



Conceitos e conhecimentos de métodos e técnicas de pesquisa científica em engenharia florestal 2

**Cristina Aledi Felseburgh
(Organizadora)**

Atena
Editora

Ano 2021



Conceitos e conhecimentos de métodos e técnicas de pesquisa científica em engenharia florestal 2

**Cristina Aledi Felseburgh
(Organizadora)**

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes editoriais

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da capa

iStock

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.

Open access publication by Atena Editora



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

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
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
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
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
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
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. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª 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
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª 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. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
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
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
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

Conceitos e conhecimentos de métodos e técnicas de pesquisa científica em engenharia florestal 2

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Maiara Ferreira
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 2 / 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 978-65-5983-294-1

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.941212707>

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; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

É com enorme prazer que apresentamos o e-book “Conceitos e Conhecimentos de Métodos e Técnicas de Pesquisa Científica em Engenharia Florestal 2” 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 às diversas áreas da Engenharia Florestal. Em uma primeira parte, os capítulos estão de forma a atender as áreas voltadas à viabilidade de sementes, produção de mudas, propagação vegetativa, melhoramento genético e plantios clonais. Em uma segunda parte, os trabalhos estão estruturados aos temas relacionados à mudança climática, sequestro de carbono, recursos hídricos, valoração florestal, dinâmica populacional, interação fauna-flora e serviços ecossistêmicos. Em uma terceira parte, os trabalhos referem-se ao processo produtivo, operações florestais, modelos e estimativas de produção. E finalizando, e um uma quarta parte com o tema relacionado à utilização de produtos não madeireiros e subprodutos florestais. Desta forma, o e-book “Conceitos e Conhecimentos de Métodos e Técnicas de Pesquisa Científica em Engenharia Florestal 2” apresenta relevantes e promissores resultados realizados por professores e acadêmicos que serão dissertados nesta obra de forma didática. Agradecemos o empenho e dedicação de todos os autores por partilharem ao público os resultados dos trabalhos desenvolvidos por seus grupos de pesquisa. Esperamos que os trabalhos aqui apresentados possam estimular e inspirar outros estudos voltados às Ciências Florestais.

Cristina Aledi Felsemburgh

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

QUALIDADE FISIOLÓGICA, REPETIBILIDADE E DISSIMILARIDADE GENÉTICA PARA CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DE SEMENTES DE *MIMOSA SCABRELLA* BENTH


Daniceli Barcelos

Paulo Cesar Flôres Júnior

Glauciana da Mata Ataíde

Marcio Dias Pereira

Andressa Vasconcelos Flores

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9412127071>

CAPÍTULO 2..... 15

CRESCIMENTO DE MUDAS DE *CORDIA TRICHOTOMA* SUBMETIDAS A DIFERENTES TRATAMENTOS EM VIVEIRO

Renata Smith Avinio

Junior Oliveira Mendes


Kelen Haygert Lencina

Angélica Costa Malheiros

Tháise da Silva Tonetto

Denise Gazzana

Dilson Antônio Bisognin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9412127072>

CAPÍTULO 3..... 27

ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS E SELEÇÃO DE CLONES DE *CORDIA TRICHOTOMA* NAS DIFERENTES ÉPOCAS DE COLETA

Angélica Costa Malheiros

Renata Smith Avinio

Luciane Grendene Maculan


Tháise da Silva Tonetto

Denise Gazzana

Gabriele Taís Lohmann

Kelen Haygert Lencina

Dilson Antônio Bisognin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9412127073>

CAPÍTULO 4..... 38

TOOLS FOR STRATEGIC DECISION MAKING ON WATER RESOURCES MANAGEMENT UNDER CLIMATE VARIABILITY AND DROUGHT CONDITIONS ON THE CAATINGA'S BIOME OF NORTHEAST BRAZIL


Marcos Airton de Sousa Freitas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9412127074>

CAPÍTULO 5..... 50

MODELO DE AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE DIESEL NA AGRICULTURA, COM ESTIMATIVAS DAS EMISSÕES DE CO₂ PARA A ATMOSFERA E PROJETOS FLORESTAIS PARA SEQUESTRO DE CARBONO ESTUDO DE CASO: BANANA X SOJA


