



**Franciele Braga Machado Túllio  
Lucio Mauro Braga Machado  
(Organizadores)**

# **A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias 4**

**Atena**  
Editora  
Ano 2020





**Franciele Braga Machado Túllio  
Lucio Mauro Braga Machado  
(Organizadores)**

# **A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias 4**

**Atena**  
Editora  
Ano 2020



2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Geraldo Alves

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
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. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

A642 A aplicação do conhecimento científico nas engenharias 4 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Túllio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020. – (A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias; v. 4)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-911-0

DOI 10.22533/at.ed.110201301

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovação. I. Túllio, Franciele Braga Machado. II. Machado, Lucio Mauro Braga. III. Série.

CDD 620.0072

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A obra “Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 4” apresenta dezesseis capítulos em que os autores abordam pesquisas científicas e inovações tecnológicas aplicadas em diversas áreas de engenharia.

A pesquisa científica é a principal ferramenta para produzir conhecimento e inovação para uso da sociedade.

Esta obra apresenta diversos textos científicos que abordam temas ligados a engenharia aeroespacial, que buscam melhorar materiais, equipamentos e métodos aplicáveis a evolução nessa área do conhecimento.

Diversas aplicações da matemática, estatística e computação também são exploradas pelos pesquisadores nesta obra.

Esperamos que o leitor se deleite nas pesquisas selecionadas e que estas possam contribuir para a produção de ainda mais pesquisas. Boa Leitura!

Franciele Braga Machado Túllio

Lucio Mauro Braga Machado

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A RELEVÂNCIA DA PRODUÇÃO ACADÊMICA E PESQUISA CIENTÍFICA NO ENSINO SUPERIOR DOS CURSOS DE ENGENHARIA	
Fabiano Battemarco da Silva Martins Patrícia Guedes Pimentel Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1102013011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>17</b>
APLICATIVO DEDICADO AO DIMENSIONAMENTO DE PARAQUEDAS	
Rafael Andrade E Silva Maurício Guimarães da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1102013012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>26</b>
APLICAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS NA SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO DE SOJA NO ESTADO DO TOCANTINS ATÉ 2025	
Laina Pires Rosa Leandra Cristina Crema Cruz Pedro Alexandre da Cruz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1102013013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>39</b>
APPROACH PROPOSAL FOR CRITICAL SOFTWARE PROCESSES SELECTION FOR SPACE PROJECTS IN VERY SMALL ENTITIES (VSE)	
Gledson Hernandes Diniz Ana Maria Ambrosio Carlos Henrique Netto Lahoz Benedito Massayuki Sakugawa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1102013014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>48</b>
APRIMORAMENTO DE UM MÉTODO DE PREDIÇÃO DA CONFIABILIDADE DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS MILITARES E ESPACIAIS	
Carlos Eduardo da Silva Santos Ana Paula de Sá Santos Rabello Marcelo Lopes de Oliveira e Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1102013015</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>57</b>
CADEIA DO QUEROSENE DE AVIAÇÃO NO BRASIL EM UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA	
Pedro Henrique Beghelli Josiane do Socorro Aguiar de Souza Oliveira Campos Maria Vitória Duarte Ferrari	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1102013016</b>	

**CAPÍTULO 7 ..... 77**

**CORTADOR DE GRAMA AUTOMATIZADO**

João Vitor Silveira Cercená  
Ana Carolina Marcelo da Silva  
Luiz Gustavo de Souza Soares  
Vaime Trescher de Morais Junior

**DOI 10.22533/at.ed.1102013017**

**CAPÍTULO 8 ..... 86**

**EFEITO DA ADIÇÃO DE 0,15%ZR E DO TRATAMENTO TÉRMICO DE ENVELHECIMENTO ARTIFICIAL NA LIGA AL-6%MG NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS**

Beatriz Seabra Melo  
Natália Luiza Abucater Brum  
Vinicius Silva dos Reis  
Victor Lima Melo  
Mateus José Araújo de Souza  
Carlos Vinicius de Paes Santos  
Marielle Maria Medeiros Vital  
Adriano Aleixo Rodrigues  
Denyson Teixeira Almeida  
Altino dos Santos Fonseca  
Emerson Rodrigues Prazeres  
José Maria do Vale Quaresma

**DOI 10.22533/at.ed.1102013018**

**CAPÍTULO 9 ..... 99**

**ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DO AMBIENTE ORGANIZACIONAL DE UMA EMPRESA DE EQUIPAMENTOS DA ÁREA DE SAÚDE**

Larissa de Carvalho  
Daniele Martins de Almeida  
Rubya Vieira de Mello Campos  
Rony Peterson da Rocha

**DOI 10.22533/at.ed.1102013019**

**CAPÍTULO 10 ..... 110**

**ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA PARA O EMPREGO DE MADEIRAS “ALTERNATIVAS” EM ESTRUTURA TRELIÇADA (BANZOS PARALELOS) PARA COBERTURA (TELHADO DE AÇO – INCLINAÇÃO 10°), COM VÃOS ENTRE 16 A 26 METROS**

Allan Christian Alves da Luz  
Roberto Vasconcelos Pinheiro  
André Luís Christoforo  
Francisco Antônio Rocco Lahr

**DOI 10.22533/at.ed.11020130110**

**CAPÍTULO 11 ..... 125**

**METODOLOGIA DE PESQUISA PARA ENGENHARIAS**

Ricardo Junior de Oliveira Silva  
Dayse Mendes  
Jéssika Alvares Coppi Arruda Gayer

