente do sistema de sucessão. Para a massa da palha da espiga no sistema nabo forrageiro, a dose 120 kg ha⁻¹ de N apresentou melhores resultados. No entanto, nos sistemas aveia branca e trigo, para esta variável, a dose 250 kg ha⁻¹ de N apresentou melhores resultados, seguida das doses 120 e 60 Kg ha⁻¹, que não apresentaram diferenças significativas. A mais elevada dose de nitrogênio (250 kg ha⁻¹) nos sistemas aveia branca e trigo mantiveram uma alta produtividade de palha para a espiga, contudo,

ao disponibilizar 120 kg ha⁻¹ de N, o milho não respondeu ao aumento em relação à dose de 60 kg ha⁻¹ de N, assim, guardando essa energia para melhorar o número de grãos por espiga e conseqüentemente a produtividade final de grãos.

O resultado obtido no teste de médias aplicado à produtividade de grãos e aos componentes da espiga nos sistemas de sucessão e nas doses de nitrogênio é reforçado por Amado et al (2002), que verificaram que a produção de matéria seca em plantas leguminosas, favorece o fornecimento de N para o milho em sucessão. Porém, neste mesmo estudo averiguaram que a elevada produção de matéria seca de gramíneas, acarretou no decréscimo da disponibilidade de N.

A Tabela 3 apresenta a análise de regressão da produtividade de grãos de milho em função das doses de nitrogênio para cada sistema de sucessão. Modelos de regressão são modelos matemáticos que relacionam o comportamento de uma variável *y* com outra *x*. O principal objetivo desta técnica é obter uma equação que explique satisfatoriamente a relação entre uma variável resposta e uma ou mais variáveis explicativas, possibilitando fazer predição de valores da variável de interesse.

Nos sistemas nabo forrageiro e aveia branca, tanto a equação linear quanto a quadrática obtiveram resultados significativos com elevado coeficiente de determinação (R²). O comportamento linear evidencia que ao aumentar a dose de nitrogênio aumenta-se também a produtividade de grãos do milho. Desta forma, podemos observar que para a produtividade de grãos, a cada quilo de nitrogênio aplicado aumenta 36,9 kg ha⁻¹ de grãos de milho em sistema de sucessão com o nabo forrageiro e 53,8 kg ha⁻¹ e grãos de milho em sistema de sucessão com a aveia branca. No sistema trigo tanto a equação linear como a equação quadrática foram significativas. A equação linear nos dá a informação que cada kg de N aplicado acresce 16,1 kg ha⁻¹ na produção de milho. Já, a equação quadrática indica a dose ideal de N sendo de 145 kg ha⁻¹, estimando uma produtividade de grãos de milho de 13242 kg ha⁻¹.

SS	FV	QM	$y = ax^2 + bx + c$	R ² (%)	Ns	PGs
Nabo Forrageiro	L	*	$PG = 36,9x + 12940,2$	97	-	-
	Q	ns	$PG = 0,04x^2 + 47x + 12637,1$	97	-	-
Aveia Branca	L	*	$PG = 53,8x + 8493,8$	99	-	-
	Q	ns	$PG = 0,025x^2 + 47,3x + 8690,9$	99	-	-
Trigo	L	*	$PG = 16,1x + 10252,6$	64	-	-
	Q	*	$PG = -0,2x^2 + 58,4x + 8978,5$	99	145	13242

Tabela 3. Equações de regressão da produtividade de grãos de milho em função do nitrogênio

SS= sistema de sucessão; PG= produtividade de grãos (kg ha⁻¹); FV= fonte de variação; QM= significância do quadrado médio; R²= coeficiente de determinação; NS= dose ideal simulada de nitrogênio (kg ha⁻¹); PGS= Produtividade de Grãos simulada com base na dose ideal de N (kg ha⁻¹); L=equação linear; Q= equação

Assim, corroborando com os resultados encontrados para a produtividade de grãos por Farinelli & Lemos (2012), que verificaram máxima produtividade com a dose 151 kg ha⁻¹ de N onde foram estabelecidos 8.872 kg ha⁻¹ de grãos. Já Silva et al. (2006), obtiveram máxima produtividade no milho em sucessão à crotalaria e no pousio, nas doses de 144 kg ha⁻¹ e 149 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. No entanto, Veloso et al. (2006) verificaram máxima produtividade de grãos mediante a dose de 180 kg ha⁻¹ de N.

