



Conceitos e Conhecimentos de Métodos e Técnicas de Pesquisa Científica em Engenharia Florestal

**Cristina Aledi Felsemburgh
(Organizadora)**

Atena
Editora
Ano 2021



Conceitos e Conhecimentos de Métodos e Técnicas de Pesquisa Científica em Engenharia Florestal

**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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª 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
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale 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
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª 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
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
Profª Drª 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
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
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

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/Secconal 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. Alexsandro 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 Andreza 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
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª 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
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª 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
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª 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
Profª 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
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª 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

Conceitos e conhecimentos de métodos e técnicas de pesquisa científica em engenharia florestal

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremona
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Cristina Aledi Felsemburgh

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C744 Conceitos e conhecimentos de métodos e técnicas de pesquisa científica em engenharia florestal / 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 978-65-5706-727-7
DOI 10.22533/at.ed.277211301

1. Engenharia Florestal. 2. Conceitos. 3. Conhecimentos. 4. Pesquisa. 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 contentamento que apresentamos o e-book “Conceitos e Conhecimentos de Métodos e Técnicas de Pesquisa Científica em Engenharia Florestal” que foi elaborado para a divulgação de resultados e avanços relacionados às Ciências Florestais. O e-book está disposto em 1 volume subdividido em 17 capítulos. Os capítulos estão organizados de acordo com a abordagem por assuntos relacionados nas diversas áreas da Engenharia Florestal. Em uma primeira parte, os capítulos estão de forma a atender a área de silvicultura voltada para as técnicas silviculturais para produção, tecnologias para produção de sementes e mudas, melhoramento florestal e proteção florestal. Em uma segunda parte, os trabalhos estão estruturados de forma a abordar a área de ecologia e dinâmica florestal. Em uma terceira parte, os trabalhos estão voltados para a tecnologia de produtos florestais mais especificamente relacionados às propriedades físicas, químicas e mecânicas da madeira. Em uma quarta parte, com um trabalho sobre gestão ambiental, abordando a importância dos recursos hídricos. E finalizando, a quinta parte com um trabalho sobre sensoriamento remoto. Desta forma, o e-book “Conceitos e Conhecimentos de Métodos e Técnicas de Pesquisa Científica em Engenharia Florestal” apresenta resultados relevantes realizados por diversos professores e acadêmicos que serão apresentados neste de forma didática. Agradecemos o empenho e dedicação de todos os autores das diferentes instituições de ensino, pesquisa e extensão, 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

DESEMPENHO SILVICULTURAL DO HÍBRIDO DE *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis*, SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO NA CHAPADA DO ARARIPE, ARARIPINA-PE

Marcos Antônio Drumond
Visêldo Ribeiro de Oliveira
José Gomes Chaves
Jorge Ribaski
Diogo Denardi Porto

DOI 10.22533/at.ed.2772113011

CAPÍTULO 2..... 7

EFEITOS DE DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO SOB O DESEMPENHO SILVICULTURAL DO HÍBRIDO DE *Eucalyptus brassiana* x *E. urophylla*, NA CHAPADA DO ARARIPE, ARARIPINA-PE

Marcos Antônio Drumond
Visêldo Ribeiro de Oliveira
José Alves Tavares
João Tavares Calixto Júnior
Jorge Ribaski

DOI 10.22533/at.ed.2772113012

CAPÍTULO 3..... 14

GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Moringa oleifera* Lam. TRATADAS COM NITRATO DE POTÁSSIO E SUBMETIDAS AO ESTRESSE POR ALUMÍNIO

Thiago Pereira de Paiva Silva
Josefa Patricia Balduino Nicolau
Francisca Adriana Ferreira de Andrade
Francisco Eudes da Silva
Jackson Araújo Silva
André Dantas de Medeiros
Kelem Cristiany Nunes Silva
Marcio Dias Pereira

DOI 10.22533/at.ed.2772113013

CAPÍTULO 4..... 20

BIOMETRIA DIGITAL E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Leucaena leucocephala* WIT. EM FUNÇÃO DA SUA POSIÇÃO NO FRUTO

Thiago Pereira de Paiva Silva
Amanda Karoliny Fernandes Ramos
Jackson Araújo Silva
Josefa Patricia Balduino Nicolau
André Dantas de Medeiros
Kelem Cristiany Nunes Silva
Francisco Eudes da Silva
Marcio Dias Pereira

DOI 10.22533/at.ed.2772113014

CAPÍTULO 5.....26

ESTRUTURA FAMILIAR E ESTIMATIVAS DE BLUPS EM ESPÉCIES COM O SISTEMA MISTO DE REPRODUÇÃO

Evandro Vagner Tambarussi
Lucas Mateus Domingues da Silva
Osmarino Pires dos Santos
Dandara Yasmim Bonfim de Oliveira Silva
Lucas Fernandes Rocha
Fabiana Schmidt Bandeira Peres

DOI 10.22533/at.ed.2772113015

CAPÍTULO 6.....51

CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA DE DOENÇAS BACTERIANAS EM VIVEIROS E PLANTIOS DE *EUCALYPTUS* SPP

Daniella Flávia Said Heid Schettini Silva
Helena Piedade Farsoni
Sharlles Christian Moreira Dias
Luciano Flávio Neves Ramos
Celso Luis Marino
Edson Luiz Furtado