**DOI 10.22533/at.ed.11020130111**



<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>132</b>
PROBLEMAS DE PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO: UMA VISÃO GERAL DOS MÉTODOS DE SOLUÇÃO	
Márcia de Fátima Moraes Rony Peterson da Rocha Larissa de Carvalho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.11020130112</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>147</b>
SATELLITE TELEMETRY AND IMAGE RECEPTION WITH SOFTWARE DEFINED RADIO APPLIED TO SPACE OUTREACH PROJECTS IN BRAZIL	
David Julian Molano Peralta Douglas Soares dos Santos Auro Tikami Walter Abrahão dos Santos Edson Wander do Rego Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.11020130113</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>165</b>
SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO DE ACESSO EM AMBIENTE ESCOLAR PARA CONTROLE DE SEGURANÇA	
Gleison Stopassola Alexandre Dalla'Rosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.11020130114</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>174</b>
TESTE EM COMPONENTE CRÍTICO DE USO ESPACIAL: ENSAIO DE DOSE IONIZANTE TOTAL, (TID - TOTAL IONIZING DOSE) EM TRANSISTORES 2N2222A	
Bruno Carneiro Junqueira Silvio Manea Rafael Galhardo Vaz Odair Lelis Gonçalez	
<b>DOI 10.22533/at.ed.11020130115</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>185</b>
UM BREVE ESTUDO SOBRE AS CÔNICAS E SUAS APLICAÇÕES	
Wendell de Queiróz Lamas Giorgio Eugenio Oscare Giacaglia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.11020130116</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>199</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>200</b>

## APLICAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS NA SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO DE SOJA NO ESTADO DO TOCANTINS ATÉ 2025

Data de aceite: 03/12/2019

**Laina Pires Rosa**

Universidade Federal do Tocantins, Gurupi-TO

**Leandra Cristina Crema Cruz**

Universidade Federal do Tocantins, Gurupi-TO

**Pedro Alexandre da Cruz**

Universidade Federal do Tocantins, Gurupi-TO

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi fazer o uso da modelagem matemática, aplicando modelos matemáticos e realizando simulações numéricas, buscando obter perspectivas futuras para a tomada de melhores decisões com relação a produção e exportação de soja no Tocantins. O Estado vem se destacando ao longo dos anos na área agrícola, principalmente no cultivo de grãos. Após a criação da região MATOPIBA, formada por municípios dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, fez que o Estado do Tocantins se tornasse alvo para grandes produtores, devido a extensa área para produtividade e o baixo preço de suas terras. A soja é uma fonte abundante para aproveitamento alimentício, devido ao alto valor proteico. O Estado do Tocantins produziu na safra 2014/2015 2,4 milhões de toneladas de soja. Modelos de dinâmica populacional, como os modelos de *Malthus* e *Verhulst*, são aplicados para realizar projeções da produção e exportação de soja até

2025 no estado do Tocantins, sendo que ambos os modelos possuem viabilidade quanto à sua utilização, e apresentando assim resultados confiáveis.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelagem Matemática, Soja, Tocantins, Modelo de Malthus, Modelo de Verhulst.

### APPLICATION OF MATHEMATICAL MODELS IN THE NUMBER SIMULATION OF SOY PRODUCTION AND EXPORT IN TOCANTINS STATE UNTIL 2025

**ABSTRACT:** The objective of this work was to make use of mathematical modeling, applying mathematical models and performing numerical simulations, seeking future perspectives to make better decisions regarding soybean production and export in Tocantins. The state has been highlighting over the years in the agricultural area, mainly in the cultivation of grains. After the creation of the MATOPIBA region, made up of municipalities from the states of Maranhão, Tocantins, Piauí and Bahia, made the state of Tocantins target for large producers, due to the large area for productivity and the low price of their land. Soybean is an abundant source of food for its high protein value. The State of Tocantins produced in the 2014/2015 harvest 2.4 million tons of soy. Population dynamics models, such as the Malthus and Verhulst

models, are applied to perform soybean production and export projections until 2025 in the state of Tocantins, both models being viable for their use, and thus presenting reliable results

**KEYWORDS:** Mathematical Modeling, Soybeans, Tocantins, Malthus Model, Verhulst Model

## 1 | INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, poucos países cresceram tanto quanto o Brasil no comércio internacional de produtos agropecuários. Hoje, o Brasil é um dos líderes mundiais na produção e exportação de vários produtos agropecuários, dentre eles a soja. Em 2013, o Brasil se tornou o maior exportador mundial de soja e desde então, vem mantendo esta posição de líder mundial. Em 2014, o Brasil exportou 45,6 milhões de toneladas de soja em grãos (ANEC, 2015; SECEX, 2015). De acordo com a ABIOVE (2015), foram exportadas 48 milhões de toneladas de soja em 2015. Segundo o United States Department of Agriculture (USDA), na safra 2015/2016 o Brasil será o maior exportador de soja do mundo, com 54,5 milhões de toneladas de soja em grão exportadas, correspondendo num aumento de 9,44% em relação à safra de 2014/2015 (CONAB, 2015).

A cultura da soja além de ser uma fonte abundante para aproveitamento alimentício, o grão possui alto valor proteico (até 50%), o que a torna uma das culturas que vem recebendo mais investimentos, sendo alvo de pesquisadores e suas pesquisas, com o objetivo de melhorar sua qualidade e produtividade (DROS, 2004; MARION, 2004).

Desde a criação do Estado do Tocantins (5 de Outubro de 1988), o mesmo vem crescendo no setor do agronegócio. Novas áreas estão se abrindo para produção, lavouras em crescimento e principalmente o aumento da produtividade. Muitos fatores contribuem para o crescimento da produção de grãos, como água abundante, energia, logística de escoamento e principalmente o uso de novas tecnologias no campo, como manejo do solo, escolha da semente, até a adubação. Hoje o Estado conta com uma área plantada de 1,2 milhão de hectares de soja, com possibilidade para expansão de até 8 milhões de hectares (SEAGRO, 2015).

Em 1990, o Estado contabilizava apenas 35.140 toneladas de soja produzidas por ano. Na safra 2014/2015, esse número saltou para 2,4 milhões de toneladas, ou seja, um aumento de 6,9%. A tendência, é que o crescimento permaneça, com safras recordes (SEAGRO, 2016). “Na safra 2014/15, segundo a Conab (2015), a produção de grãos no Tocantins já cresceu 25,7%. O Estado produziu 4,2 milhões de toneladas de grãos, contra 3,3 milhões da safra passada.

A soja é o carro-chefe da exportação tocantinense sendo responsável por

80,17% dos embarques, pois toda a soja produzida no Tocantins tem uma preferência grande do mercado asiático, principal comprador da leguminosa no mundo, devido ser produzida a soja convencional, vendida em grão, enquanto outros exportadores, plantam a soja transgênica que não corresponde à expectativa de aumento na produtividade.

O trabalho teve como objetivo fazer o uso da modelagem matemática aplicando modelos matemáticos e realizando simulações numéricas para perspectivas futuras de produção e exportação de soja do Estado do Tocantins, a partir dos dados fornecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2015), Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) e Secretaria de Agricultura do Estado do Tocantins (SEAGRO) provenientes das Projeções do Agronegócio.

## 2 | MODELAGEM MATEMÁTICA E MÉTODOS UTILIZADOS

Os modelos matemáticos de simulação são ferramentas que permitem analisar cenários, considerando diversos fatores que influenciam a produtividade das culturas. Dessa forma, é possível avaliar as estratégias mais adequadas em cada condição específica, podendo modificar essa estratégia, caso a mesma não seja a mais adequada (PARIZI, 2010). Na agricultura, podem ser empregados diversos tipos de modelos, mas devido à complexidade dos sistemas agrícolas, assim como de outros sistemas naturais, os modelos de simulação de culturas apenas representam uma aproximação do que ocorre na realidade.

O estudo da dinâmica de populações lida com as variações, no espaço – tempo, das densidades demográficas e tamanhos das populações. Tal estudo, não se restringe apenas à compreensão da variação do número de indivíduos de uma certa população, mas também pode ser aplicado ao estudo do crescimento de animais, controle biológico de pragas, estratégia de crescimento de cidades, estratégias de pesca, dentre outras aplicações. Os modelos matemáticos mais simples e aplicados que tratam da dinâmica populacional são os Modelos de *Malthus* e *Verhulst* (GRACIAS, LOURENÇO, 2010). Esses modelos contam com um inestimável valor histórico: o modelo de *Malthus*, introduziu a percepção de que os recursos da natureza não são inesgotáveis e o modelo de *Verhulst*, deu um passo a mais mostrando que os modelos matemáticos de dinâmica populacional, dentro de suas hipóteses básicas, permitam que se possam fazer previsões bastantes acuradas do crescimento de uma população. Esses modelos tratam do crescimento de populações (CRUZ et al., 2016), porém, é possível aplicá-los no estudo da produção e exportação de soja, pois os dados apresentados nas projeções do agronegócio brasileiro mostram características de crescimento populacional, ou seja, dados com crescimento exponencial e regiões com estabilidade.

## 2.1 Modelo Exponencial – *Malthus*

O primeiro modelo matemático para o crescimento populacional de espécies foi o modelo de *Malthus*, proposto pelo britânico Reverendo Thomas Robert Malthus (1766-1834). Seu primeiro artigo sobre populações surgiu em 1798, e seus trabalhos tiveram grande influência nas ideias de Charles Darwin e Alfred Russel Wallace e, proveu-os com fundamentos básicos para o conceito de seleção natural. A hipótese básica do modelo é que a população cresce sem qualquer restrição, não admitindo fatores que regulam seu crescimento (ZILL, 2009), e é representado por uma equação diferencial de primeira ordem e pode ser escrita da seguinte forma:

$$\frac{dP}{dt} = rP(t) \quad (1)$$

Admitindo-se uma taxa de crescimento contínua, o modelo de *Malthus* apresenta como solução a função:

$$P(t) = P_0 e^{rt} \quad (2)$$

onde  $P_0$  é a população inicial,  $r$  é a taxa de crescimento e  $t$  é o tempo.

O modelo de *Malthus* não prevê qualquer tipo de inibição para o crescimento populacional, ou seja, este modelo pode não ser adequado para representar o que ocorre em muitas populações durante um intervalo de tempo razoavelmente longo.

## 2.2 Modelo de *Verhulst*

O matemático belga Pierre-François *Verhulst* (1804-1849) foi quem propôs o modelo de *Verhulst*, um modelo mais realista, em que introduziu uma equação como um modelo de crescimento da população humana, seguindo uma formulação moderna. O modelo supõe que a população sofre inibições naturais em seu crescimento, ou seja, a população crescerá até um limite máximo, tendendo a se estabilizar (ZILL, 2009), conforme a equação diferencial abaixo:

$$\frac{dP}{dt} = rP\left(1 - \frac{P}{K}\right) \quad (3)$$

A solução da Equação (3) é obtida utilizando o método das variáveis separáveis, juntamente com o uso da técnica de integração de frações parciais, sendo:

$$P(t) = \frac{K.P_0}{P_0 + (K - P_0).e^{-rt}} \quad (4)$$

onde  $P$  é o número de indivíduos no instante  $t$ ,  $K$  representa o valor limite para a população,  $P_0$  é a população inicial,  $r$  é a taxa de crescimento.

## 2.3 Métodos para aplicação dos modelos matemáticos

Para a realização deste trabalho foram aplicados os modelos de *Malthus* e

*Verhulst*, nos quais possuem viabilidade de aplicação ao estudo da produção e exportação de soja do Estado do Tocantins. As Tabelas 1 e 2 representam, respectivamente os dados da produção e exportação de soja no Estado do Tocantins.

Safra	Tempo	Produção (em mil toneladas)
1997/98	0	80,2
1998/99	1	93,8
1999/00	2	136,7
2000/01	3	138,6
2001/02	4	262,5
2002/03	5	377,7
2003/04	6	606,6
2004/05	7	921,3
2005/06	8	700,4
2006/07	9	646,5
2007/08	10	910,9
2008/09	11	856,4
2009/10	12	1071
2010/11	13	1227,1
2011/12	14	1382,9
2012/13	15	1536,4
2013/14	16	2058,2
2014/15	17	2475,7
2015/16	18	1808,8

Tabela 1: Produção de soja no Tocantins.

Fonte: CONAB 2015

Ano	Tempo	Exportação (em mil toneladas)
1997	0	9,4
1998	1	22,7
1999	2	20,5
2000	3	20,4
2001	4	6,4
2002	5	83,7
2003	6	185,2
2004	7	362,6
2005	8	590
2006	9	633,9
2007	10	434,5
2008	11	551,8

2009	12	557,8
2010	13	677,1
2011	14	712,9
2012	15	796,8
2013	16	875,6
2014	17	1243,2
2015	18	1570,5

Tabela 2: Exportação de soja no Tocantins.

Fonte: MAPA 2015

Para utilizar o modelo de *Malthus* na produção e exportação de soja foi considerado que a taxa de crescimento da população  $r$  (Eq. 1) é a taxa de crescimento da produção e exportação de soja no Tocantins. Utilizando os dados da Tabela 1 e aplicando a metodologia do método dos quadrados mínimos para a calibração do modelo foram obtidos os valores da taxa de crescimento  $r$  e a produção inicial de soja  $P_0$  (Eq. 2).

Para a calibração do Modelo de *Verhulst*, foi suposto que o parâmetro  $P_0$  (Eq. 4) é muito próximo ao do Modelo de *Malthus* (Eq. 2) e para estimar qual seria o valor limite  $K$  (Eq. 3 e 4) para a produção e exportação de soja no Estado de Tocantins, utilizou-se o método de Ford-Walford (BASSANEZI, 2002). Para obter uma boa estimativa do valor  $K$  é necessário que sejam conhecidos níveis de produção e exportação, no período no qual a taxa de crescimento da produção já começou a estabilizar e não no início do processo, onde o modelo funciona como modelo exponencial (Modelo de *Malthus*). Após obter o valor limite  $K$  para a produção e exportação, a estimativa para a taxa de crescimento  $r$  foi realizada com base nos dados das Tabelas 1 e 2 e na expressão do próprio modelo de *Verhulst*. Isolando-se o valor de  $r$  no modelo, obtém-se:

$$r = -\frac{1}{t} \ln \left[ \frac{P_0 \left( \frac{K}{P} - 1 \right)}{P(K - P_0)} \right] \quad (5)$$

A parte computacional do trabalho foi desenvolvida utilizando os *softwares* Excell® e Gnuplot®.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho para a produção e exportação da soja são apresentados a seguir separadamente. Em cada conjunto de dados, produção

e exportação da soja, aplicando-se os dois modelos propostos acima para verificar qual deles descreve melhor o perfil de produção e exportação, e ao final, realizou-se projeções futuras.

### 3.1 Produção de soja

Os resultados obtidos aplicando os modelos de *Malthus* e *Verhulst* nos dados apresentados na Tabela 1 são apresentados a seguir. Para o modelo de *Malthus* a taxa de crescimento média da produção  $r$  obtida pelo método dos mínimos quadrados, foi de (Eq. 1), com  $P_0 = 117.4 \times 10^3$  toneladas de soja (Eq. 2). A figura 1 apresenta os resultados obtidos com o Modelo de Malthus para os dados da produção de soja (Tabela 1).

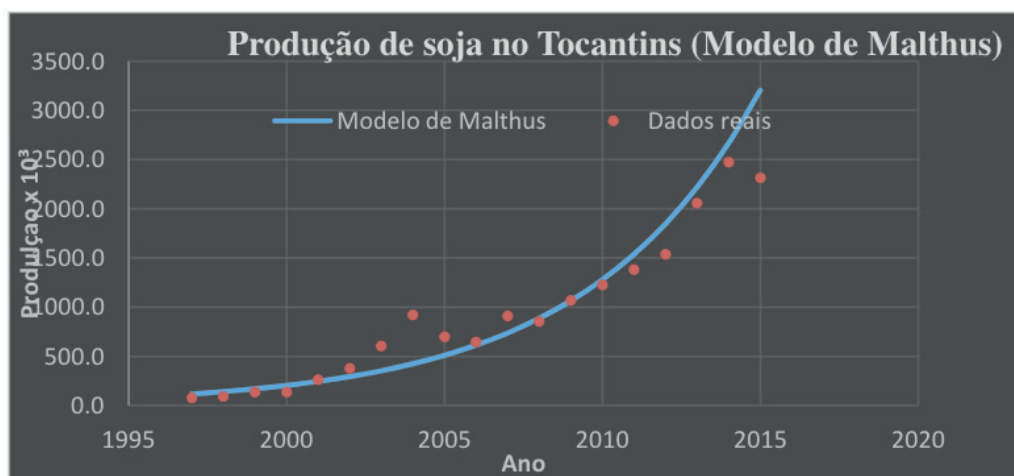


Figura 1: Produção de soja no Tocantins em função do tempo com ajuste do Modelo de Malthus.

Para o modelo de *Verhulst* foi suposto que o parâmetro  $P_0$  é muito próximo ao do Modelo de *Malthus*. O valor limite  $K$  estimado utilizando o método de Ford-Walford. Para obter uma boa estimativa de  $K$ , necessita-se de dados da produção onde a taxa de crescimento começa a se estabilizar. Observando a Tabela 3, nota-se que este fato ocorre a partir de 2008 ( $t = 11$ ).

A estimativa do valor limite  $K$  foi obtida relacionando os valores da produção nos instante  $t$  e  $t + 1$ , e a partir dos pontos obtidos, ajustou-se uma reta que descreve como as produções estão relacionadas,  $P_{t+1} = aP_t + b$ , conforme apresentado na figura 2. Para encontrar este valor, bastou determinar a intersecção desta reta com a bissetriz, supondo que no valor limite, a produção não irá variar,  $P_{t+1} = P_t$ . Desta forma, fazendo a intersecção desta reta com a bissetriz, obteve-se o valor limite da produção.



Tempo	Produção (em mil toneladas)	Crescimento Relativo
11	856,4	-0,059830936
12	1071	0,250583839
13	1227,1	0,145751634
14	1382,9	0,126966017
15	1536,4	0,110998626
16	2058,2	0,339625098
17	2475,7	0,202847148
18	2314,8	-0,06499172

Tabela 3: Crescimento Relativo da Produção de soja no Tocantins

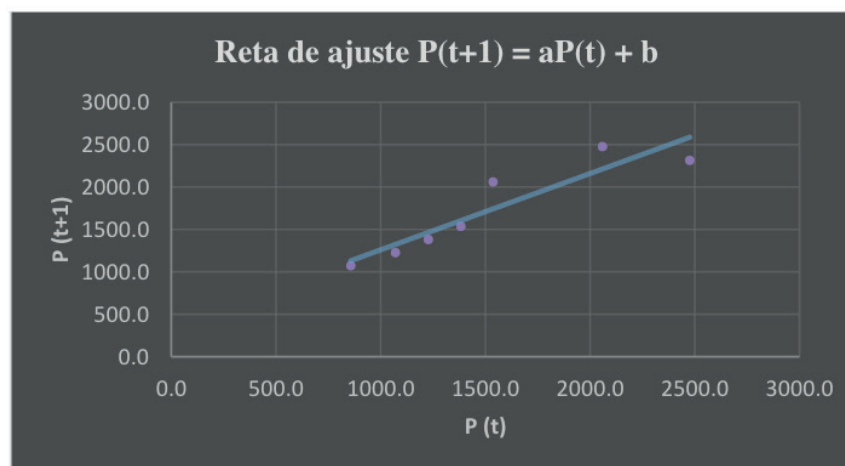


Figura 2: Reta de ajuste para o modelo *Verhulst*

A estimativa para taxa de crescimento  $r$  aplicando o modelo e *Verhulst* foi obtida com base nos valores da CONAB (2015) e na expressão dada pela eq 5. O valor médio do parâmetro  $r$  para período considerado foi de  $r = 0.218118$ . Nos cálculos e simulações, o valor utilizado para  $r = 0.2181$ . A figura 3 apresenta os resultados obtidos com o modelo de *Verhulst* para os dados da produção de soja (Tabela 1).

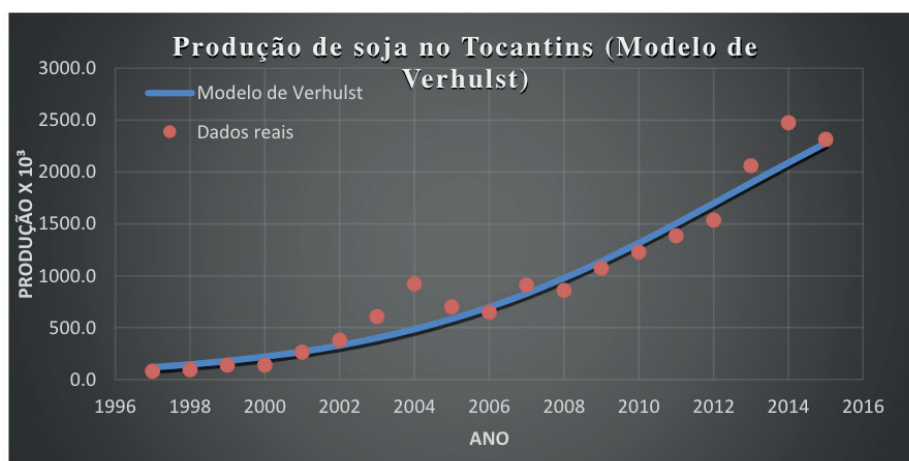


Figura 3: Produção de soja no Tocantins em função do tempo com o ajuste do Modelo de *Verhulst*.

Através dos resultados obtidos uma comparação básica entre os modelos propostos foi realizada a partir do cálculo do erro relativo. Os resultados são apresentados na Tabela 4.

Tempo	Malthus	Verhulst
	$IP_{real} - P_{obs} / P_{obs}$	$IP_{real} - P_{obs} / P_{obs}$
0	0,3166	0,3166
1	0,3349	0,3523
2	0,1933	0,2337
3	0,3194	0,3678
4	0,0727	0,023
5	0,2845	0,1507
6	0,7167	0,5187
7	1,1698	0,9044
8	0,3727	0,202
9	0,0544	0,0729
10	0,2364	0,0995
11	0,0327	0,1225
12	0,0067	0,0597
13	0,0401	0,0673
14	0,0998	0,08
15	0,1677	0,0951
16	0,0719	0,0864
17	0,0712	0,1844
18	0,2773	0,0157
Média	0,2547	0,2080

Tabela 4: Erro Relativo entre os valores obtidos pelos modelos e os valores apresentados pela CONAB

Os resultados mostram que com os ajustes feitos para ambos os modelos (figuras 1 e 3), o modelo de *Verhulst* apresentou o melhor ajuste aos dados da produção de soja. Além disso, observa-se que em média, os erros relativos do modelo de *Verhulst* foram menores que os obtidos pelo modelo de *Malthus* (Tabela 4).

### 3.2 Exportação de soja

O mesmo procedimento feito para a produção de soja no estado do Tocantins foi aplicado para a exportação de soja aplicando os dois modelos propostos aos dados do MAPA (2015) (Tabela 2). A figura 4 apresenta o ajuste do modelo de *Malthus* para os dados de exportação da soja. Para o modelo de *Malthus*, a taxa de crescimento médio para a exportação de soja foi a mesma para a produção, ou seja,  $r = 0.18370$

(Eq. 1), com  $P_0 = 16.041$  toneladas de soja (Eq. 2).

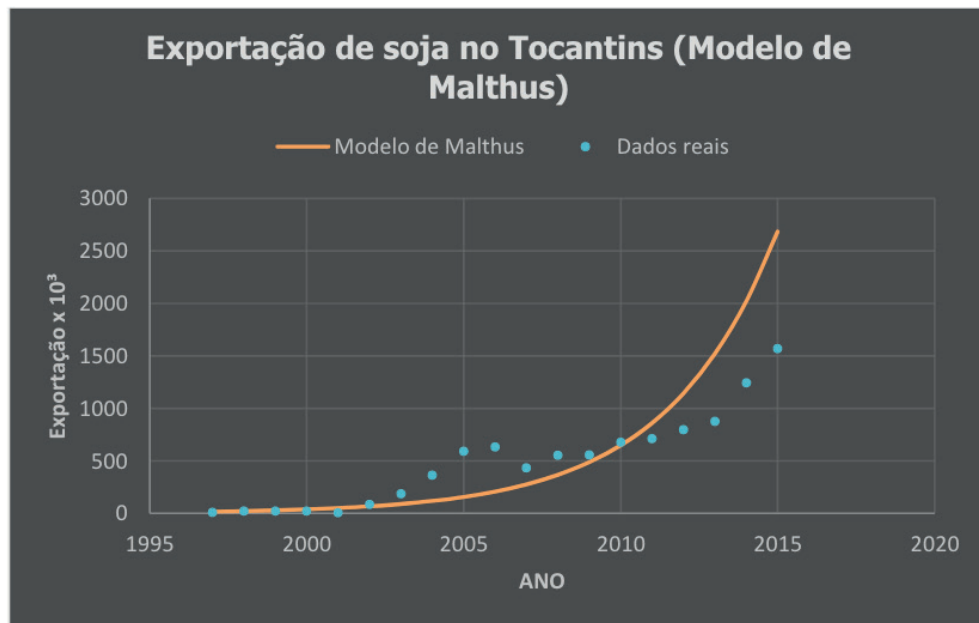


Figura 4: Exportação de soja no Tocantins em função do tempo com ajuste do Modelo de *Malthus*.

Para o modelo de *Verhulst* conforme realizado anteriormente para a produção de soja, obteve-se um valor limite para exportação  $K = 2015,9$  milhões de toneladas de soja, e uma taxa de crescimento  $r = 0.3237$ . A figura 5 apresenta os resultados para o modelo de *Verhulst*.

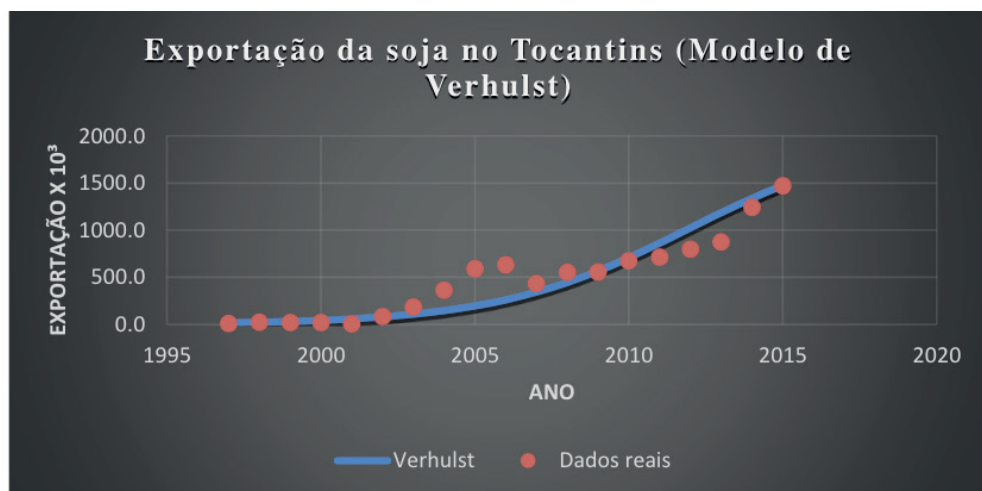


Figura 5: Exportação de soja no Tocantins em função do tempo com o Modelo de *Verhulst*

Observa-se pelas figura 4 e 5 que o Modelo de *Verhulst* apresentou melhor ajuste aos dados de exportação de soja (Tabela 2), observa-se também pela Figura 5 uma tendência à estabilização pois há cada ano, as variações climáticas afetam tanto a produção e consequentemente a exportação.

### 3.3 Projeção da produção e exportação de soja até 2025

Segundo a CONAB (2015) a região MATOPIBA é responsável por 11% da produção brasileira de grãos, que corresponde a uma produção de 10.400 toneladas de soja. A produção de soja nesta região, corresponde à 54,5 % da produção de grãos. Em 2014 a produção de soja foi de 9000 mil toneladas e em 2015 foi de 10559,8 mil toneladas, com expectativa de 12.375 mil toneladas em 2024, segundo o MAPA (2015), com estimativa para a exportação da soja de 66 milhões de toneladas para o mesmo ano. O Tocantins é responsável por 25,7% da produção de soja da região MATOPIBA, conforme a Tabela 5, e estima-se que a produção de soja no Estado em 2024 seja de aproximadamente 3180 mil toneladas (MAPA, 2015).

ANO	PRODUÇÃO	*PRODUÇÃO TOCANTINENSE	EXPORTAÇÃO	**EXPORTAÇÃO TOCANTINENSE
2014	94281	2668,2	46770	1323,59
2015	95871	2713,1	48740	1379,34
2016	100041	2831,2	50710	1435,09
2017	103027	2915,7	52679	1490,82
2018	106480	3013,4	54649	1546,57
2019	109720	3105,1	56619	1602,32
2020	113044	3199,1	58589	1658,07
2021	116330	3292,1	60559	1713,82
2022	119632	3385,6	62528	1769,54
2023	122926	3478,8	64498	1825,29
2024	126223	3572,1	66468	1881,04

Tabela 5: Produção e Exportação Nacional e Tocantinense

Fonte: MAPA (2015).

Como o modelo de *Malthus* não prevê o que ocorre numa população durante um intervalo de tempo razoavelmente longo, as projeções da produção e exportação de soja até 2024 foram simuladas apenas pelo modelo de *Verhulst* (figuras 6 e 7).

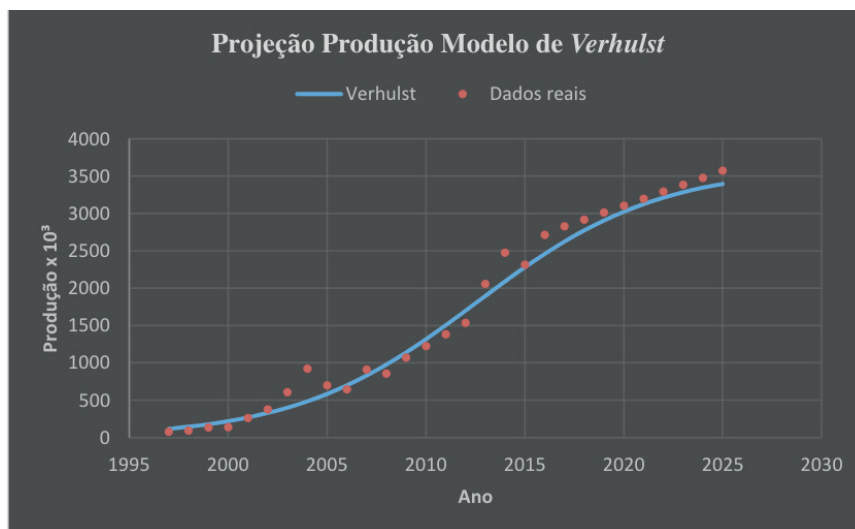


Figura 6: Projeções da Produção de soja no estado do Tocantins até 2025

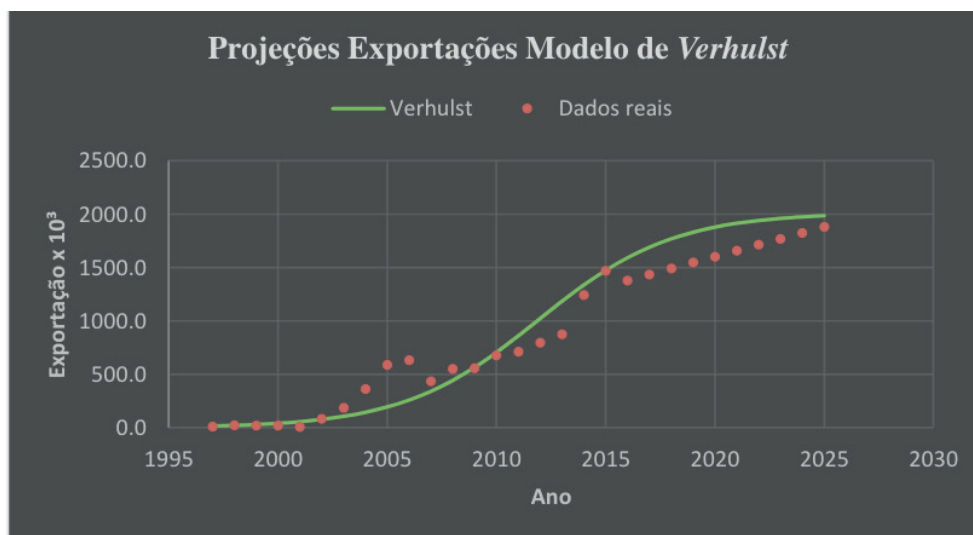


Figura 7: Projeções da Exportação de soja no estado do Tocantins até 2025

Nas Figuras 6 e 7 podemos observar que ambas projeções tendem a se estabilizar próximo ao ano de 2025 quando atingi a capacidade suporte tanto para a produção como para a exportação de soja no Estado do Tocantins.

Com base em todos os resultados obtidos, verificou-se que o melhor modelo que descreve a produção e exportação da soja no estado do Tocantins é o modelo logístico ou modelo de *Verhulst*.

## 4 | CONCLUSÃO

Os resultados apresentados neste trabalho mostram que ambos os modelos utilizados no estudo da dinâmica populacional podem ser utilizados para o estudo da produção e exportação de soja. Analisando os resultados obtidos durante todo o trabalho, o modelo de *Verhulst* foi o que ajustou melhor aos dados tanto para a produção quanto para a exportação da soja no estado do Tocantins.

## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira das Indústrias de óleos vegetais (ABIOVE). **Outras Estatísticas do Comércio Exterior**. Disponível em: <<http://aliceweb.mdic.gov.br>> Acesso em: 31 de maio de 2016

Associação Nacional de produtores de Cereais (ANEC). **Desempenho das Exportações Brasileiras de Grãos**. Disponível em: <<http://www.anec.com.br>> Acesso em: 31 de maio de 2016

BASSANEZI, R. C.; **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**. São Paulo: Contexto, 2002.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília: Conab, 2015. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em 12 de Maio 2016.

CRUZ, P. A.; ROSA, L. P.; CRUZ, L. C. C.; A utilização de modelos matemáticos para análise de

parâmetros populacionais da cidade de Gurupi. **Revista Cereus**, v. 8, n. 1, p. 33-45, Gurupi – TO, 2016.

DROZ, J. M.; **Administrando os avanços da soja**: dois cenários de expansão do cultivo da soja na América do Sul. Amsterdã: AIDEnvironment, 2004. 71p.

GRACIAS A. C; LOURENÇO S. R.; Aplicação de um modelo matemático na simulação da produção e importação de gás natural no Brasil até 2017. **Revista Produção Online**, v.10, n.3, 2010.

MARION, E.; Parâmetros hídricos para estimativa do rendimento de grãos de soja. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro**. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>> Acesso em: 22 Maio 2016

PARIZI, A.R.C. Funções de produção das culturas de milho e feijão através de estudo experimental e simulado. 205f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Curso de Pós graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2010.

Secretaria do Comercio Exterior (SECEX). Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=1&menu=4859&refr=1695>> Acesso em: 05 junho 2016.

SECRETARIA AGRICULTURA E PECUARIA DO ESTADO DO TOCANTINS (SEAGRO). **Tocantins avança no setor agropecuário consolidando o setor do agronegócio**. Disponível em: <<http://seagro.to.gov.br/noticia/2015/10/2/tocantins-avanca-no-setor-agropecuario-consolidando-o-setor-do-agronegocio/>> Acesso em: 22 Maio 2016

ZILL, D. G.; **Equações Diferenciais com Aplicações em Modelagem**, CENGAGE Learning-2009.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Franciele Braga Machado Tullio** - Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

**Lucio Mauro Braga Machado** - Bacharel em Informática (Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG/1995), Licenciado em Matemática para a Educação Básica (Faculdade Educacional da Lapa – FAEL/2017), Especialista em Desenvolvimento de Aplicações utilizando Tecnologias de Orientação a Objetos (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/ 2008). É coordenador do Curso Técnico em Informática no Colégio Sant’Ana de Ponta Grossa/PR onde atua também como professor desde 1992, também é professor na Faculdade Sant’Ana atuando na área de Metodologia Científica, Metodologia da Pesquisa e Fundamentos da Pesquisa Científica e atua como coordenador dos Sistemas de Informação e do Núcleo de Trabalho de Conclusão de Curso da instituição. E-mail para contato: machado.lucio@gmail.com

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aeroportos brasileiros 57, 58, 59, 60, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 72, 73, 74  
Álgebra linear 185  
ALT 48, 49, 50  
Ambiente de tarefa 99, 101, 102  
Ambiente espacial 174, 175  
Ambiente geral 99, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108  
Automatizado 77, 78, 79, 81, 85

### B

Banco de dados 51, 57, 165, 169, 170

### C

Cadeia de distribuição 57, 66, 71  
Classificação 132, 133  
Clima organizacional 99, 103, 104, 105, 106, 108, 109  
Componente de satélite 174  
Controle de acesso 165  
Cortador-de-grama 77

### D

Dimensionamento 17, 18, 22, 24, 84, 112, 115, 120, 124  
Dose ionizante total acumulada 174, 175

### E

Economia 75, 77, 105, 120, 193  
Eficiência 23, 77, 85, 185

### F

Física da falha 48, 49, 50, 52, 53, 54, 55  
Foguete 17

### G

Geometria analítica 185, 197, 198  
Ground stations 147, 148, 150

### L

LDA 48, 49, 50  
Limite de resistência à tração 86, 87, 88, 92, 93, 94



## M

Metodologia científica 125, 126, 128, 129, 130, 131, 206

Métodos de pesquisa 125, 126, 129

Métodos de predição da confiabilidade 48, 52

Métodos de solução 132, 133, 138, 140, 144

Modelagem matemática 26, 28, 37, 146

Modelo de malthus 26, 31, 32, 35

Modelo de verhulst 26, 29, 31, 34, 35

## P

Panorama 70, 75, 132

Paraquedas 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25

Profiles 39, 41, 43, 46, 47

Programação da produção 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 145

## Q

Querosene de aviação 57, 58, 59, 61, 66, 69, 71, 75

## R

Refino de grãos 87

## S

Satellites 147, 148, 149, 150, 151, 152, 159, 160, 161, 162, 163, 164

Secções cônicas 185, 186, 187, 188, 197

Segurança 1, 77, 78, 79, 84, 85, 105, 115, 124, 165, 166, 167, 168, 171, 172, 206

Segurança escolar 165

Servidor web 165, 170

Software defined radio 147, 164

Software processes 39, 41, 43

Soja 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38

Space systems 147, 174

## T

Tocantins 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38

Transistor 2n2222a 174, 179, 180

## V

Vse 39, 41, 42, 46

## Z

Zircônio 86, 87, 88, 90, 97