A Tabela 4 apresenta a correlação existente entre as doses de nitrogênio e os componentes cada sistema de sucessão. O termo correlação significa relação em dois sentidos (co + relação) e é usada em estatística para designar a força que mantém unidos dois conjuntos de valores. O objetivo do estudo da correlação é a verificação da existência e do grau da relação entre as variáveis (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

Os resultados da Tabela 4 mostram que, no sistema nabo forrageiro, a produtividade de grãos, a massa de grãos da espiga e a massa do sabugo da espiga estão altamente correlacionadas com a dose de nitrogênio aplicada, de modo que, ao aumentar a dose do nitrogênio, estas variáveis também aumentarão. Em sistema de sucessão com aveia branca, verifica-se que a produtividade de grãos, a massa de grãos da espiga, a massa do sabugo da espiga e a massa da palha da espiga estão altamente correlacionadas com a dose de nitrogênio aplicada, no entanto o número de grãos da espiga possui uma correlação moderada com a dose de nitrogênio. No sistema trigo observou-se que todos os componentes da espiga analisados, ou seja, a produtividade de grãos, número de grãos da espiga, a massa de grãos da espiga, a massa do sabugo da espiga e a massa da palha da espiga estão altamente correlacionadas positivamente com a dose de nitrogênio aplicada.

SS		PG	NGE	MGE	MSE	MPE
Nabo Forrageiro	Doses de N	0,97	0,13	0,98	0,91	0,41
	PG	-	-0,04	0,99	0,95	0,49
Aveia Branca	Doses de N	0,99	0,65	0,99	0,98	0,94
	PG	-	0,62	0,99	0,98	0,93
Trigo	Doses de N	0,78	0,82	0,87	0,73	0,79
	PG	-	0,98	0,97	0,97	0,88

Tabela 4. Correlação entre os componentes de produtividade de grãos do milho

SS= Sistema de Sucessão; PG= produtividade de grãos (kg ha⁻¹); N= Nitrogênio; NGE= Número de Grãos da Espiga; MGE= Massa de Grãos da Espiga; MSE= Massa do Sabugo da Espiga; MPE= Massa da Palha da Espiga.

A Tabela 4 também apresenta a correlação existente entre os componentes da

espiga do milho e a produtividade de grãos em cada sistema de sucessão. No sistema nabo forrageiro verificou-se que a massa do grão da espiga e a massa do sabugo da espiga estão fortemente correlacionadas com a produtividade de grãos, ou seja, ao aumentar a massa do grão da espiga e a massa do sabugo da espiga também aumentará a produtividade de grãos. No sistema aveia branca, a massa de grãos da espiga, a massa do sabugo e da palha da espiga possuem uma correlação positiva forte com a produtividade de grãos. Já no sistema trigo, observou-se que todos os componentes da espiga analisados estão altamente correlacionados positivamente com a produtividade de grãos.

Hurtado et al. (2009) também obteve correlações elevadas da produtividade de grãos em relação à disponibilidade de N no sistema solo/planta. Sangoi et al. (2011) estudando doses de nitrogênio no milho, obtiveram alta correlação de grãos por espiga e a massa de mil grãos, o que contribuiu para uma maior produtividade de grãos, em relação àquelas que não receberam cobertura nitrogenada.

A regressão linear múltipla auxilia em situações em que a reta ajustada não descreve fielmente o conjunto de dados e, com isso, podem ser levadas em consideração outras variáveis independentes que, possivelmente, influenciam no valor de Y, a variável dependente. Assim, a regressão múltipla tem como objetivo melhorar o modelo desenvolvido para explicar o comportamento das variáveis que estão sendo estudadas (ANJOS, 2004). Pela regressão múltipla, desenvolveram-se modelos que explicam a produtividade de grãos do milho para cada sistema de sucessão em função do nitrogênio aplicado e os componentes da espiga. Como critério, levou-se em consideração as doses de N e os componentes da espiga que apresentaram alta correlação com a produtividade de grãos.

Nesse sentido, a Tabela 5, além de expor o modelo matemático, apresenta a produtividade de grãos de milho observada e a produtividade de grãos de milho simulada pelo modelo múltiplo. E por meio do desvio, é possível determinar a diferença da produtividade de grãos observada no experimento e a produtividade de grãos simulada pelo modelo desenvolvido.

SS	Doses de N (kg ha ⁻¹)	PGO (kg ha ⁻¹)	ICPG (kg ha ⁻¹)		PGS (kg ha ⁻¹)	Desvio (kg ha ⁻¹)
			Li	Ls		
Nabo Forrageiro	0	12947	11793	13884	12818	129
	60	14499	13234	15526	14603	-104
	120	18311	17719	18791	18289	22
	250	21868	20848	22696	21838	30
Aveia Branca	0	8661	7607	9714	8788	127
	60	11698	10308	13087	11635	63
	120	14669	14331	14942	14585	84
	250	22092	20394	23791	22152	-60

	0	9053	8481	9517	8877	176
Trigo	60	11699	11008	12256	11837	-138
	120	13784	13088	14348	13702	82
	250	13386	12271	14291	13256	130

Tabela 5. Regressão múltipla da produtividade de grãos em função dos componentes da espiga e as dose de N

SS= Sistema de Sucessão; PG= produtividade de grãos (kg ha⁻¹); ICPG = Intervalo de confiança da produtividade de grãos; Li= Limite inferior; Ls= Limite superior; N= Nitrogênio; NGE= Número de Grãos da Espiga; MGE= Massa de Grãos da Espiga; MSE= Massa do Sabugo da Espiga; MPE= Massa da Palha da Espiga; PGO= Produtividade de Grãos Observada; PGS= Produtividade de Grãos Simulada.

Destaca-se que, os modelos da regressão múltipla em função do nitrogênio e dos componentes da espiga do milho simulam com eficiência a produtividade de grãos de milho, visto que todos os resultados obtidos pela simulação estão dentro do intervalo de confiança, sendo assim, um bom parâmetro para o produtor avaliar antecipadamente a sua produtividade de grãos de milho. Além disso, estes modelos podem também a engenheiros agrônomos ou fiscais de financiamentos, visto a possibilidade de estimativa da produtividade com elevada eficiência, levado em consideração o fator climático com condições de chuvas e de temperaturas como as ocorridas nesta pesquisa.

4 | CONCLUSÃO

A modelagem matemática é usada como metodologia para solucionar problemas das mais diversas áreas do conhecimento, transformando situações reais em representações matemáticas, as quais auxiliam na tomada de decisões. Pensando nisso, a mesma foi utilizada no presente trabalho para explicar a dinâmica de produtividade de grãos de milho, influenciados por distintas doses de fertilizante nitrogenado e tipos de manejo com culturas de sucessão.

Para a produtividade de grãos (kg ha⁻¹) concluiu-se que o sistema nabo forrageiro apresentou melhores resultados, seguido dos sistemas aveia branca e trigo. As doses de nitrogênio no sistema nabo forrageiro e aveia branca apresentaram influência linear crescente, ou seja, à medida que acrescentamos nitrogênio aumenta a produtividade de grãos. No entanto, no sistema trigo a resposta do nitrogênio apresentou comportamento de uma equação quadrática, indicando a dose ideal de N para o sistema, de 145 kg ha⁻¹ de N estimando uma produtividade de grãos de milho de 13242 Kg ha⁻¹.

O uso de aveia branca e trigo como espécie de cobertura de solo e cultura de inverno causa imobilização do nitrogênio (N), que reduz o desenvolvimento da planta e a produtividade de grãos de milho cultivados em sucessão. Desta forma, o nabo forrageiro visa aumentar a disponibilidade de N no sistema e o tempo de

permanência de resíduos na superfície do solo.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, J. A. A. **Dinâmica do nitrogênio sob sistema plantio direto e parâmetros para o manejo da adubação nitrogenada no milho.** 2009. 200 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Santa Maria: UFSM, 2009.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C.. **Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no rs e sc adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto.** R. Bras. Ci. Solo, 26:241-248, 2002.
- ANJOS, A. **Planejamento Experimental II.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2005.
- BASSANEZI, R. **Modeling as a teaching-learning strategy.** *For the learning of mathematics*, Vancouver, v. 14, n. 2, p. 31-35, 1994.
- BERNARDON, T.; CALGARO, M. Modelo de simulação do crescimento de plantas. *Ambiência*, v. 3, p. 283-294, 2007.
- BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem matemática & implicações no ensino e aprendizagem de matemática.** Blumenau: FURB, 1999. 134 p.
- CALLEGARI-JACQUES, S. M. *Bioestatística princípios e aplicações.* Porto Alegre: Artmed, 2003.
- CANTARELLA, H. **Nitrogênio.** In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). *Fertilidade do solo.* Viçosa: SBCS, 2007. p. 375-470.
- CARMO, J. **Modelagem como Alternativa Metodológica para o Ensino de Matemática.** 2014. 66 f. Dissertação (Mestrado em Matemática), Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional - PROFMAT/UFG, Jataí, 2014.
- COBUCCI, T. **Efeitos de doses e épocas de aplicação em cobertura do adubo nitrogenado no consórcio milho-feijão.** 1991. 94 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Viçosa: UFV, 1991.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. de; PITTA, G. V. E.; ALVES, V. M. C.; HERNANI, L. C. **Nutrição e adubação do milho. Embrapa Milho e Sorgo, Sistema de Produção,** 1. Versão Eletrônica – 6^o edição. Set./2010
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos.** v. 4 Safra 2016/17 - Décimo segundo levantamento, Brasília, p. 1-158, setembro 2017.
- DENN, M. M. **Process Modeling.** Longman Sc & Tech. London and Wiley, New York. 1986.
- FARINELLI, R.; LEMOS, L.B. **Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados.** *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.42, p.6370, 2012.
- FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M.; DEBIASI, H.; TORRES E. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná.** Londrina: EMBRAPA SOJA, 2011. 52p.
- HURTADO, S.M.C.; SILVA, C.A.; RESENDE, A.V.; von PINHO, R.G.; INÁCIO, E.S.B. & HIGASHIKAWA, F.S. **Spatial variability of soil acidity attributes and the spatialization of liming requirement for corn.** *Ci. Agrotec.*, 33:1351-1359, 2009.

OKUMURA, R. S.; MARIANO, D. C.; ZACCHEO, P. V. C. **Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão**. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, v.4, n.2, p.226–244, 2011.

OLIVEIRA, M. W.; TRIVELIN, P. C. O.; PENATTI, C. P.; PICCOLO, M. C. **Decomposição de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 34, n. 12, p. 2359-2362, 1999.

SALTON, J. C.; PITOL, C.; SIEDE, P. K.; HERNANI, L. C.; ENDRES, V. C. **Nabo forrageiro: sistemas de manejo**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1995. 23p.

SANGOI, L.; VARGAS, V. P.; SCHIMITT, A.; PLETSCH, A. J.; VIEIRA, J.; SALDANHA, A.; SIEGA, E.; CARNIEL, G.; MENGARDA, R. T.; PICOLI J. G. J. **Disponibilidade de nitrogênio, sobrevivência e contribuição dos perfilhos ao rendimento de grãos do milho**. R. Bras. Ci. Solo, 35:183-191, 2011.

SILVA, E. C. et al. **Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 41, n. 3, p. 477-486, 2006.

TREVIZAN, D. M. **Potencial alelopático de extratos aquosos de trigo sobre germinação de soja (*Glycine max L.*) e buva (*Conyza spp.*)**. 2014. 40 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia), Pato Branco: UTFPR, 2014.

VELOSO, M. E. C. et al. **Doses de nitrogênio na cultura do milho, em solos de várzea, sob sistema de drenagem subterrânea**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 5, n. 3, p. 382-394, 2006.

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEBERTON CORREIA SANTOS- Graduado em Tecnologia em Agroecologia, mestre e doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência nas seguintes áreas: agricultura familiar, indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas, uso e manejo de resíduos orgânicos, propagação de plantas, manejo e tratamentos culturais em horticultura geral, plantas medicinais exóticas e nativas, respostas morfofisiológicas de plantas ao estresse ambiental, nutrição de plantas e planejamento e análises de experimentos agropecuários.

(E-mail: cleber_frs@yahoo.com.br) – ORCID: 0000-0001-6741-2622

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acessibilidade 10, 11, 20, 21, 22, 186
Amazônia 141, 142, 143, 150, 207, 208, 246, 261
Amido de mandioca 1, 2, 3, 4, 9
Análise sensorial 45, 46, 56

B

Bioacessibilidade 164, 165, 166, 168, 172, 173
Biofilmes 4
Biomateriais 92
Biorremediação 114, 116, 117, 123, 125, 126, 128

C

Carbeto de boro 129, 130, 131, 132, 140
Carbono cristalizado 114

D

Dejetos de suínos 112

G

Gamificação 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 66, 67, 68, 69, 191, 194, 195
Geometria 34, 118, 134, 218, 219, 220, 221, 222, 224, 225, 248, 259, 271, 390

H

Homologia simplicial 239

I

Inteligências múltiplas 188, 190, 191, 192, 193, 197, 198, 199, 200

M

Matrizes 2, 129, 136, 138, 139, 247, 369
Mineração 76, 80, 125, 197, 209, 211, 216, 217

N

Nanopartículas 90, 91, 92, 93, 95, 98, 99, 100, 114, 116, 123, 125, 126

O

Óleo de copaíba 201, 203, 204, 207

P

Paralisia facial 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367

Pegmatito 23, 24, 25, 31, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77

Pensamento computacional 57, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 66, 67, 68, 195

Q

Qualidade do ar 78, 79, 80, 81, 87, 88

R

Reciclagem 3, 52, 294, 297, 298, 300, 302, 388, 389, 399

Robótica 188, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 199, 279, 282, 284, 285, 287, 288, 289, 291

S

SAP 2000 33, 34, 40

Sistemas lineares 368, 369, 373, 374, 377

T

Tecnologias Digitais 153, 154, 155, 156, 157, 161, 162, 163, 195, 287

V

Variabilidade climática 142

W

Website 175, 176, 181, 183

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-642-3