DOI 10.22533/at.ed.2772113016

CAPÍTULO 7.....63

ANALYSIS OF CHLOROPLASTIDIAL SEQUENCES OF COLD-TOLERANT *Eucalyptus* AND *Corymbia* SPECIES

Marcos Rafael Amâncio
Evandro Vagner Tambarussi
Lucas Fernandes Rocha
Alexandre Techy de Almeida Garrett
Daniel Barletta Sulis
Andrea Nogueira Dias
Leandro de Siqueira

DOI 10.22533/at.ed.2772113017

CAPÍTULO 8.....75

REGENERAÇÃO NATURAL EM ÁREAS DE CAATINGA EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE CONSERVAÇÃO

Natalie da Mota Soares
Robério Anastácio Ferreira
Janisson Batista de Jesus
Higor dos Santos Vieira
Diogo Gallo de Oliveira
Ana Cecília da Cruz Silva
Fernando Luis Hillebrand
Cristiano Niederauer da Rosa

DOI 10.22533/at.ed.2772113018

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 9..... | 94 |
| CRECIMIENTO Y MORTALIDAD DE PLÁNTULAS DE CASTAÑA (<i>Bertholletia excelsa</i> Humb. & Bonpl.) EN CLAROS Y SOTOBOSQUE EN LA AMAZONIA PERUANA | |
| Jorge Garate-Quispe | |
| Mishari Garcia Roca | |
| Liset Rodriguez-Achata | |
| Rembrandt Canahuire Robles | |
| Gabriel Alarcón Aguirre | |
| DOI 10.22533/at.ed.2772113019 | |
| CAPÍTULO 10..... | 106 |
| INFILTRATION CAPACITY MODELLING UNDER FORESTS IN THE BASIN OF THE SAN CRISTOBAL RIVER, BOGOTÁ | |
| Carlos Francisco García Olmos | |
| Diana Constanza García Rincón | |
| DOI 10.22533/at.ed.27721130110 | |
| CAPÍTULO 11..... | 120 |
| MÉTODO BOTANAL APLICADO A QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA NA SERAPILHEIRA EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA | |
| Luciano Farinha Watzlawick | |
| Maria Fernanda Subtil Gallo | |
| Matheus Rech | |
| Talyta Mytsuy Zanardini Galeski Sens | |
| Richeliel Albert Rodrigues Silva | |
| Joelmir Augustinho Mazon | |
| DOI 10.22533/at.ed.27721130111 | |
| CAPÍTULO 12..... | 132 |
| ANÁLISE E QUANTIFICAÇÃO DA NECROMASSA EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA | |
| Luciano Farinha Watzlawick | |
| Angélica Lorini | |
| Talyta Mytsuy Zanardini Galeski Sens | |
| Jaqueline Aparecida Schran | |
| DOI 10.22533/at.ed.27721130112 | |
| CAPÍTULO 13..... | 142 |
| O DESMATAMENTO DA FLORESTA AMAZÔNICA E A FRAGMENTAÇÃO DE HABITATS NATURAIS: COMO A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL IMPULSIONA O SURGIMENTO DE ZOONOSES | |
| Beatriz John Kettermann | |
| Karina Wegermann | |
| DOI 10.22533/at.ed.27721130113 | |
| CAPÍTULO 14..... | 149 |
| PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE ESPÉCIES COMERCIALIZADAS NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS – PA | |
| Mateus Souza da Silva | |

Genilson Maia Corrêa
Julita Maria Heinen do Nascimento
Jones de Castro Soares
Maria Eloisa da Silva Miranda
Layane Jesus dos Santos
Rick Vasconcelos Gama
Anne Caroline Malta da Costa
Gesivaldo Ribeiro Silva
João Rodrigo Coimbra Nobre

DOI 10.22533/at.ed.27721130114

CAPÍTULO 15..... 156

SOLUBILIDADE DA MADEIRA DE TECa EM ÁGUA

Zaira Morais dos Santos Hurtado de Mendoza
Pedro Hurtado de Mendoza Borges
Pedro Hurtado de Mendoza Morais

DOI 10.22533/at.ed.27721130115

CAPÍTULO 16..... 162

COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA: UM ESTUDO DE CASO NA BACIA DO RIO MANHUAÇU, MG

Rodolfo Alves Barbosa
Aline Gonçalves Spletozer
Lucas Jesus da Silveira
Sergio Guedes Barbosa
Herly Carlos Teixeira Dias

DOI 10.22533/at.ed.27721130116

CAPÍTULO 17..... 181

APPLICATION OF R LANGUAGE IN THE ANALYSIS OF FOREST FRAGMENTATION USING SPATIAL DATA

Juliana Marchesan
Rudiney Soares Pereira
Elisiane Alba
Letícia Daiane Pedrali
Luciane Marchesan
Mateus Sabadi Schuh
Roberta Aparecida Fantinel

DOI 10.22533/at.ed.27721130117

SOBRE A ORGANIZADORA..... 193

ÍNDICE REMISSIVO..... 194

APPLICATION OF R LANGUAGE IN THE ANALYSIS OF FOREST FRAGMENTATION USING SPATIAL DATA

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 08/12/2020

Juliana Marchesan

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria – RS
<https://orcid.org/0000-0002-2167-5862>

Rudiney Soares Pereira

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria – RS
<https://orcid.org/0000-0002-9846-4879>

Elisiane Alba

Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Unidade de Serra Talhada
Serra Talhada – PE
<https://orcid.org/0000-0001-6210-4559>

Letícia Daiane Pedrali

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria – RS
<https://orcid.org/0000-0002-5406-1525>

Luciane Marchesan

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria – RS
<https://orcid.org/0000-0001-5655-5599>

Mateus Sabadi Schuh

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria – RS
<https://orcid.org/0000-0003-4996-0902>

Roberta Aparecida Fantinel

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria – RS
<https://orcid.org/0000-0002-1827-7943>

ABSTRACT: The ecology of the landscape evaluates the spatial structure of the landscape helping to maintain biodiversity, since it is possible to define techniques for the recovery and conservation of forest fragments. The analysis of landscape structure through landscape metrics allows to know the function of fragments and their possible responses to changes caused by vegetation suppression. Remote sensing techniques have been used in landscape ecology studies, since they have the capacity to characterize spatially and temporally the configuration and composition of land use and land cover types. In this context, the objective of this study was to develop an R language package for the calculation of landscape ecology metrics to analyze forest fragmentation by means of remote sensors images. In addition, analyzing forest fragmentation in the hydrographic microbasin of Arroio Grande located in the central region of the Rio Grande do Sul state, in the Atlantic Forest biome. The package, called LandscapeMetrics, being easy to use, allowing the calculation of several landscape ecology metrics, making it possible to analyze landscape composition spatially, according to users' needs. For the case study, the supervised classification was performed using the MLE (Maximum Likelihood) algorithm using Landsat 5 and 8 images. The results allowed us to infer that there was an increase in the area covered with native forest, going from 2,676.15 ha in 2010 to 3,505.86 ha in 2019, with a decrease in the number of fragments. Thus, it was concluded that the package addresses the need for computational routines that aim at the calculation of metrics using open source,

collaborating with the development of methods to obtain these variables using R, since it has shown promise in the area of remote sensing by performing the manipulation of spatial data.

KEYWORDS: Landscape ecology, Atlantic Forest, Remote Sensing, Territorial Management.

RESUMO: A ecologia da paisagem avalia a estrutura espacial da paisagem auxiliando na manutenção da biodiversidade, uma vez que é possível definir técnicas de recuperação e conservação de fragmentos florestais. A análise da estrutura da paisagem por meio de métricas permite conhecer a função dos fragmentos e suas possíveis respostas às mudanças causadas pela supressão da vegetação. Técnicas de sensoriamento remoto têm sido utilizadas em estudos de ecologia da paisagem, uma vez que têm a capacidade de caracterizar espacial e temporalmente a configuração e composição dos tipos de uso e cobertura da terra. Nesse contexto, o objetivo do estudo foi desenvolver um pacote em linguagem R para o cálculo de métricas de ecologia da paisagem para analisar a fragmentação florestal por meio de imagens de sensores remotos. Além disso, analisar a fragmentação florestal na microbacia hidrográfica do Arroio Grande localizada na região central do estado do Rio Grande do Sul, no bioma Mata Atlântica. O pacote, denominado *LandscapeMetrics*, é de fácil utilização, permitindo o cálculo de diversas métricas da ecologia da paisagem, possibilitando a análise espacial da composição da paisagem, de acordo com as necessidades dos usuários. Para o estudo de caso realizou-se a classificação supervisionada por meio do algoritmo *MaxVer* (Máxima Verossimilhança) a partir de imagens Landsat 5 e 8. Os resultados permitiram inferir que houve aumento da área coberta com floresta nativa passando de 2.676,15 ha em 2010 para 3.505,86 ha em 2019 havendo a diminuição do número de fragmentos. Desse modo, concluiu-se que o pacote vem a suprir a necessidade de rotinas computacionais que visem o cálculo de métricas de ecologia utilizando código aberto, colaborando com o desenvolvimento de métodos de obtenção destas variáveis utilizando o R, uma vez que se mostrou promissor na área do sensoriamento remoto realizando a manipulação de dados espaciais.

PALAVRAS-CHAVE: Ecologia da paisagem, Mata Atlântica, Sensoriamento Remoto, Gestão Territorial.

1 | INTRODUCTION

Landscape ecology has a great relevance for understanding the patterns and dynamics of biological diversity, providing conceptual and analytical bases for the study and management of biodiversity at various scales (HONRADO et al., 2012). Thus, it is understood as the study of the structure, in other words, the spatial relation between ecosystems, of the function, which refers to the interaction between the spatial elements, and the changes of heterogeneous areas, corresponding to the changes in the function and ecological mosaic structure (FORMAN and GODRON, 1986).

In this way, the ecology of the landscape allows the description, prediction and understanding of the landscape changes, thus, nowadays assuming a prominent place in the context of the applied sciences to planning, ordering, nature conservation and territorial management (HONRADO et al., 2012). In landscape ecology, the main object to be measured is the landscape structure, which provides characteristics of the constituent elements of

the landscape, and is commonly expressed through landscape metrics (SKOKANOVÁ and EREMIÁŠOVÁ, 2013).

The landscape ecology metrics consist of quantitative measures of landscape composition, which assess spatial structure and composition based on fragmentation analysis (SIQUEIRA et al., 2013). The use of metrics is of great importance, since they foster biodiversity maintenance and its analysis contributes to the definition of management techniques aiming at recovering or conserving forest remnants (JUVANHOL et al., 2011).

Mariota et al. (2015) reports that to monitor the landscape dynamics reliably and economically is a challenge, in a way to implement effective conservation strategies. Thus, remote sensing techniques have been used in landscape ecology studies (JUNG, 2016), since they have the capacity to characterize spatially and temporally the configuration and composition of land use and land cover types.

In order to assist on landscape studies, several softwares provide methods enabling landscape structure analyzes based on satellite sensor images and remote sensing techniques, since the properties of landscape analysis through mapping the use and coverage of the land is more accurate (ZARAGOZÍ et al., 2012). However, the authors emphasize that among the most important requirements of a software is to be open source, since they promote better interaction between other existing projects or future ones. Besides, it improves ecological research where there are financial restrictions (STEINIGER and HAY, 2009).

The R language has several advantages that make it a promising tool in the area of remote sensing and geoprocessing, since it is free, flexible in the type of data that can be analyzed, is compatible with all platforms and allows other users to change the programmed functions (MUENCHEN, 2011). Thus, the use of R solves problems of unavailability of specific packages for certain purposes through the collaboration of users, allowing them to create packages and make them available to the community, which makes it a complete and extremely powerful programming language (CASAJUS, 2013).

In this way, due to the diverse advantages that R language provides to users, it quickly became a universal language for data processing (MUENCHEN, 2011). Thus, by allowing the implementation of new packages and consequently covering different areas of knowledge, the R language becomes promising on analysis and manipulation of digital images from remote sensors. However, nowadays, R packages for the calculation of landscape ecology metrics are incipient needing implementation. Thus, the *LandscapeMetrics* package was developed to meet this need, which allow us to calculate certain landscape metrics in order to analyze forest fragmentation using a raster file as input parameter.

The needing for forest fragmentation analysis tools are due to the impacts that it causes on the environment. According to Matos et al. (2017) the process of fragmentation causes changes in forest structure and biodiversity. The main consequences of fragmentation include habitat loss, edge effects, species isolation, biodiversity decline, invasion of exotic

species, decreased pollination, and consequently disappearance of species (CALEGARI et al., 2010). Therefore, the present research aimed to ally the need for free tools on studies of landscape ecology and the incipience of packages written in R language for the calculation of landscape metrics, contributing to the R community through the incorporation of a specific package for spatial data analysis. Against this background, the objective of this study was to develop an R language package for the calculation of landscape ecology metrics to analyze forest fragmentation by means of remote sensors images. In addition, analyze forest fragmentation in the hydrographic microbasin of Arroio Grande located in the central region of the Rio Grande do Sul state, in the Atlantic Forest biome.

2 | MATERIAL AND METHODS

2.1 The *LandscapeMetrics* package

The *LandscapeMetrics* version 0.1.0 package was developed in R language in order to calculate certain landscape ecology metrics, assisting in research on forest fragmentation analysis. The first step consisted in choosing the metrics to be used, in order to avoid the use of redundant metrics, which encompassed different groups: metric area and density, edge, shape, core area and proximity, making it possible to use for different analyzes that users wish to perform. They were based on the methodology of McGarigal and Marks (1995). For the creation of the functions the development environment integrated was deployed with the language R version 3.4.3 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2017). In order to verify if the result of each function was consistent with reality, it was used a known area allowing the calculation to be performed manually for later comparison to the results attained by the R functions.

The functions were developed so that they only need the raster file (containing the thematic classes to be used to calculate the metrics) as the input parameter, except for the edge density that still requires the total area study area in hectares. In Table 1 it is exposed the functions necessary to obtain each metric and also its input parameter. The functions correspond to the acronyms of each metric defined by McGarigal and Marks (1995).

| Group | Function | Metric | Input | Output unity |
|------------------|---------------|---|--------------------------------|--------------|
| Area and density | <i>CA</i> | Class Area | Raster | ha |
| | <i>NP</i> | Number of Patches | Raster | - |
| | <i>MPS</i> | Mean Patch Size | Raster | ha |
| | <i>MedPS</i> | Median Patch Size | Raster | ha |
| | <i>PSSD</i> | Patch Size Standard Deviation | Raster | ha |
| | <i>PSCov</i> | Patch Size Coefficient of Variation | Raster | % |
| Edge | <i>TE</i> | Total Edge | Raster | m |
| | <i>ED</i> | Edge Density | Raster and Area ⁽¹⁾ | m/ha |
| Shape | <i>LSI</i> | Landscape Shape Index | Raster | - |
| | <i>MSI</i> | Mean Shape Index | Raster | - |
| | <i>AWMSI</i> | Area-Weighted Mean Shape Index | Raster | - |
| | <i>MPFD</i> | Mean Patch Fractal Dimension | Raster | - |
| | <i>AWMPFD</i> | Area-Weighted Mean Patch Fractal Dimension | Raster | - |
| | <i>MPAR</i> | Mean Perimeter-Area Ratio | Raster | m/ha |
| Core Area | <i>TCA</i> | Total Core Area ⁽²⁾ | Raster | ha |
| | <i>NCA</i> | Number of Core Areas ⁽²⁾ | Raster | - |
| | <i>MCA</i> | Mean Core Area ⁽²⁾ | Raster | ha |
| | <i>TCAI</i> | Total Core Area Index ⁽²⁾ | Raster | % |
| | <i>CASD</i> | Core Area Standard Deviation ⁽²⁾ | Raster | ha |
| | <i>CACV</i> | Core Area Coefficient of Variation ⁽²⁾ | Raster | % |
| Proxi -mity | <i>MNN</i> | Mean Nearest-Neighbor Distance | Raster | m |

⁽¹⁾ Total area of study in hectares.

⁽²⁾ To obtain the metrics of central area you must enter the acronym for the desired metrics and still use the border value as follows: TCA_20, NCA_20, MCA_20, TCAI_20, CASD_20, CACV_20. The same should be used for the edges of 40, 60, 100, 140 and 200 m.

Table 1 - Landscape ecology metrics available in the *LandscapeMetrics* package and the respective function and input parameters to be used in the R

2.2 Example application

The purpose of the package is to calculate landscape ecology metrics from images by different sensor systems it is possible for the user to calculate the metrics according to their needs. The application example consisted of illustrating the ability of the *LandscapeMetrics* package to obtain landscape metrics in areas of Atlantic Forest biome allowing to analyze changes over a period.

2.2.1 Analysis of forest fragmentation in areas of Atlantic Forest biome

The example of application of the package was used the hydrographic microbasin of Arroio Grande located in the central region of the Rio Grande do Sul state, Brazil. The area is located in the Deciduous Seasonal Forest, Atlantic Forest biome, and is characterized by intense agricultural activity with high rates of deforestation, being highly fragmented (ROOS and FIGUEIRÓ, 2012). In addition, the remnants of Atlantic Forest are located in areas of extremely high priority for biodiversity conservation, as defined by the Ministry of the Environment (MMA, 2002). In this way the results may help in the territorial planning of the area and demonstrate the ability of the *LandscapeMetrics* package to calculate landscape ecology metrics from orbital images.

For the temporal analysis of the fragmentation of Atlantic Forest remnants, one TM (Thematic Mapper – Landsat 5) sensor image used, dated 02/18/2010, and one OLI (Operational Land Imager – Landsat 8) sensor image, dated 01/26/2019, both with spatial resolution of 30 m and available free of charge by the USGS (United States Geological Survey). Native forest areas were supervised classification using the “pixel-to-pixel” by means of the Maximum Likelihood (MLE) algorithm. After the mapping of the forest fragments, the raster file was imported into the R software to obtain the landscape ecology metrics.

3 | RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Installation the *LandscapeMetrics*

The package is available in the GitHub repository (<github.com/LandscapeMetrics>) and you can download and install it from the source site, you need the devtools package and use the following commands:

```
> library("devtools")
> devtools::install_github("LandscapeMetrics/LandscapeMetrics")
```

3.2 Examples of using the package

The functions were developed so that they only need the raster file (containing the thematic classes to be used to calculate the metrics) as the input parameter, except for the edge density that still requires the total area study area in hectares. Thus, the functions implemented in R language have been developed to make the package easy to use. At first it is necessary to import the image containing the thematic class where it leads to the results desired and must be proceeded as follows:

```
> library(raster)
> raster <- raster("Fragments.tif")
```

Where “Fragments.tif” corresponds to the image nomenclature in format “.tif”, it contains fragments of native forest. In this way, with the loaded image it is possible to obtain the landscape metrics. Thus, typing the acronym corresponds to the metric that is desired and adding as input parameter the matrix file is possible to obtain the result of it. As an example, to calculate the number of patches (NP) the following command must be used:

```
> NP(raster)
[1] 132
```

Where the resulting value shows us the total number of patches in the study area. To obtain the mean patch size (MPS), proceed as follows:

```
> MPS(raster)
[1] 20.27
```

Where the value obtained returns the average size of the fragments in hectares contained in the area. In the same way, we must proceed to obtain the result for the mean shape index (MSI):

```
> MSI(raster)
[1] 1.54
```

Another example exposed is to obtain the number of central areas when 20 meters of edge is subtracted. To do so, it must be performed the command “NCA_20”, as explained below:

```
> NCA_20(raster)
[1] 139
```

Thus, for the central area metrics, the corresponding acronyms of each metric should be used, as well as the number for the edge to be used (20, 40, 60, 100, 140 and 200 m) as previously described. Another example exposed is to obtain the mean nearest-neighbor distance (MNN), which should be performed as follows:

```
> MNN(raster)
[1] 150.98
```

The MNN result is given in meters. The calculation of the edge density (ED) differs from the other metrics because it needs to inform the area of the study landscape in

hectares, as the example shows:

```
> ED(raster,41460.27)
[1] 39.47
```

Thus, it is noted that after typing the acronym for metric, it has to be written the name of the main file, in other words, the total area of study, since this metric represents the amount of edge in function of the landscape area being analyzed. The others metrics that were not described should follow according to Table 1.

3.3 Analysis of forest fragmentation in areas of Atlantic Forest biome

With the supervised classification of images, TM/Landsat 5 and OLI/Landsat 8, we obtained the mapping of forest fragments in the study area (Figure 1). The results of the metrics of landscape ecology are shown in Tables 2 and 3.

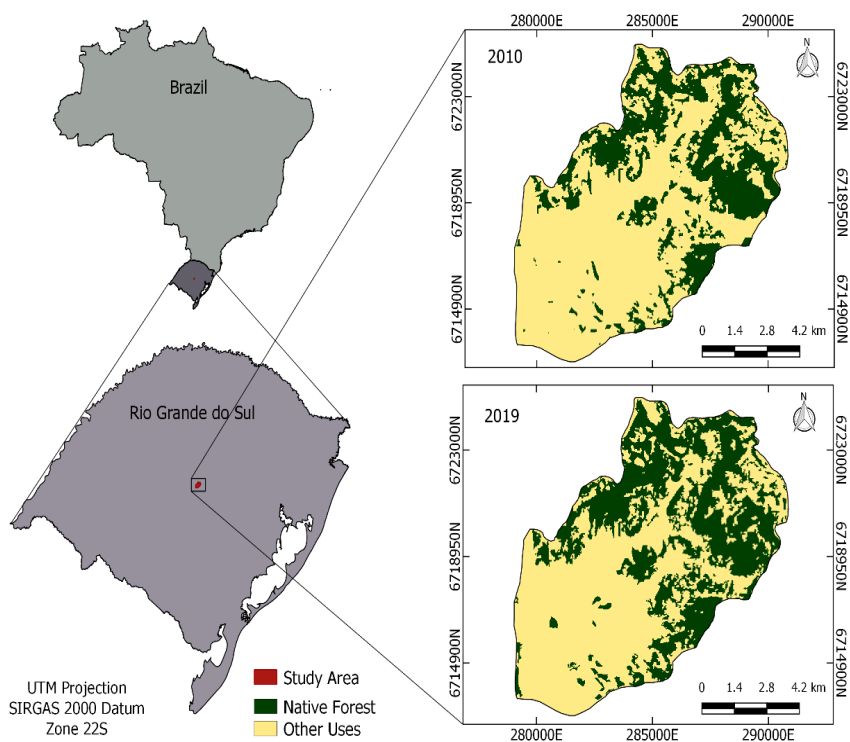


Figure 1 - Mapping of forest fragments in the hydrographic microbasin of Arroio Grande, for the years 2010 and 2019, located in the Rio Grande do Sul State, Brazil

According to the results obtained, it was noticed that there was an increase in the areas covered by forest remnants of the Atlantic Forest which were 2,676.15 ha in 2010 and 3,505.86 ha in 2019. Being that many of the fragments were united due to the expansion of the forest area so the number of fragments (NP) decreased to 74 in 2019, while in 2010 they numbered 132.

In the year 2019 the central area of the fragments increased in relation to the year 2010 fact related to the expansion of forest areas in that year. However, it was possible to notice that most of the fragments are of small sizes, since as the border distance was increased, there was a decrease in the area (TCA) and of the number of forest fragments (NCA). Ribeiro et al. (2009) when analyzing the Atlantic Forest as a whole observed that almost half of this one is under effect of edge inferior to 100 m.

| Metrics | 2010 | 2019 |
|---------------------------------|-------------|-------------|
| CA (ha) | 2,676.15 | 3,505.86 |
| NP | 132 | 74 |
| MPS (ha) | 20.27 | 47.38 |
| MedPS (ha) | 1.21 | 2.20 |
| PSSD (ha) | 151.50 | 284.40 |
| PSCov (%) | 747.26 | 600.30 |
| LSI | 16.89 | 18.51 |
| MSI | 1.54 | 1.84 |
| AWMSI | 6.97 | 10.22 |
| MPAR (m.ha⁻¹) | 576.91 | 536.36 |
| TE (m) | 349,740.00 | 438,720.00 |
| ED (m.ha⁻¹) | 39.47 | 49.51 |
| MNN (m) | 150.98 | 136.83 |

Table 2 - Values of area and density, shape, border and proximity metrics obtained for the forest fragments in the hydrographic microbasin of Arroio Grande, Rio Grande do Sul State, Brazil

| Distance of Edge (m) | 2010 | | | | | |
|-----------------------------|-----------------|------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| | TCA (ha) | NCA | MCA (ha) | TCAI (%) | CASD (ha) | CACV (%) |
| 20 | 1,757.25 | 139 | 12.64 | 65.66 | 77.50 | 613.05 |
| 40 | 1,738.71 | 138 | 12.60 | 64.97 | 77.08 | 611.80 |
| 60 | 1,163.34 | 86 | 13.53 | 43.47 | 64.23 | 474.84 |
| 100 | 812.61 | 40 | 20.31 | 30.36 | 73.08 | 359.73 |
| 140 | 393.30 | 22 | 17.88 | 14.70 | 39.35 | 220.14 |
| 200 | 193.41 | 14 | 13.81 | 7.23 | 34.50 | 249.74 |

| | 2019 | | | | | |
|-----|----------|-----|-------|-------|--------|--------|
| 20 | 2,419.47 | 140 | 17.28 | 69.01 | 144.88 | 838.32 |
| 40 | 2,327.49 | 127 | 18.33 | 66.39 | 145.56 | 794.24 |
| 60 | 1,565.28 | 101 | 15.50 | 44.65 | 73.99 | 477.42 |
| 100 | 1,083.51 | 55 | 19.70 | 30.90 | 61.21 | 310.73 |
| 140 | 521.37 | 28 | 18.62 | 14.87 | 39.74 | 213.43 |
| 200 | 222.57 | 22 | 10.12 | 6.35 | 15.57 | 153.91 |

Table 3 - Central area metric values obtained for the forest fragments in the hydrographic microbasin of Arroio Grande, Rio Grande do Sul State, Brazil

Analyzing the central area between the years of study it was noticed that with the increase of the edge distance there was an increase in the number of fragments. Calegari et al. (2010) when analyzing time series in areas of the Atlantic Forest biome applying 35 m edge observed the same. This fact is related to the greater irregularity in the shape of the fragments in 2019 indicated by the MSI metric that increased from 2010 (1.54) to 2019 (1.84).

Finally, it should be noted that the *LandscapeMetrics* package can be used to calculate forest fragment metrics as well as other land use and land cover classes as required by the user. However, these created metrics are used in several forest surveys (CALEGARI et al.; 2010; JUVANHOL et al., 2011; PIROVANI et al., 2014). Aiming to analyze forest fragmentation, the metrics available in the package encompass different groups that make it possible to explore the degree of fragmentation of a given region allowing the study of conservation strategies in order to minimize the consequences of the degradation of native areas.

In this way, the package can help in the territorial management, allowing evaluating the appropriate use of certain areas in order to avoid suppression of forest fragments, aiming to preserve native forest areas. Since, through the mapping of land use and land cover, it is possible to seek ecological knowledge about the forest fragments, allowing a correct environmental management, assisting in the forest management, being possible to diagnose the existing problems and possible changes necessary (CALEGARI et al., 2010).

4 | FUTURE DEVELOPMENTS AND CONCLUSIONS

The *LandscapeMetrics* package, developed in R language, is easy to use, allowing you to calculate several landscape ecology metrics. With this package, is possible to analyze the composition of the landscape spatially, according to the needs of the users. The package was developed with the intention of simplifying the metrics since you only need the raster file

containing the forest fragments. Thus, the package addresses the need for computational routines that aim at the calculation of metrics using open source, collaborating with the development of methods to obtain these variables using R.

As further work, new landscape ecology metrics will be implemented in the *LandscapeMetrics* package in order to reach a larger audience with different needs, since in the current version there are few implemented functions when compared to the totality existing in the literature. In addition, the functions that calculate the central area metrics will be adjusted allowing the user to define the distance they want instead of having specific borders as happen in this present version. So that will allow greater flexibility in the use of these metrics.

The *LandscapeMetrics* package can be used to calculate forest fragment metrics as well as other land use and land cover classes as required by the user. Aiming to analyze forest fragmentation, the metrics available in the package make it possible to explore the degree of fragmentation of a given region allowing the study of conservation strategies in order to minimize the consequences of the degradation of native areas. In the study area it was noticed that there was an increase in the areas covered by forest remnants of the Atlantic Forest, with the decrease in the number of fragments.

In this way, the package can help in the territorial management, allowing evaluating the appropriate use of certain areas in order to avoid suppression of forest fragments, aiming to preserve native forest areas. Although the focus of the manuscript was using images TM/Landsat 5 and OLI/Landsat 8, the package is designed to use any satellite image, thus it is expected that the same will be used for the most diverse studies of landscape ecology.

ACKNOWLEDGMENT

This study was financed by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001.

REFERENCES

- CALEGARI, L.; MARTINS, S. V.; GLERIANI, J. M.; SILVA, E.; BUSATO, L. C. Dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 871-880, 2010.
- CASAJUS, N. **Analyses spatiales sous R**. Canadá: Université du Québec à Rimouski, Département de Biologie, Chimie et Géographie. Available in: https://qubs.ca/wiki/_media/gisonr.pdf. Accessed in: 20 nov. 2019.
- FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York, NY: John Willy e Sons, 1986. 620p.
- HONRADO, J.; GONÇALVES, J.; LOMBA, A.; VICENTE, J. Ecologia da paisagem e biodiversidade: da investigação à gestão e à conservação. **Revista Ecologia**, v. 5, p. 36-51, 2012.

- JUNG, M. LecoS - A python plugin for automated landscape ecology analysis. **Ecological Informatics**, v. 31, p. 18-21, 2016.
- JUVANHOL, R. S.; FIEDLER, N. C.; SANTOS, A. R.; PIROVANI, D. B.; LOUZADA, F. L. R. O.; DIAS, H. M.; TEBALDI, A. L. C. Análise espacial de fragmentos florestais: caso dos parques estaduais de Forno Grande e Pedra Azul, estado do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v. 14, n. 4, p. 353-364, 2011.
- MARIOTA, P.; CAFARELLI, B.; DIDHAM, R. K.; LOVERGINE, F. P.; LUCAS, R. M.; NEGENDRA, H.; ROCCHINI, D.; TARANTINO, C. Challenges and opportunities in harnessing satellite remote-sensing for biodiversity monitoring. **Ecological Informatics**, v. 30, p. 207-214, 2015.
- MATOS, F. A. R.; MAGNAGO, L. F. S.; GASTAUER, M.; CARREIRAS, J. M. B.; SIMONELLI, M.; MEIRA-NETO, J. A. A.; EDWARDS, D. P. Effects of landscape configuration and composition on phylogenetic diversity of trees in a highly fragmented tropical forest. **Journal of Ecological**, v. 105, p. 265-276, 2017.
- MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **Fragstats**: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Portland: USDA Forest Service. 1995. Available in: <https://fs.usda.gov/treesearch/pubs/3064>. Accessed in: 05 ago. 2019.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Biodiversidade brasileira**: Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros. Brasília: MMA/SBF, 2002. 404 p.
- MUENCHEN, R. A. **R for SAS and SPSS Users** New York, NY: Springer, 2011. 714 p.
- PIROVANI, D. B.; SILVA, A. G.; SANTOS, A. R.; CECÍLIO, R. A.; GLERIANI, J. M.; MARTINS, S. V. Análise especial de fragmentos florestais na Bacia do Rio Itapemirim, ES. **Revista Árvore**, v. 38, n. 2, p. 271-281, 2014.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. 2017. Available in: <https://r-project.org>. Accessed in: 15 jan. 2017.
- RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed: Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.
- ROOS, A.; FIGUEIRÓ, A. S. Interpretando a transformação da paisagem no município de Agudo (RS) a partir da história ambiental. **Revista Geonordeste**, v. 3, n. 4, p. 1032-1044, 2012.
- SIQUEIRA, M. N.; CASTRO, S. S.; FARIA, K. M. S. Geografia e ecologia da paisagem: pontos para discussão. **Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 3, p. 557-566, 2013.
- STEINIGER, S.; HAY, G. J. Free and open source geographic information tools for landscape ecology. **Ecological Informatics**, v. 4, p. 183-195, 2009.
- SKOKANOVÁ, H.; EREMIÁŠOVÁ, R. Landscape functionality in protected and unprotected areas: Case studies from the Czech Republic. **Ecological Informatics**, v. 14, p. 71-74, 2013.
- ZARAGOZÍ, B.; BELDA, A.; LINARES, J.; MARTÍNEZ-PÉREZ, J. E.; NAVARRO, J. T.; ESPARZA, J. A free and open source programming library for landscape metrics calculations. **Environmental Modelling & Software**, v. 31, p. 131-141, 2012.

SOBRE A ORGANIZADORA

CRISTINA ALEDI FELSEMBURGH - Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (2003), obteve seu mestrado em Ciências de Florestas Tropicais pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (2006) e Doutorado em Ecologia Aplicada pela Universidade de São Paulo (2009). Pós-Doutorado na Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Divisão de Funcionamento de Ecossistemas Tropicais (2016). Atualmente a autora tem se dedicado a projetos voltados à área de Ecologia Aplicada. Contato: crisalefel@gmail.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Amostragem 84, 120, 122, 123, 124, 127, 128, 129, 132, 134, 136, 137, 138, 139

Araucária 120, 132, 133, 140

B

Bactéria 51, 54, 59

Biodiversidade 76, 104, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 161, 171, 182, 191, 192

Biomassa 8, 9, 12, 13, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 138, 139, 141

Biometria 20, 25

Bosque natural 106

C

Caatinga 2, 6, 9, 24, 25, 75, 76, 77, 78, 89, 90, 91, 92, 93, 133

Clone 8, 9, 12, 13, 154

Crescimento 1, 3, 4, 6, 9, 11, 13, 15, 26, 46, 52, 54, 55, 56, 57, 104, 105, 134, 139, 162, 163

D

Densidade 1, 4, 7, 9, 26, 31, 34, 41, 42, 43, 45, 46, 76, 79, 80, 82, 83, 84, 85, 88, 89, 90, 91, 132, 134, 149, 150, 151, 152, 154, 161

E

Ecologia da paisagem 182, 191, 192

Ecossistema 130, 133, 134, 143

Espaçamento 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 31

Estrutura horizontal 76, 79, 82

Estrutura vertical 80, 85

F

Fisiologia 14, 20, 21

Fitossociologia 76, 92

Floresta 1, 6, 7, 9, 13, 24, 76, 89, 91, 92, 93, 104, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 148, 161, 182, 192

Floresta amazônica 142, 143, 148

Floresta ombrófila mista 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 128, 129, 130, 131, 132, 133,

134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141

G

Geadas 31, 64

Genética 23, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 40, 41, 43, 45, 46, 47, 49, 50, 62, 64

Germinação 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 23, 24, 25, 89, 90, 134, 154

Gestão territorial 182

H

Hidrologia florestal 162

M

Madeira 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 21, 34, 46, 52, 55, 78, 89, 132, 134, 144, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 160, 161

Manejo de bacias hidrográficas 162

Mata atlântica 93, 121, 133, 182

Meio ambiente 6, 12, 13, 75, 76, 92, 93, 142, 145, 146, 166, 170, 192

Melhoramento genético 6, 27, 28, 47, 64

Método botanal 120, 122, 123, 124, 125, 127, 131, 132, 135, 141

Mortalidade 28

Mudas 20, 21, 51, 52, 53, 57, 169

P

Plantio 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 53

Plântulas 16, 18, 23

Polimorfismo 64

Política florestal 142

Proteção florestal 52

R

Recursos hídricos 6, 12, 92, 93, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179

Regeneração 21, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93

S

Sementes 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 30, 89, 90, 154

Sensoriamento remoto 75, 182

Serapilheira 6, 120, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 134

Silvicultura 6

T

Tecnologia da madeira 151

Conceitos e Conhecimentos de Métodos e Técnicas de Pesquisa Científica em Engenharia Florestal

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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


www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021

Conceitos e Conhecimentos de Métodos e Técnicas de Pesquisa Científica em Engenharia Florestal

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021