Luiz Carlos Sérvulo de Aquino
Brunna Simões Ungarelli
Guilherme Amatuzzi Teixeira
Aida Inírida Ortega Acosta
Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9412127075>

CAPÍTULO 6..... 69

VALORACIÓN ECONÓMICA DEL POTENCIAL FORESTAL EN CONCESIONES MINERAS DEL SUR DE LA AMAZONIA PERUANA

Carlos Nieto Ramos
Jorge Garate-Quispe

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9412127076>

CAPÍTULO 7..... 81

UMA ANÁLISE SOBRE DINÂMICA POPULACIONAL E SURTO DE INSETOS-PRAGA

José Carlos Corrêa da Silva Junior
Luana Camila Capitani

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9412127077>

CAPÍTULO 8..... 91

ANÁLISE DE RISCOS ASSOCIADOS À COLHEITA FLORESTAL EM ÁREAS DECLIVOSAS NO BRASIL

Anatoly Queiroz Abreu Torres
Tamires Galvão Tavares Pereira
Rodolfo Soares de Almeida
Fernanda Leite Cunha
Erick Martins Nieri
Lucas Amaral de Melo


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9412127078>

CAPÍTULO 9..... 108

DETERMINAÇÃO DE ALTURA E VOLUME DE *EUCALYPTUS* SPP NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE CIÊNCIAS FLORESTAIS DE ITATINGA-SP

Maria Cristina Bueno Coelho
Paulo Ricardo de Sena Fernandes
Yandro Santa Brigida Ataíde
Max Vinícios Reis de Sousa
Maurilio Antonio Varavallo
Juliana Barilli
Mauro Luiz Erpen
Marcos Vinicius Giongo Alves
Mathaus Messias Coimbra Limeira


Andre Ferreira dos Santos
Augustus Caeser Franke Portella
Manuel Tomaz Ataide Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9412127079>

CAPÍTULO 10..... 124

POTENCIAL DA TORTA RESIDUAL DE *PACHIRA AQUATICA* AUBL. NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

Widna Suellen Paiva dos Anjos
Marcela Cristina Pereira dos Santos Almeida
Renata Martins Braga

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.94121270710>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 138

ÍNDICE REMISSIVO..... 139

CAPÍTULO 4

TOOLS FOR STRATEGIC DECISION MAKING ON WATER RESOURCES MANAGEMENT UNDER CLIMATE VARIABILITY AND DROUGHT CONDITIONS ON THE CAATINGA'S BIOME OF NORTHEAST BRAZIL

Data de aceite: 01/07/2021

Marcos Airton de Sousa Freitas

Prof. Univ., Especialista em Recursos Hídricos
da Agência Nacional de Águas - ANA
Brasília – DF

ABSTRACT: Drought impacts in Northeast Brazil, which tend to intensify due to climate change and overexploitation of the caatinga biome, have repeatedly brought famine, mass migration and social conflicts in this region. Drought prediction and monitoring, however, remain a central research theme. In water resources management in semiarid regions such as the Northeast of Brazil, it is fundamental to have tools to aid decision making. This work presents three components of the so-called SIGES (Drought Management System), the items related to drought prediction and monitoring, as well as many reservoir operation methodologies for water scarcity situations. Statistical models and artificial neural networks were used for drought prediction. Aiming at monitoring precipitation, several indices were adapted and incorporated into a drought basic characteristic monitoring system (duration, severity and intensity), so that different mitigating actions could be implemented in accordance with the values reached by these parameters. The following indices have been used for this purpose: Rainfall Anomaly Index (RAI); Bhalme & Mooley Drought Index (BMDI); Lamb Rainfall Departure Index (LRDI). Finally, new adaptive reservoir

operation strategies for water scarcity situations are presented and discussed. The described components were applied to several States of Northeast of Brazil, specially, at Piancó-Piranhas-Açu River Basin (Paraíba and Rio Grande do Norte States) and Guaribas River Basin (Piauí State).

KEYWORDS: water resources, drought index, drought, decision making, Northeast Brazil

FERRAMENTAS PARA A TOMADA DE DECISÕES ESTRATÉGICAS NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SITUAÇÕES DE SECA E VARIABILIDADE CLIMÁTICA NO BIOMA CAATINGA, NORDESTE DO BRASIL

RESUMO: Os impactos da seca no Nordeste do Brasil, que tendem a se intensificar devido às mudanças climáticas e à superexploração do bioma caatinga, têm trazido fome, migração em massa e conflitos sociais na região. A previsão e o monitoramento da seca, no entanto, continuam sendo um tema central de pesquisa. Na gestão de recursos hídricos em regiões semiáridas como o Nordeste do Brasil, é fundamental dispor-se de ferramentas que auxiliem na tomada de decisões. Este trabalho apresenta três componentes do denominado SIGES (Sistema de Gerenciamento de Secas), os itens relacionados à previsão e ao monitoramento de secas, bem como diversas metodologias de operação de reservatórios em situações de escassez de água. Modelos estatísticos e redes neurais artificiais foram usados para a previsão de secas. Com o objetivo de monitorar a precipitação, diversos índices foram adaptados e incorporados a um sistema de

monitoramento das características básicas da seca (duração, severidade e intensidade), para que diferentes ações mitigadoras pudessem ser implementadas de acordo com os valores alcançados por esses parâmetros. Os seguintes índices foram usados para este propósito: Rainfall Anomaly Index (RAI); Bhalme & Mooley Drought Index (BMDI); Lamb Rainfall Departure Index (LRDI). Por fim, novas estratégias adaptativas de operação de reservatórios para situações de escassez de água são apresentadas e discutidas. Os componentes descritos foram aplicados em diversos Estados do Nordeste do Brasil, em especial, na Bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu (Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte) e na Bacia do Rio Guaribas (Estado do Piauí).

PALAVRAS-CHAVE: recursos hídricos, índices de secas, secas, tomada de decisão, Nordeste do Brasil.

1 | INTRODUCTION

Drought impacts in Northeast Brazil, which tend to intensify due to climate change and overexploitation of the caatinga biome, have repeatedly brought famine, mass migration and social conflicts. Drought prediction and monitoring, however, remain a central research theme for this region. Marengo (2006), Brito et al. (2017) conducted studies on the impacts of global climate change for many areas of Brazil, as Brazilian Amazon, Northeast, Pantanal and the Prata River Basin, showing precipitation and temperature anomalies, and water balance for the XXI century. The semiarid northeastern presenting short but crucially important rainy season in the current climate could, in a warmer climate in the future, become arid.

To the northeast, Salati et al. (2007) assessing climate variability in the region, showed that the average temperature increased by 0.6°C within the period 1991 to 2004, when referred to the period from 1961 to 1990. For maximum temperature values they indicated a 0.6°C increase and for minimum temperature values a 0.5°C raise. The precipitation decreased 153 mm, a 11.6% drop. Nobre et al. (2004) indicate that the future biomes distribution in South America may be affected by the combined impacts of climate and land use changes, which can take the system to the savannization of parts of the Amazon and the desertification of Northeast Brazil.

Several studies have indicated the influence of numerous atmospheric phenomena on rainfall in Northeast Brazil (Moura and Shukla, 1981; Hastenrath, 1984; Freitas, 1996; Freitas and Billib, 1997; Uvo et al., 1998; Moscati and Gan, 2007). Also several climatological studies have indicated the existence of a strong relationship between sea surface temperature distribution (SST - sea surface temperature) along the tropical Atlantic basin temperature and the semiarid northeastern Brazil precipitation, as well as a decadal trend associated with changes in the meridional position of the ITCZ - Intertropical Convergence Zone (Moura and Schukla, 1981; Billib and Freitas, 1996). These phenomena are indicative to be related to climate variability and extreme droughts and floods in the region.

Freitas (1996) presented a methodology for integrated regional drought analysis,

which briefly consists of the following topics: (1) definition of different types of droughts, (2) forecasting and monitoring: (3) water resources management and optimization, (4) effects evaluation and (5) planning of mitigating actions. Freitas (1996), and Freitas & Billib (1997) demonstrated the feasibility of using prediction models for the dry northeastern Brazil: statistical-probabilistic models and models based on neural networks.

2 | THE SIGES (DROUGHT MANAGEMENT SYSTEM)

In water resources management in semiarid regions such as the Northeast of Brazil, it is fundamental to have tools to aid decision making. This work presents three components of the so-called SIGES (Drought Management System), the items related to drought prediction and monitoring, as well as many reservoir operation methodologies for water scarcity situations. Statistical models and artificial neural networks were used for drought prediction.

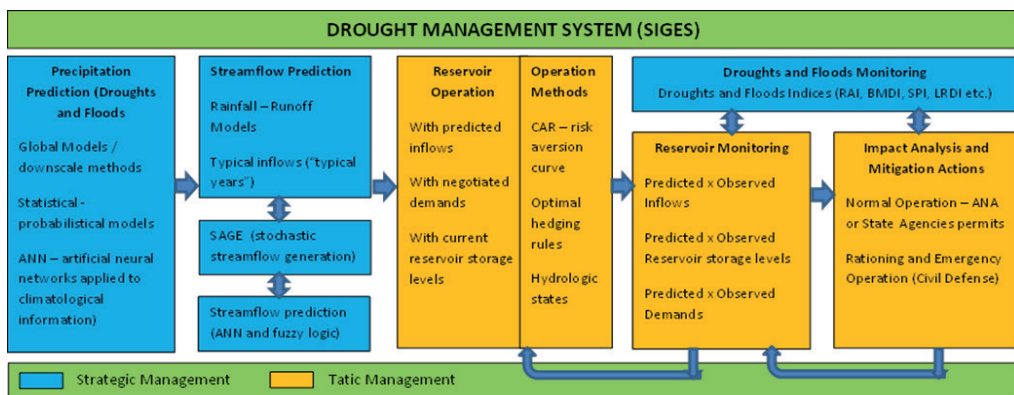


Figure 1: Drought Management System - SIGES (Freitas, M. A. S. et al., 2019).

Among the various SIGES applications, will be reported those related to shortage impact mitigation based on forecasting and monitoring information for these periods. In semiarid regions with high evaporation rates the water resources manager often faces the problem of determining minimum water losses conditions for surface reservoir operation, considering different uses, their priorities shortages or rationing situations.

2.1 Strategic Management

Aiming at monitoring precipitation, several indices were adapted and incorporated into a drought basic characteristic monitoring system (duration, severity and intensity), so that different mitigating actions could be implemented in accordance with the values reached by these parameters. The following indices have been used for this purpose: Rainfall Anomaly

Index (RAI); Bhalme & Mooley Drought Index (BMDI); Lamb Rainfall Departure Index (LRDI). Finally, new adaptive reservoir operation strategies for water scarcity situations are presented and discussed. The described components were applied to all federal States of Northeast of Brazil.

Due to the difficulty of having a single drought phenomenon definition, drought index determination is also problematic. Drought severity is usually expressed as a function of the mean value of one or several climate parameters. The most usual drought indexes express the total precipitation in given region as a known average data percentage. Thus, one can compare the current value with the average value of weekly, monthly, semesterly or annually series. The first index, however, that was incorporated into the Drought Management System - SIGES has made it possible to compare rainfall deviations related to the normal conditions of various regions is the Rainfall Anomaly Index (RAI), described by Rooy (1965) and pioneered in Brazil by Freitas (2005).

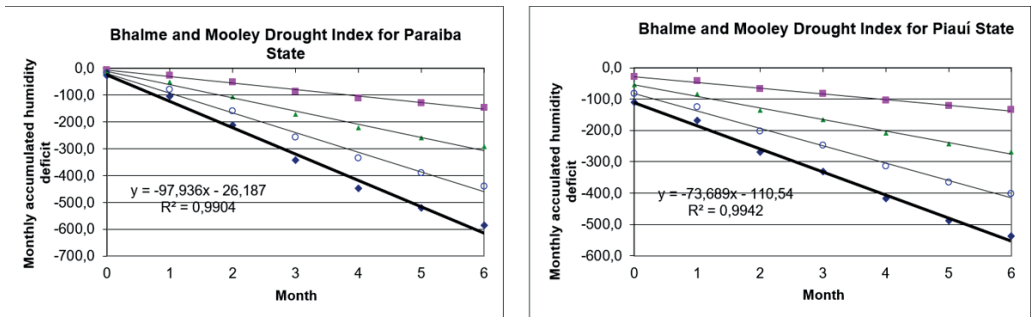


Figure 2: Bhalme & Mooley Drought Index (BMDI)

2.2 Tatic Management: Reservoir Operation Optimization using Climate Information, Negotiated Water Allocation and Resilience Strategies

Among the various SIGES applications, we will report now those related to shortage impact mitigation based on forecasting and monitoring information for these periods. In semiarid regions with high evaporation rates the water resources manager often faces the problem of determining minimum water losses conditions for surface reservoir operation, considering different uses, their priorities shortages or rationing situations. One developed method for dealing with this problem is performed using the so-called Risk Aversion Curve (Freitas and Gondim Filho, 2007).

In many hydrographic basins, due to the lack of fluvimetric data, it is often necessary to obtain a series of affluent flows into the reservoir using rainfall-runoff or synthetic streamflow generation models. For the generation of synthetic flows in intermittent rivers typical of semiarid regions, Freitas (1995, 2010) presented the SAGE system - Stochastische AbflussGEnierierungsmodelle, consisting of the several models, such as: i) Two-tier model

(PAR (1) / GAR (1) of Fernandez & Salas (Freitas, M. A. S.; Freitas, G. B., 2019a); ii) Disaggregation model / AR (1) by Valencia & Schaake (Freitas, M. A. S.; Freitas, G. B., 2019b), etc. Later, Freitas (2010) presented applications of the model ARRF - Alternating Renewal Reward – Fragment (Freitas, M. A. S.; Freitas, G. B., 2019c) to various basins in northeastern Brazil.

Water deficits as result of non-sustainable water resources development, are the main reason for water related conflicts in water scarcity affected regions, especially due to strong competition between the different water users. According to Rusteberg and Freitas (2018), new approaches, methods and tools have been developed to support the integrated planning and management of water resources towards the sustainable development of the region. Non-conventional water resources, such as treated wastewater, brackish or imported water needs to be part of an integrated strategy for IWRM implementation.

According to Lopes & Freitas (2007), water allocation in Brazil, historically, is characterized by a strong intervention of the public sector. Water allocation can be understood as an Integrated Water Resources Management (IWRM) measure that aims to provide water to current and future users of the water resources system, matching water supply and demand, even meeting environmental demands, being in line with strategic management objectives. In this sense, there are several mechanisms of water allocation, which operate from public authority guidelines, negotiation processes among water users or from technical concepts, such as the limits of the use of water bodies, or economic, such as charging for water use (Rusteberg and Freitas, 2018).

3 I PIANCÓ-PIRANHAS-AÇU RIVER BASIN

For the so-called Negotiated Water Allocation a methodology is described in Freitas, M.A.S. (2003); ANA/GEF/PNUMA/OEA (2004); and improved by Freitas, M.A.S (2010), Martins et al., (2013). This methodology was largely internalized in the administrative procedures of the National Water Agency, through Technical Note No. 10/2015/COMAR/SRE (2015) and has been applied throughout the semi-arid region of North-East Brazil.

Figures 3 shows the Risk Aversion Curves - CAR proposed for the Curema-Mãe D'água system reservoirs (Freitas and Gondim Filho, 2007). The operation of reservoirs based on the Risk Aversion Curves is guided by a probability distribution of flows flowing into the reservoir system and is useful for determining the water allocation among users with different guarantees. The figures show the useful reservoir volume (%) on June 1st (recommended period for the Negotiated Water Allocation), for the different years (including, in red, the years of the 2012-2020 drought period), where it is possible to obtain the flow to be released. ANA, within its sphere of competence, has placed itself in articulation with other bodies of the Federal Government, state governments and water resources management institutions, supply companies, city halls and basin committees in search of solutions that

can minimize the effects of this severe drought.

recommended month for negotiated water allocation

Risk Aversion Curves for the Curema and Mãe D'água Reservoir

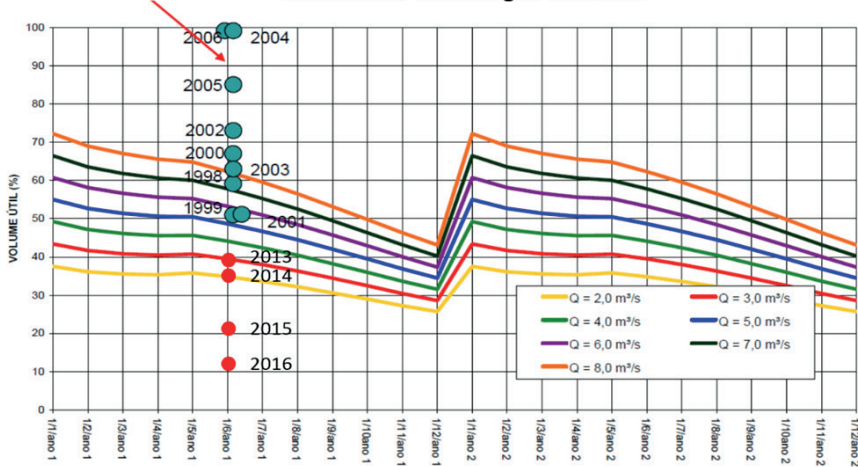


Figure 3: Risk Aversion Curves for the Curema and Mãe D'água Reservoir

4 I GUARIBAS RIVER BASIN

The Bocaina dam, in the semi-arid region of the State of Piauí, with a capacity of 106 hm³ of water, was built with the objective of regularizing the Guaribas River, among other uses. Over the past three decades, use for irrigation and water supply in neighboring cities has increased significantly. The objective of this study is to analyze, by means of several multicriteria methods, the alternatives of operation of the afore mentioned reservoir to meet multiple uses. Five alternatives for reservoir operation, socioeconomic and environmental development were analyzed. For this, four different multicriteria techniques were used: i) weighted average method – WAM (Zadeh, 1963); ii) compromise programming – CP (Yu, 1973); iii) Promethee method with weighted averages (Promethee_WAM) and iv) Promethee method (Brans and Vincke, 1985).

The decision-making process in water resources management currently involves multiple objectives and multiple decision-makers (river basin committees, consortia, etc.). In general, conflicts of interest are established between groups with different views about the goals to be adopted in the planning and management of water resources. For groups linked to pure and simple economic development, the net economic benefit should be maximized, since economic values express the interest of society. On the other hand, environmental groups preach the preservation of the environment in its natural form and are opposed to any intervention that may transform it. Between these two extreme possibilities.

The Bocaina Reservoir (Figure 4), with a capacity of 106 hm³ of water, was built under the responsibility of DNOCS - National Department of Works Against Drought - and executed by the Engineering and Construction Battalion, with the objective, among other aspects, of regularize the Guaribas River. The estimated area by the viability studies of the Bocaina Reservoir reached 2,000 (two thousand) irrigable hectares, according to the Bocaina Dam - Hidroterra SA Executive Project - located in the municipalities of Bocaina, Sussuapara and Picos, with excellent physical and chemical conditions for intensive irrigation use, at a relatively low cost, considering that there was no cost for deforestation, systematization and settlement of producers.

The study of alternatives (A1 to A5) was carried out in two stages: i) Use of rainfall-runoff hydrological models (Freitas, 2010), stochastic streamflow generation models (Freitas, 2010) and Monte Carlo analysis, as well as models for simulation / optimization of the reservoir operation; ii) Use of multicriteria techniques, such as weighted averages method, compromise programming (CP) method and Promethee method.

4.1 Simulation of the Bocaina Reservoir Operation

The current complexity of problems related to the management of water resources requires the use of instruments and techniques capable of assisting in decision making, especially in periods of scarcity. Among these techniques, two deserve mention: mathematical simulation and flow network modeling (Azevedo et al., 1997). Mathematical simulation is a very flexible technique and is therefore widely used, however, as a disadvantage of not offering users the chance to restrict decision-making space and, therefore, problem solving is achieved through a “trial and error” process. On the other hand, the network flow modeling, in addition to reducing the decision space to a set of viable solutions, can be optimized through linear programming.

The water availability in a river is generally used to water supply to the population and industries; animal supply; irrigation of agricultural areas; ecosystem conservation; wastewater dilution; hydro-energy production and navigation. In the specific case of the Guaribas River, downstream of the Bocaina Dam, only the last two uses are not contemplated.

The simulation method uses the continuity equation. In the reservoir operation simulation, the process is initiated considering the average accumulated volume of the dam. Then, several simulations are made to define regularized volumes, associated with various guarantees or risks. In relation to irrigation, simulations were made for several demand areas, based on the estimated area potential for the downstream valley, forecasting monthly demands based on percentages of annual demand, proportional to the monthly deficits determined based on the water balance in the area.

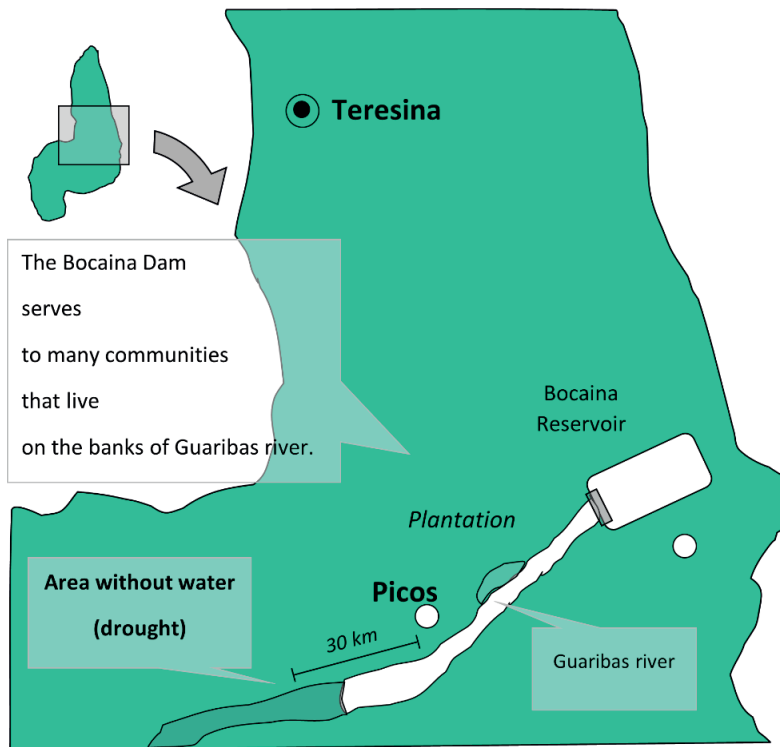


Figure 4: Bocaina Dam location, in the semi-arid region of the State of Piauí.

The failure risk was calculated based on the number of failures in the period of interest divided by the number of time intervals for that period, that is, the simulated period. The simulation model of the reservoir operation used was the one shown in Figure 5, developed by Prof. Dr. Fontane, at the University of Colorado. The model uses Excel's Solver to maximize the annual demand met for the various uses in the basin (irrigation, human supply and animal feed) and to determine the useful (active) volume needed to meet a given demand (reservoir project). The minimum and maximum volume of the Bocaina Dam is 10 and 106 hm³, respectively. The maximum annual demand met for the simulated series was 22.27 hm³.

4.2 Multicriteria Analysis in the Alternatives Study

For the second stage, the MCDA spreadsheet - Multi-Criteria Decision Analyzes (Figure 8), also developed by Prof. Dr. Fontane, from the University of Colorado. Five alternatives (A1 to A5) were considered for dam operation / economic and environmental development in the region. The alternatives were evaluated according to five criteria: i) irrigation; ii) human and animal supply; iii) the environment; iv) safety and reliability of the dam's operation and v) economic development. Up to five sub-criteria were established for each of the above criteria. Figure 5 shows the values of the criteria and sub-criteria for

each alternative. Five alternatives of relative importance between the criteria were analyzed (G1 to G5). The relative weights between the criteria and sub-criteria were raised based on surveys with specialists in the area and interviews between users.

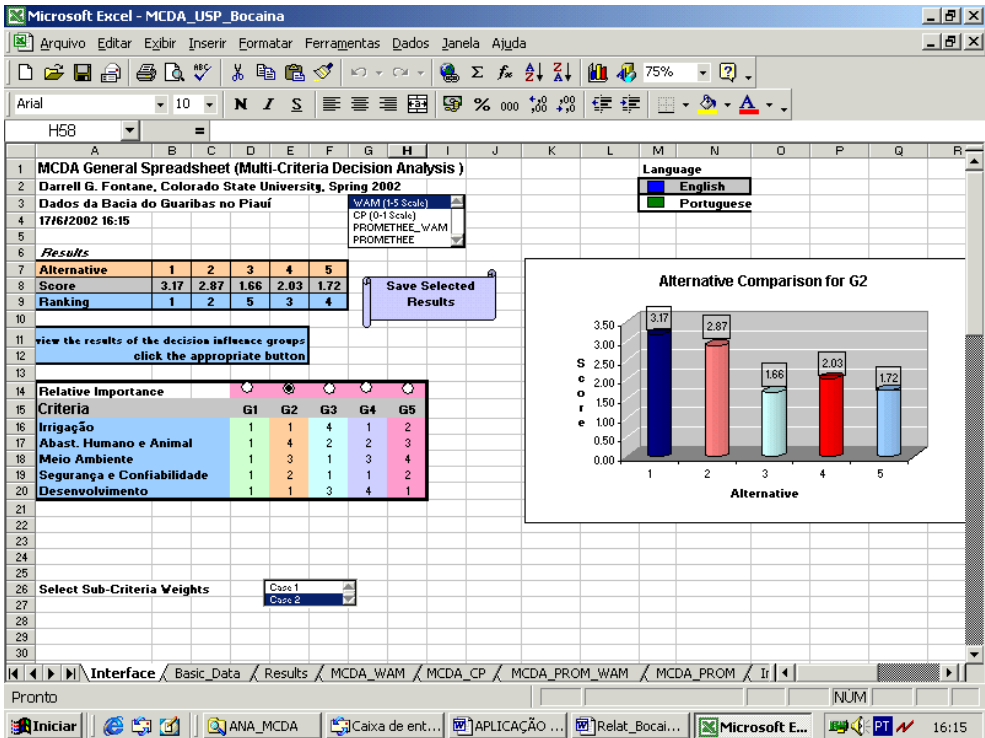


Figure 5: Decision making multicriteria models.

Four different techniques were used: i) weighted averages method (WAM); ii) compromise programming (CP); iii) Promethee method with weighted averages (Promethee_WAM) and iv) Promethee method. As a result, there are the “scores” and the ranking (hierarchy) among the various alternatives. In the Bocaina Basin example, the following priority was found: A1 → A2 → A5 → A3 → A4.

5 I CONCLUSIONS

With the increase in demand for water resources, there is a tendency to intensify conflicts with other users, especially during periods of long-term and severe droughts, such as that of 2012-2020. In situations like this, the integrated management of water resources stands out as an alternative to the resolution of conflicts, contributing to minimize the impacts of long periods of drought. In this article, the application of some of the techniques and methods developed, especially for semi-arid regions, in the Piancó-Piranhas-Açu

hydrographic basin as well as Bocaina Dam / Guaribas hydrographic basin were presented.

REFERENCES

- ANA/GEF/PNUMA/OEA (2004): Subprojeto 4.5C – **Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco-PBHSF (2004-2013) Estudo Técnico de Apoio ao PBHSF – Nº 16 ALOCAÇÃO DE ÁGUA**. A. V. