

Empreendedorismo e Inovação na Engenharia Florestal 3



Cristina Aledi Felsemburgh
(Organizadora)

Atena
Editora
Ano 2021

Empreendedorismo e Inovação na Engenharia Florestal 3



Cristina Aledi Felsemburgh
(Organizadora)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
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. 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^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª 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 Alfnas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Empreendedorismo e inovação na engenharia florestal 3

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Cristina Aledi Felsemburgh

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E55 Empreendedorismo e inovação na engenharia florestal 3 /
Organizadora Cristina Aledi Felsemburgh. – Ponta
Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-963-9

DOI 10.22533/at.ed.639211404

1. Engenharia Florestal. I. Felsemburgh, Cristina Aledi
(Organizadora). II. Título.

CDD 634.928

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

É com enorme prazer que apresentamos o e-book “Empreendedorismo e Inovação na Engenharia Florestal 3” elaborado para a divulgação de resultados e avanços relacionados às Ciências Florestais. O e-book está disposto em 1 volume subdividido em 10 capítulos. Os capítulos estão organizados de acordo com a abordagem por assuntos relacionados com diversas áreas da Engenharia Florestal. Em uma primeira parte, os capítulos estão de forma a atender as áreas voltadas à viabilidade de sementes, biopromotores, propagação vegetativa e crescimento e desenvolvimento de mudas. Em uma segunda parte, os trabalhos estão estruturados aos temas relacionados aos serviços ecossistêmicos, restauração florestal e mudança climática. Em uma terceira parte, os trabalhos referem-se a gestão florestal, manejo florestal, manejo de povoamentos e seleção de indivíduos arbóreos. E finalizando, em uma quarta parte, com trabalhos voltados aos processos produtivos e transformação de matéria-prima de produtos não madeireiros. Desta forma, o e-book “Empreendedorismo e Inovação na Engenharia Florestal 3” apresenta relevantes resultados realizados por diversos professores e acadêmicos que serão apresentados nesta obra de forma didática. Agradecemos o empenho e dedicação de todos os autores das diferentes instituições de ensino e pesquisa, por partilharem ao público os resultados dos trabalhos desenvolvidos por seus grupos de pesquisa. Esperamos que os trabalhos aqui apresentados possam inspirar outros estudos voltados às Ciências Florestais.

Cristina Aledi Felseburgh

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

APLICAÇÃO DE BIOPROMOTORES NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Handroanthus impetiginosus* mart

Julia Isabella de Matos Rodrigues

Luana Rodrigues Vieira

Walmer Bruno Rocha Martins

Luan Lucas Ferreira Baia

Ricardo Christin Lobato Machado

Wendell José Barbosa Silva Filho

Luana Vanessa da Silva Chaves

Gisele Barata da Silva

DOI 10.22533/at.ed.6392114041

CAPÍTULO 2..... 9

ENVELHECIMENTO ACELERADO: INFLUÊNCIA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Handroanthus heptaphyllus* (VELL.) MATTOS

João Lucas Sauma Alvares

Dênmore Gomes de Araujo

Elson Junior Souza da Silva

Denner Roberto Sacramento dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.6392114042

CAPÍTULO 3..... 16

ESTABELECIMENTO DA TECNOLOGIA DE CULTIVO *IN VITRO* PARA ESPÉCIES FLORESTAIS

Márcia Aparecida Novaes Gomes

Daniel Bruno Ferreira

Bruna Cristiane Pontes de Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.6392114043

CAPÍTULO 4..... 28

AS FLORESTAS URBANAS E PERIURBANAS COMO ESTRATÉGIA DE ADAPTAÇÃO À MUDANÇA CLIMÁTICA

Verônica Boarini Sampaio de Rezende

Elaine Aparecida Rodrigues

Edgar Fernando de Luca

Luis Alberto Bucci

Leni Meire Pereira Ribeiro Lima

Kátia Mazzei

DOI 10.22533/at.ed.6392114044

CAPÍTULO 5..... 41

ESTOQUE DE SERAPILHEIRA E NUTRIENTES: INDICADORES DA RESTAURAÇÃO DE ECOSISTEMAS DEGRADADOS PELA MINERAÇÃO DE BAUXITA NA AMAZÔNIA

Julia Isabella de Matos Rodrigues

Walmer Bruno Rocha Martins

Victor Pereira de Oliveira
Gracialda Costa Ferreira
Victor Moreira Barbosa
Francisco de Assis Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.6392114045

CAPÍTULO 6..... 54

**A GESTÃO FLORESTAL SUSTENTÁVEL NA PREVENÇÃO DO RISCO DE INCÊNDIO:
SILVICULTURA E PASTOREIO NA REDUÇÃO DA BIOMASSA COMBUSTÍVEL**

Teresa de Jesus Fidalgo Fonseca
Filipa Conceição Silva Torres Manso
Cláudia Manuela da Silva Martins
Marina Meca Ferreira de Castro

DOI 10.22533/at.ed.6392114046

CAPÍTULO 7..... 72

**REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA ESTIMATIVA DO DIÂMETRO DE COPA DE
Calophyllum brasiliense Cambess**

Maria Cristina Bueno Coelho
Marcos Vinicius Cardoso Silva
Caroline Cardoso Gama
Bruno Aurélio Campos Aguiar
Maurílio Antonio Varavallo
Mathaus Messias Coimbra Limeira
Mauro Luiz Erpen
Marcos Vinicius Giongo Alves
Yandro Santa Brigida Ataíde
André Ferreira dos Santos
Augustus Caesar Franke Portella

DOI 10.22533/at.ed.6392114047

CAPÍTULO 8..... 87

**RELAÇÃO MORFOMÉTRICA E DE COMPETIÇÃO PARA O MANEJO DE *Calophyllum
brasiliense* Cambess**

Maria Cristina Bueno Coelho
Marcos Vinicius Cardoso Silva
Caroline Cardoso Gama
Bruno Aurélio Campos Aguiar
Maurílio Antonio Varavallo
Mathaus Messias Coimbra Limeira
Mauro Luiz Erpen
Yandro Santa Brigida Ataíde
Yasmin de Andrade Ramos
André Ferreira dos Santos
Augustus Caesar Franke Portella
Max Vinicius Reis de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.6392114048

CAPÍTULO 9.....	101
MODIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES DAS FIBRAS DE PSEUDOCAULE DE BANANEIRA E SISAL POR TRATAMENTO ALCALINO	
Elizeth Neves Cardoso Soares	
José Benedito Guimarães Junior	
DOI 10.22533/at.ed.6392114049	
CAPÍTULO 10.....	107
PRODUÇÃO DE PAINÉIS MDP COM DIFERENTES TIPOS DE PARTÍCULAS LIGNOCELULOSICAS	
Erick Chagas Mustefaga	
Fernando Rusch	
Éverton Hillig	
DOI 10.22533/at.ed.63921140410	
SOBRE A ORGANIZADORA.....	121
ÍNDICE REMISSIVO.....	122

CAPÍTULO 7

REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA ESTIMATIVA DO DIÂMETRO DE COPA DE *Calophyllum brasiliense* Cambess

Data de aceite: 01/04/2021

Maria Cristina Bueno Coelho

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO
<https://orcid.org/0000-0003-0409-0624>

Marcos Vinicius Cardoso Silva

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO
<https://orcid.org/0000-0003-4507-0961>

Caroline Cardoso Gama

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO
<https://orcid.org/0000-0002-3274-232X>

Bruno Aurélio Campos Aguiar

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO
<https://orcid.org/0000-0002-4897-9807>

Maurilio Antonio Varavallo

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO
<https://orcid.org/0000-0002-9113-296X>

Mathaus Messias Coimbra Limeira

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO
<https://orcid.org/0000-0002-3061-6004>

Mauro Luiz Erpen

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Tocantins
Gurupi – TO
<https://orcid.org/0000-0002-5144-6665>

Marcos Vinicius Giongo Alves

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO
<https://orcid.org/0000-0003-1613-6167>

Yandro Santa Brigida Ataíde

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO
<https://orcid.org/0000-0002-7593-353X>

André Ferreira dos Santos

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO
<https://orcid.org/0000-0003-0449-5111>

Augustus Caesar Franke Portella

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO
<https://orcid.org/0000-0001-5178-9257>

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de Redes Neurais Artificiais (RNA) para determinar o diâmetro de copa (DC) a partir do diâmetro à altura do peito (DAP), distribuição dos galhos (DG) e altura total (Ht) para espécie *Calophyllum brasiliense* Cambess. no município de Dueré, região sul do Estado de Tocantins, em área de floresta estacional decidual aluvial sob plano de manejo florestal. Para levantamento dos dados foi feito inventário florestal sistemático por faixas, onde foram medidas as variáveis, diâmetro à altura do peito (DAP \geq 10 cm), altura total (Ht) e distribuição dos galhos (DG), sendo estas utilizadas como variáveis de entrada no treinamento das RNAs. Também foi medido o DC para comparações com o DC estimado. Foram testadas diferentes quantidades de neurônios na

camada intermediária, variando de 1 a 10 e utilizado o algoritmo *resilient propagation* com taxa de treinamento de 80% e 20% de validação. Para avaliação das melhores RNAs foram utilizados os critérios estatísticos, quadrado médio dos resíduos (RQME %), coeficiente de correlação (r), viés, análise gráfica entre os dados observados e estimados e distribuição dos resíduos percentuais. De acordo com os resultados obtidos, pôde-se concluir que a estabilização dos resultados ocorreu a partir de quatro neurônios na camada oculta, e que a RNA 71 foi a que se melhor se ajustou ao conjunto de dados, sendo esta uma alternativa viável, possibilitando a otimização na seleção de árvores e consequentemente maior probabilidade de sucesso dos planos de manejo florestal.

PALAVRAS - CHAVE: espécies nativas; manejo florestal; distribuição dos galhos.

ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS TO ESTIMATE THE CUP DIAMETER OF *Calophyllum brasiliense* Cambess

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the efficiency of Artificial Neural Networks (ANNs) to determine the crown diameter (DC) from the diameter to breast height (DBH), branch distribution (DG) and total height (Ht) for species *Calophyllum brasiliense* Cambess. in the municipality of Dueré, in the southern region of the state of Tocantins, in an area of seasonal alluvial deciduous forest under a forest management plan. For data collection, a systematic forest inventory was carried out by bands, where the variables diameter at breast height ($DBH \geq 10$ cm), total height (Ht) and distribution of branches (DG) were measured, being used as input variables in the training of ANNs. DC was also measured for comparisons with estimated DC. Different amounts of neurons were tested in the intermediate layer, varying from 1 to 10 and the resilient propagation algorithm was used with a training rate of 80% and 20% validation. For the evaluation of the best RNAs, the mean square criteria of the residues (RQME%), correlation coefficient (r), bias and graphical analysis between the observed and estimated data and the distribution of the percentage residues were used. According to the results obtained, it was concluded that the stabilization of the results occurred from four neurons in the hidden layer, and that RNA 71 was the one that best fitted the data set, being a viable alternative, enabling the optimization in the selection of trees and consequently greater probability of success of forest management plans.

KEYWORDS: native species; Forest management; twig distribution.

1 | INTRODUÇÃO

A fonte de energia de uma árvore provém da radiação solar, que é transformada pelo processo da fotossíntese em energia química; dessa forma, pode-se considerar que a copa é o órgão da árvore que influencia na interceptação da energia fotossintética e, consequentemente, no crescimento da árvore (SANQUETTA et al., 2014).

Segundo Leite et al. (2012), as dimensões da copa interferem na realização dos processos fisiológicos e, muitas vezes, estas são usadas como indicadoras da capacidade de uma árvore de competir por recursos. Características, como o comprimento, o diâmetro e o volume da copa, servem como indicadores de respiração fotossintética e da capacidade

de transpiração e como componentes de índices de concorrência (LEITE et al., 2012). Portanto, pode-se inferir que essas variáveis estão diretamente relacionadas com o crescimento e a produção de biomassa (NUTTO et al., 2001). Interferindo de forma direta no manejo destes povoamentos.

Além disso, a relação entre essas variáveis pode descrever o desenvolvimento das espécies ao longo dos anos e a capacidade de regeneração das áreas. Através dos raios de copa das árvores é possível calcular o diâmetro de copa, mas a obtenção do mesmo é algo trabalhoso e que requer muito tempo, porém a partir dele se obtém diversas informações sobre as espécies florestais. Pode se ter conhecimento do espaço ocupado por cada árvore, estimativas de produtividade e estabilidade dos indivíduos e até mesmo o grau de concorrência da árvore (DURLO & DENARDI, 1998).

O manejo florestal passa por mudanças em seus aspectos de pesquisas e tomada de decisão, buscando melhores estimativas, testando assim novas ferramentas e metodologias, como o uso de redes neurais artificiais (RNAs) que tem sido cada vez mais frequente, tendo apresentado resultados satisfatórios (LIMA JÚNIOR et al., 2014; SILVA et al., 2019). A utilização dessas redes se torna viável pois auxiliam nas tomadas de decisões e na redução de custos nas áreas de mensuração florestal e manejo (BINOTI et al., 2014).

As RNAs são análogas às redes e neurônios presentes no cérebro humano. São conjuntos de unidades de processamento paralelo (camadas) composto por neurônios artificiais ligados entre si de uma maneira específica para realizar uma tarefa também específica. Possuem a capacidade de relacionar e modelar várias variáveis e suas relações não lineares, podendo elas serem quantitativas e/ou qualitativas (HAYKIN, 2001).

As mesmas não precisam atender aos pressupostos estatísticos exigidos pelos modelos de regressão, devido a isso elas são empregadas em substituição dos mesmos (NUNES & GORGENS, 2016). Essa técnica desenvolve modelos preditivos para analisar relações complexas entre as variáveis sem precisar fazer suposições dos dados como linearidade, normalidade e colinearidade (RECKNAGEL, 2001).

Vários são os estudos que comprovam a eficácia das RNAs nas pesquisas em Ciências Florestais, como Silva et al. (2018) e Binoti (2010) que modelaram o crescimento de árvores individuais; Leduc et al. (2001) e Binoti et al. (2014) que realizaram modelagem por classe diamétrica; Binoti et al. (2013) estimaram a variável dendrométrica altura; Reis et al. (2018) para prognosticar a sobrevivência e a mortalidade de árvores na Amazônia e Silva et al. (2019) que estimaram o volume de madeira em um plano de manejo florestal na Amazônia brasileira através da RNA.

A hipótese aqui testada é de que a distribuição dos galhos afeta de forma direta o diâmetro de copa, a altura total, o diâmetro à altura do peito e de que o uso das RNA para determinação dessa hipótese é uma ferramenta eficiente.

Em razão da copa das árvores estar diretamente relacionada com o crescimento e a produção, este estudo teve como objetivo determinar o diâmetro de copa para *Calophyllum*

brasiliense Cambess. com o uso de RNAs em área de plano de manejo florestal sustentável (PMFS) no município de Dueré, região sul do Estado de Tocantins como subsídio ao manejo florestal da espécie.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo, com aproximadamente 440 ha, pertencente a empresa POIANI & BIANCHI Ltda., está situada no município de Dueré-TO, sob nome fantasia Madeireira Rio Formoso, localizada a latitude de 11°8'26" S e longitude 49°22'0.03" W.

O clima da região segundo Köppen é do tipo AW, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A temperatura média ao longo do ano varia entre 22°C e 28°C, e a precipitação média anual varia entre 1.500 a 1.600 mm (KLIN & MACHADO, 2005).

Os dados foram obtidos em área de PMFS a partir do fracionamento em 18 faixas de aproximadamente 24 hectares cada. Os dados foram levantados a partir de inventário florestal sistemático por faixas. Onde foram medidas as variáveis DAP (diâmetro à altura do peito) medido em centímetros, Ht (altura total) medida em metros, DC (diâmetro de copa) medido em metros e distribuição dos galhos (DG). Para a obtenção do diâmetro de copa (DC) foram medidos dois diâmetros perpendiculares entre si, sendo o primeiro tomado no lado de maior largura da copa, metodologia também utilizada por Nutto et al. (2001), Weber (2007) e Orellana & Koehler (2008) que utilizaram 4 raios de copa. Essas medidas foram obtidas com a utilização de uma trena de 30 m, e seus limites definidos pela observação visual de cada extremidade. Para a distribuição dos galhos foi considerada a homogeneidade das folhas em quatro quadrantes (Weber, 2013). Também foi avaliado a quantidade de galhos com folhas e o percentual de folhas por galho. Para análise da qualidade da copa, verificou-se o perfil transversal da copa (Figura 1). O estabelecimento dos níveis das categorias de perfil transversal da copa foi descrito da seguinte maneira conforme Weber (2013): copa bem distribuída nos quatro quadrantes (1); copa distribuída em três quadrantes (2); copa distribuída apenas em dois ou um quadrante (3).

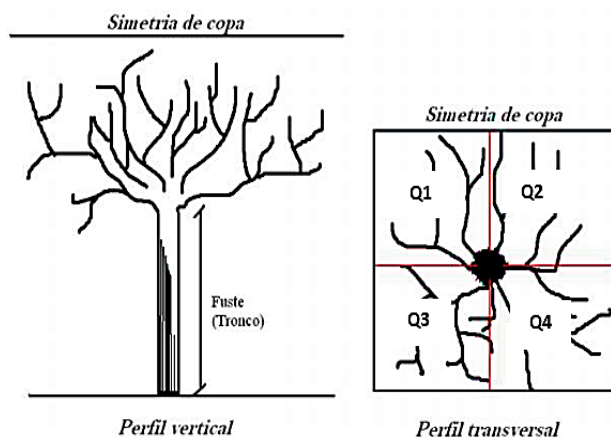


Figura 1: Representação dos quadrantes.

Fonte: Adaptado de Silva (2007)

2.1 Redes neurais artificiais (RNAs)

O modelo de rede neural Perceptron de Múltiplas Camadas (MLP) proposto neste trabalho baseou-se na relação entre os DAP (cm), Ht (m) e DG (quadrante) utilizados como variáveis de entrada e a rede prevê o DC (m), sendo testadas diferentes quantidades de camadas ocultas, variando de 1-10 afim de obter uma estabilização dos resultados (totalizando 200 redes treinadas), a MLP é composta de uma camada de entrada, uma ou mais camadas ocultas e uma camada de saída. O sinal de entrada propaga-se pela rede em direção à saída, camada por camada (HAYKIN, 2001). Como algoritmo de treinamento aplicou-se o “*resilient propagation*” utilizando a variação RPROP + (HEATON, 2011) com taxa de treinamento de 80% e validação de 20%. O treinamento das RNAs foi realizado visando estimar o DC (m) como variável de saída, utilizando como variáveis de entrada a DG, DAP (cm) e Ht (m). A rede neural MLP é composta de uma camada de entrada, uma ou mais camadas ocultas (Figura 2).

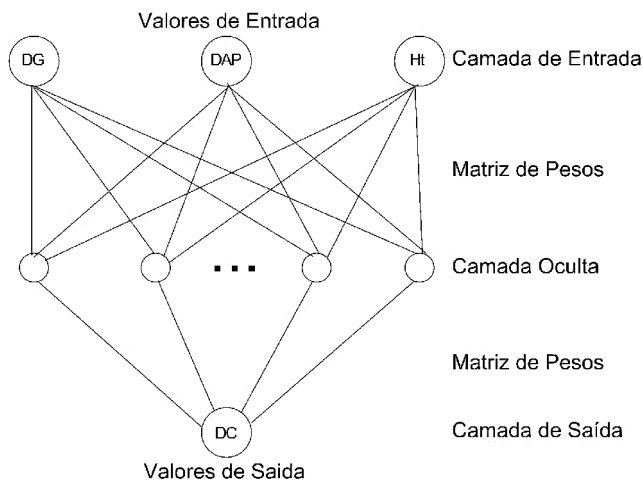


Figura 2: Arquitetura de rede utilizada para determinação de DC de *Calophyllum brasiliense* Cambess.

A princípio gerou-se o peso, aleatoriamente, de todas as redes neurais (HEATON, 2011). Com intuito de prevenir um número exagerado ou reduzido de ciclos, como critério de parada do algoritmo de treinamento, foi estabelecido um total de ciclos de 3000 ou erro quadrático médio inferior a 1% (CHEN et al., 2014), isto é conhecido como regra delta, que é quando o número máximo de épocas ou ciclos é atingido (SHIBLEE et al., 2010). Sendo assim, quando se atingiu um dos critérios acima, houve o encerramento do treinamento. Utilizou-se o programa Neuro4, versão 4.0.6 para obtenção das redes neurais.

As estimativas das RNA foram avaliadas com base nos coeficientes de correlação (equação 1) com os valores observados e a raiz quadrada do erro médio (RQME %; equação 2), bem como na análise gráfica dos resíduos (erros percentuais) e histograma de erros percentuais.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n [(y_i^a - \bar{y}^a)(y_i^e - \bar{y}^e)]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i^a - \bar{y}^a)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i^e - \bar{y}^e)^2}} \quad (1)$$

Onde: y_i^a = vetor das distribuições dos galhos reais, y_i^e = vetor dos diâmetros de copa estimados, \bar{y}^a = valor médio da distribuição dos galhos reais, \bar{y}^e = valor médio do diâmetro de copa estimado, n = número de medidas de diâmetros estimados a partir das medidas de entrada na rede.

$$RQME (\%) = 100 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}} / \bar{Y} \quad (2)$$

Em que: Y = Valor de Saída, \hat{Y} = saída estimada, \bar{Y} = media da saída observada, n = número de dados.

Foi realizada a distribuição de frequência agrupando os dados em intervalos de classes fixos (dez centímetros) para posterior elaboração dos histogramas, sendo a metodologia de fixar intervalos para classes de DAPs utilizada na área florestal, como exemplo podem ser citados os trabalhos desenvolvidos por Carvalho & Nascimento (2009) e Dias (2013).

Foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov a um nível de 5% de probabilidade para realizar a verificação da aderência das funções aos dados estudados. O teste foi utilizado para testar as hipóteses de H_0 e H_1 do teste bilateral, onde H_0 = não existe evidência de que as variâncias obtidas para o conjunto de dados são diferentes e H_1 = as variâncias obtidas para o conjunto de dados são diferentes. Os dados estatísticos foram calculados através do software Minitab 19.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O histograma do DAP em função da DG indica para o treino DG1 = 21,12 %; DG2 = 40,84% e DG3 = 38,02% e para a validação DG1 = 24,19%; DG2 = 43,54% E DG3= 32,25% (figura 3a; figura 3b) indicando que a maioria das copas das árvores estão distribuídas de 1 a três quadrantes. Foi feito o teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade de confiança para determinar se existe diferença entre os DAPs e DCs observados separados por classes de DGs. O resultado indica diferença entre os DAPs da distribuição de galhos das classes de DG3 e DG2 ($p = 0.006$), mas da DG2 com a DG1 ($p = 0.606$) e DG 1 com DG3 ($p = 0.296$) não existe diferença entre as médias diamétricas. Para a variável DC o teste indicou diferença entre todas as classes de DGs sendo DG1 com DG3 ($p < 0,001$), DG1 com DG2 ($p = 0,006$) e DG2 com DG3 ($p < 0,001$) indicando que a formação da copa afeta de forma direta do diâmetro da mesma.

Tanto para o treino (70,42%) quanto para a validação (69,35%) a distribuição dos galhos indicou normalidade pois 68% dos indivíduos estavam entre mais ou menos um desvio padrão (PIMENTEL-GOMES, 1998).

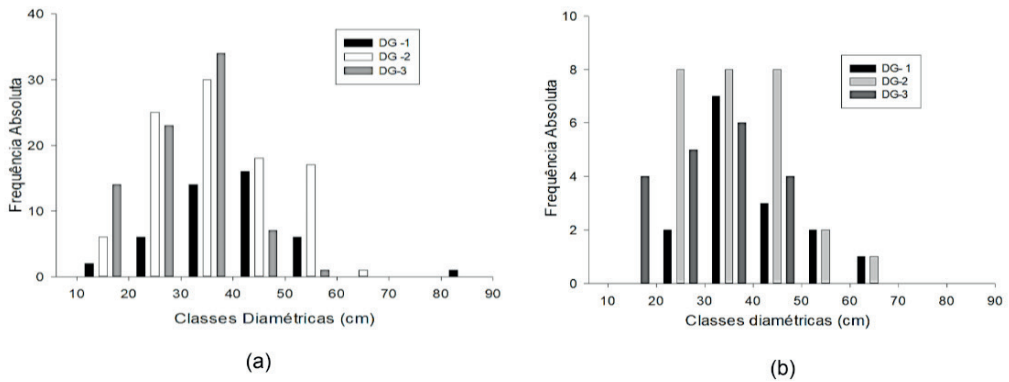


Figura 3: Distribuição dos galhos por classes diamétricas para treino (a) e validação (b)

Foram amostrados 275 indivíduos vivos, com DAP ≥ 10 cm. A densidade absoluta estimada foi de 2,5 indivíduos por hectare, área basal de 0,32 m². ha⁻¹, diâmetro médio individual de 38,33 \pm 11,18 cm e altura média de 19,19 \pm 3,47 m. A média e a mediana apresentam valores próximos entre si, isto indica que o ponto central desses valores analisados é similar à média aritmética dos DC, DG, DAP e da Ht, não ocorrendo divergência demasiada para as mesmas. Para as variáveis DC, DG e DAP mostraram um coeficiente de variação alto, valores na faixa de 20 a 40% valores estes que estão de acordo com os parâmetros propostos por Pimentel-Gomes (1998), provavelmente estes valores foram superiores devido ao fato de a área ter histórico de exploração, devido ao plano de manejo florestal na área. Já para variável Ht os valores foram considerados médios (tabela 1).

Quanto a assimetria das variáveis somente para DG a curva é assimétrica negativa, para as demais é assimétrica positiva, quando o valor médio é maior que a moda e a mediana e a maior frequência dos valores mensurados está nos menores valores da distribuição. Para a curtose, com exceção da DG e DC do treino que são leptocúrtica (a curva da função de distribuição mais afunilada com um pico mais alto do que a distribuição normal), os valores indicam uma curva platicúrtica, ou seja, então a função de distribuição é mais achatada do que a distribuição normal (tabela 1).

Parâmetros	Treino				Validação			
	DC (m)	DG	DAP (cm)	Ht (m)	DC (m)	DG	DAP (cm)	Ht (m)
Média	7.89	2.138	38.08	19.29	8.47	2.080	39.16	18.83
Erro padrão	0.21	0.045	0.77	0.23	0.39	0.095	1.41	0.48
Mediana	7.41	2	38.21	18.70	8.03	2	37.26	18.00
Modo	7.39	2	38.21	17.80	0.00	2	35.03	14.30
CV%	39.72	34.9	29.49	17.47	36.61	36.19	28.44	20.31
Desvio padrão	3.13	0.746	11.23	3.37	3.10	0.753	11.14	3.82
Variância	9.83	0.557	126.15	11.35	9.63	0.567	124.14	14.64
Curtose	1.80	-1.17	0.73	-0.56	-0.57	-1.19	-0.33	-0.05
Assimetria	0.92	-0.23	0.48	0.34	0.32	-0.13	0.01	0.31
Intervalo	20.46	2	70.38	17.10	13.38	2	50.31	19.60
Mínimo	1.05	1	13.37	11.20	2.32	1	15.28	8.90
Máximo	21.51	3	83.75	28.30	15.71	3	65.60	28.50
Soma	1681.3	588	8111.0	4108.8	525.7	129	2428.5	1167.9
Contagem	213	213	213	213	62	62	62	62

Tabela 1: Estatística descritiva das variáveis dendrométricas analisadas para treino e validação de *Calophyllum brasiliense* Cambess. dos dados observados

A Tabela 2 apresenta a estatística dos valores médios das configurações de rede que variam de 1 a 10, assim, na configuração 1 temos 1 neurônio na camada intermediária, na configuração 2 tem-se 2 neurônios e assim sucessivamente até atingirmos os 10 neurônios.

As configurações das RNAs para estimar o DC geraram para o conjunto de treinamento valores de coeficiente de correlação que variam de 0,59 a 0,76; RQME de 25,51 a 31,60% e Viés de -0,011 a 0,008. No conjunto de dados de validação das redes para verificar a capacidade de generalização, os valores da correlação variaram de 0,72 a 0,8; RQME% de 23,36% a 26,08% com média de 25,49 % (indicando que os diâmetros de copa preditos pela MLP e pela RNA estão bastante próximos dos diâmetros reais medidos nas árvores) e viés de -0,393 a -0,506. Praticamente, todos esses coeficientes estão no intervalo de 0,59 a 0,76. Assim, existe uma correlação linear moderadamente positiva entre os diâmetros reais medidos e os preditos pela MLP e pela RNA.

Quantidade de neurônios	Treino			Validação		
	r	RQME%	Viés	r	RQME%	Viés
1	0,59	31,60	0	0,72	26,08	-0,447
2	0,67	28,93	-0,001	0,76	24,35	-0,371
3	0,72	27,28	0,011	0,78	23,86	-0,393
4	0,74	26,40	0,006	0,80	23,36	-0,444
5	0,74	26,14	0,008	0,79	23,73	-0,468
6	0,75	25,76	0,008	0,79	23,73	-0,474
7	0,76	25,63	0,005	0,78	24,10	-0,499
8	0,76	25,51	0,009	0,78	24,10	-0,491
9	0,76	25,38	0,008	0,78	24,10	-0,506
10	0,76	25,51	0,010	0,70	24,23	-0,488

r: Coeficiente de Correlação; RQME: Quadrado médio dos resíduos (%).

Tabela 2: Erros de predição do diâmetro de copa e correlação para o conjunto de treinamento e validação das MLP para DC de *Calophyllum brasiliense* Cambess.

O valor mais alto de r se encontra com quatro neurônios na camada intermediária, sendo que a partir desse momento começa a decrescer (figura 4 a). Os valores mais baixos de RQME% foram observados com quatro e seis camadas ocultas e apresentou uma estabilização a partir de sete camadas ocultas. Conforme aumentava a quantidade de camadas o valor de RQME% ia diminuindo, até que atingiu a estabilização (Figura 4 b). Os valores do Viés foram baixos e menores que 0. Se mantendo no 0 para treinamento e abaixo na validação (Figura 4 c).

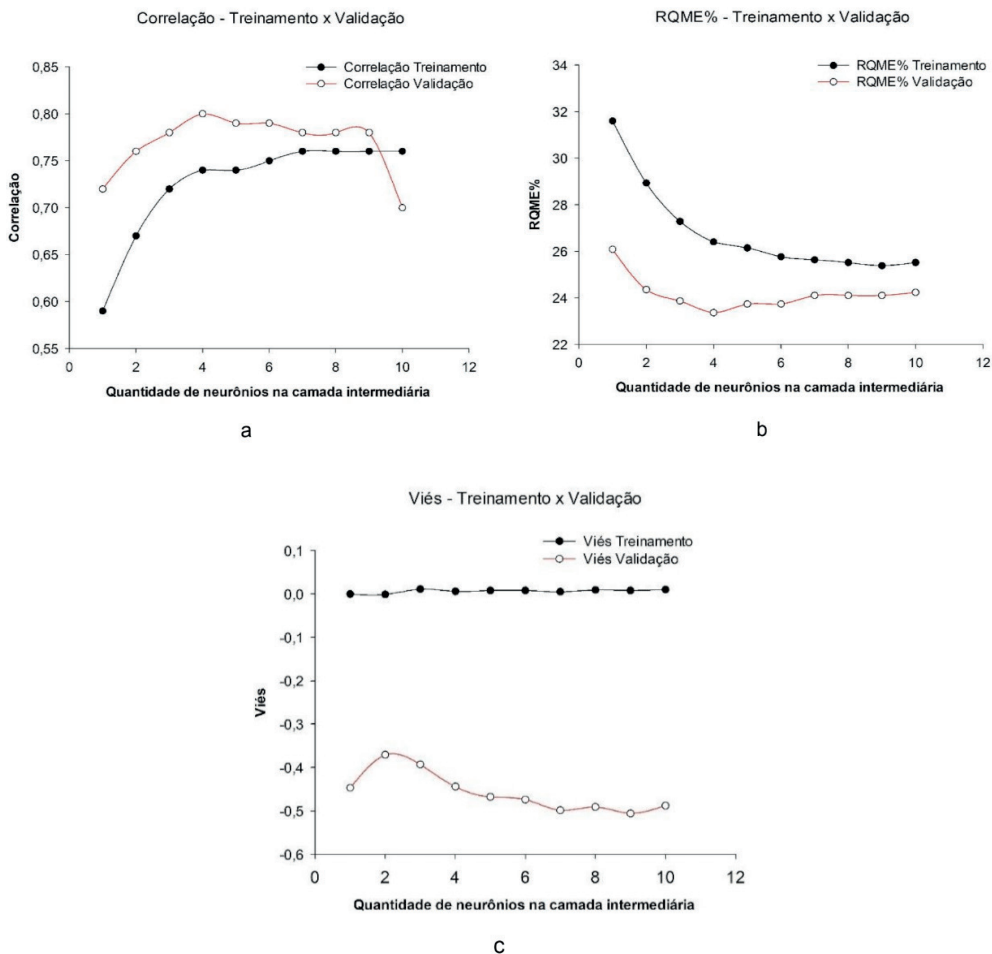


Figura 4: (a) Tendência das estatísticas RQME; (b) correlação; (c) viés; para o conjunto de treinamento e validação em função do número de neurônios na camada intermediária para estimar DC de *Calophyllum brasiliense* Cambess.

Para determinar a estrutura da MLP que mais se adequava à predição de diâmetro das árvores foram feitos vários testes, sendo que a estrutura utilizada possui uma camada de entrada com três variáveis, que representam três medidas de diâmetros, uma camada oculta com $n = 10$ neurônios e uma camada de saída com um neurônio, que resulta em um valor de diâmetro de copa estimado, para escolher o número de neurônios da camada oculta, no início, foi adotada a quantidade de 1 neurônios nessa camada, então esse valor foi incrementado a cada teste até que não ocorresse melhora significativa nos valores da raiz quadrada do erro médio quadrático e da correlação. A estabilização desses valores foi atingida com 4 neurônios na camada oculta (Tabela 3).

Quantidade de neurônios	RNA 71	RQME %	Correlação
1	9	23,41	0,79
2	23	23,54	0,79
3	54	22,79	0,81
4	71	22,67	0,82
5	81	22,91	0,81
6	109	22,79	0,81
7	121	25,16	0,75
8	153	22,79	0,81
9	165	23,16	0,81
10	196	23,91	0,80

RQME = Raiz quadrática média do erro (%).

Tabela 3: Estatística descritiva das melhores redes das diferentes quantidades de camadas para *Calophyllum brasiliense* Cambess.

Como a RNA 71 foi a que melhor se ajustou ao conjunto de dados a partir das melhores estatísticas, foi analisado o treinamento e validação com análise gráfica baseada no número de neurônios na camada intermediária (Figura 5). Sendo assim, os gráficos foram gerados com a RNA com 4 neurônios na camada intermediária para estimar DC. Observando os gráficos dos valores observados e estimados nota-se que eles apresentaram um comportamento linear crescente nos conjuntos de treinamento e validação. Já os gráficos de dispersão dos resíduos mostraram que não há tendenciosidade aparente para os conjuntos de treino e validação na estimativa do DC.

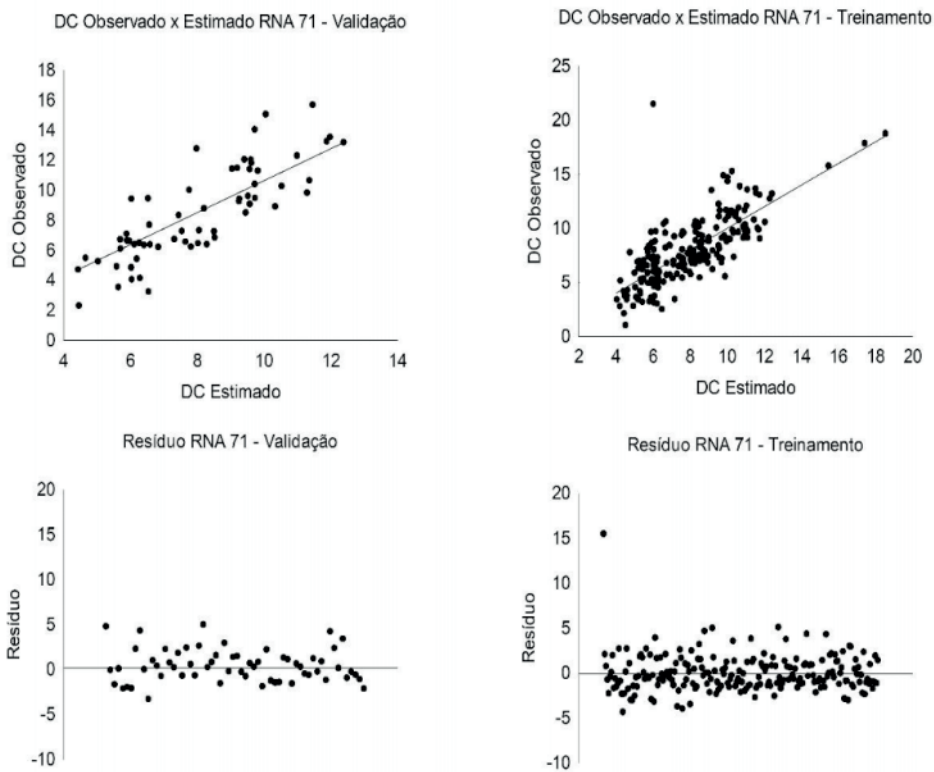


Figura 5: Diâmetro de copa observado/estimado e distribuição gráfica dos resíduos para o conjunto de treinamento e validação *Calophyllum brasiliense* Cambess., no PMFS da Madeireira Rio Formoso (TO).

A normalidade dos resíduos foi comprovada pelo teste Kolmogorov-Smirnov, para a RNA 71 considerando $\alpha = 0,01$ e $n = 275$ o valor de 0,073 de probabilidade sendo $p = < 0,01$ e a não rejeitamos a hipótese nula e concluímos que não existem evidência de que as variâncias obtidas para o conjunto de dados, são diferentes, ao nível de significância de 1%. Infere-se assim, que não houve diferença significativa entre os DC reais e os DC estimados e, portanto, confirmou-se que a RNA 71 pode ser utilizada para determinação do DC do povoamento estudado.

Os DC observados foram divididos pelas classes de DG desta forma pode-se observar na Tabela 4 que nas classes 1 onde a quantidade de árvores é muito pequena, o maior valor de RQME% é menor do que 8%. E que nas classes 2 e 3, onde a quantidade de árvores é bem maior, o maior valor de RQME% está entre 7 e 14%. Embora os valores sejam grandes, a média dos RQME% (erros) das classes ficou em torno de 4%, mostrando que os diâmetros estimados pela RNA 71 estão bastante próximos dos DC reais medidos nas árvores. Quanto a correlação linear entre os diâmetros estimados e a DC observada obteve valor de 0,670 a 0,714. Assim, existe uma correlação linear positiva entre os

diâmetros reais medidos e os estimados pela RNA 71.

DG	N	RQME%				
		Min.	Máx.	Média	Desvio Padrão	Correlação
1	61	0,23	7,82	3,95	1,48	0,710
2	116	0,08	7,88	3,84	1,65	0,714
3	97	0,554	13,71	3,80	1,84	0,670

Tabela 4: Erros estimados para determinação do DC por classe de distribuição dos galhos e coeficiente de correlação

A ANOVA realizada para o conjunto DC observado e DC estimado pela RNA 71 indica que de acordo com o valor $F_{\text{calculado}} = 3,85$ é menor que $F_{\text{tabelado}} = 3,88$ concluindo que os DC estimados são significativamente iguais aos estimados pela RNA 71 sendo aceita a hipótese de nulidade (H_0) o que indica que não houve diferença significativa entre os dados observados e dados estimados.

4 | CONCLUSÃO

A formação da copa (DG) afeta de forma direta o crescimento do DC, DAP e a Ht, sendo que a relação entre o diâmetro de copa estimado e as variáveis DAP, Ht e DG seguem uma tendência linear positiva, mesmo existindo leve inconstância devido a fatores externos.

O parâmetro diâmetro da copa de *Calophyllum brasilienses* Cambess quando estimado em razão do DAP, Ht e DG pela RNA apresentaram alto coeficiente de correlação, baixo coeficiente de variação (24,38%) e baixo erro médio sendo o uso desta ferramenta preciso e eficiente para estimativa desta variável a partir do DAP, Ht e DG.

REFERÊNCIAS

BINOTI, D. H. B.; BINOTI, M. L. M. S.; LEITE, H. G. Configurações de redes neurais artificiais para estimação do volume de árvores. **Ciência da Madeira**, Pelotas/RS, v. 05, n. 01, 2014.

BINOTI, D. H. B.; SILVA BINOTI, M. L. M.; LEITE, H. G.; SILVA, A. A. L.; ALBUQUERQUE, A. C. Modelagem da distribuição de diâmetros utilizando autômatos celulares e redes neurais artificiais. **Cerne**, v. 19, n. 4, p. 677-685, 2013.

BINOTI, M. L. M. S. **Redes neurais artificiais para prognose da produção de povoamentos não desbastados de eucalipto**. 2010. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BINOTI, M. L. M. S.; BINOTI, D. H. B.; LEITE, H. G.; GARCIA, S. L. R.; FERREIRA, M. Z.; RODE, R.; SILVA, A. A. L. Redes neurais artificiais para estimação do volume de árvores. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 283-288, 2014.

- CARVALHO, F. A.; NASCIMENTO, M. T. Estrutura diamétrica da comunidade e das principais populações arbóreas de um remanescente de Floresta Atlântica Submontana (Silva Jardim - RJ, Brasil). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 327-337, 2009.
- CHEN, W.-C.; TSENG, L.-Y.; WU, C.-S. A unified evolutionary training scheme for single and ensemble of feedforward neural network. **Neurocomputing**, v.143, n.1, p.347-361, 2014.
- DIAS, M.P.C.B. **Estimativa do volume comercial de madeira utilizando medidas de cepa em plantios de eucalipto**. 2013. 44p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2013.
- DURLO, M.A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 55-66, nov.1998.
- HAYKIN, S. **Redes neurais: princípios e prática**. Porto Alegre, 2001. 900 p.
- HEATON, J. **Programming neural networks with Encog3 in Java**. 2.ed. Chesterfield: Heaton Research, 2011. 240p.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian cerrado. **Conservation biology**, v. 19, n. 3, p. 707-713, 2005.
- LEDUC, D. J.; MATNEY, T. G.; BELLI, K. L.; BALDWIN, V. C. Predicting diameter distributions of longleaf pine plantations. Asheville: U.S. Department of Agriculture, **Forest Service**, Southern Research Station, 2001. 24 p.
- LEITE, L. P., ZUBIZARRETA-GERENDIAIN, A., ROBINSON, A. Modeling mensurational relationships of plantation - growth loblolly pine (*Pinus taeda* L.) in Uruguay. **Forest Ecology and Management**; 289:455-462; 2012.
- LIMA JÚNIOR, C.; ACCIOLY, L.J. de O.; GIONGO, V.; LIMA, R.L.F de A.; SAMPAIO, E.V. de S.B.; MENEZES, R.S.C. Estimativa de Biomassa lenhosa da caatinga com uso de equações alométricas e índice de vegetação. **Scientia Forestalis**, v.42, p.289-298, 2014.
- NUNES, M. H.; GÖRGENS, E. B. Artificial intelligence procedures for tree taper estimation within a complex vegetation mosaic in Brazil. **PLoS ONE**, v. 11, n. 5, p. e0154738, 2016.
- NUTTO, L., TONINI, H., BORSOI, G. A., MOSCOVICH, F. A., SPATHELF, P. Utilização dos parâmetros da copa para avaliar o espaço vital em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. **Colombo: Embrapa**; 2001.
- ORELLANA, E.; KOEHLER, A. B. Relações morfométricas de *Ocotea odorífera* (Vell.) Rhower. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias Ambientais**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 229-237; 2008.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 12. ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 1998. 467p.
- RECKNAGEL, F. Applications of machine learning to ecological modelling. **Ecological Modelling**, v. 146, n. 1-3, p. 303-310, 2001.

REIS, L. P., SOUZA, A. L., REIS, P. C. M. R., MAZZEI, L., BINOTI, D. H. B., LEITE, H. G. Prognose da distribuição diamétrica na Amazônia utilizando redes neurais artificiais e autômatos celulares. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 48, n. 1, p. 93-102, 2018.

SANQUETTA, C. R., BEHLING, A., CORTE, A. P. D., CADORI, G. C., JUNIOR, S. C., MACEDO, J. H. P. Eficiência de conversão da radiação fotossintética interceptada em Fitomassa de mudas de *Eucalyptus dunii* Maiden em função da densidade de plantas e do ambiente de cultivo. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 104, p. 573-580, 2014.

SHIBLEE, M.D.; CHANDRA, B.; KALRA, P.K. Learning of geometric mean neuron model using resilient propagation algorithm. **Expert Systems with Applications**, v.37, n.1, p.7449-7455, 2010.

SILVA, J. P. M.; CABACINHA, C. D.; ASSIS, A. L.; MONTEIRO, T. C.; ARAÚJO JÚNIOR, C. A.; MAIA, R. D. Redes neurais artificiais para estimar a densidade básica de madeiras do cerrado. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 38, 2018. DOI: 10.4336/2018.pfb.38e201801656.

SILVA, M.V.C.; RAMOS, Y.A.; LIMEIRA, M.M.C.; COELHO, M.C.B.; SANTOS, A.F.; Giongo, M., & ERPEN, M.L. Uso de redes neurais artificiais e modelos de regressão para estimar volume de espécies nativas em Portel, Pará - Brasil. **Revista Forestal Mesoamericana Kurú**, 17(40). 2019.

WEBER, S. K. **Manejo da Bracatinga (*Mimosa seabrella*Benth.) baseado no crescimento diamétrico de árvores individuais**. 2007. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

WEBER, S. K. **Relação morfométrica e de competição no crescimento de *Ocotea Porosa* (Nees et Martius ex Nees) Liberato Barroso na região central de Santa Catarina**. 2013. 102 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Altura 2, 3, 4, 5, 31, 32, 44, 56, 61, 62, 72, 74, 75, 79, 87, 88, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 100

Arborização Urbana 1, 2, 8

Áreas verdes 28, 30, 37

B

Biomassa Aérea 32, 62

Biometria Florestal 88, 99

Biopromotores 5, 6, 1, 2, 7

C

Ciclagem de nutrientes 41, 42, 48, 50, 52

Competição 7, 7, 63, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100

Crescimento 5, 6, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 19, 20, 25, 27, 28, 30, 33, 35, 36, 38, 49, 63, 73, 74, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 95, 96, 97, 98, 100, 107

Cultivo in vitro 6, 16, 18, 19, 22, 25, 26

D

Dendrometria 70

Desenvolvimento inicial 20, 23

Diâmetro a altura do peito 91, 92

Diâmetro de copa 7, 72, 74, 75, 77, 80, 82, 83, 84, 89, 90, 91, 94, 95, 97

F

Fibras Vegetais 101, 106, 119

Fibrocimento 102

Floresta Estacional 52, 72, 87, 90, 92, 93

Floresta Nativa 19, 88

Fogo 54, 56, 57, 58, 64, 65, 66, 67, 68, 69

G

Germinação 6, 2, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27

I

Incêndios Florestais 54, 55, 56

Incêndios Rurais 54, 55, 67

Inoculação de Microrganismos 4, 5

M

Manejo florestal 5, 19, 72, 73, 74, 75, 79, 88, 89, 90, 100

Micropropagação 16, 17, 18, 23, 25, 26, 27

Mineração 41, 42, 43, 44, 46, 47, 50, 51, 52, 53

MINERAÇÃO 6, 41

Mudança Climática 5, 6, 28, 30, 33, 37, 38

Mudas 5, 6, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 18, 22, 23, 30, 34, 35, 41, 42, 43, 44, 86

P

Painéis MDP 8, 107

Pastoreio 7, 54, 56, 57, 58, 60, 61, 69

Plantio 3, 30, 41, 42, 43, 44, 96, 100

Plântulas 4, 11, 13, 16, 21, 23, 24

Povoamento 35, 54, 56, 58, 61, 63, 64, 68, 83, 93, 95, 96, 100

Povoamentos Florestais 66, 68

Produção de mudas 1, 2, 3, 7, 8, 18

Propriedades físicas 48, 105, 107, 109, 111, 112, 116, 117, 119, 120

Propriedades mecânicas 108, 113, 114, 116, 118, 120

R

Recuperação de áreas degradadas 39

Restauração Florestal 5, 3, 41, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 52

S

Serapilheira 6, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53

Serviços Ecosistêmicos 5, 28, 30, 32, 33, 35, 38, 39, 40, 48

Solo 8, 31, 33, 35, 41, 42, 43, 47, 48, 49, 50, 55, 57, 58, 61, 65, 66, 89, 109

T

Técnicas Silvícolas 54

Tratamento Químico 56, 102, 103

V

Velocidade de Emergência 11, 13

Empreendedorismo e Inovação na Engenharia Florestal 3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Empreendedorismo e Inovação na Engenharia Florestal 3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 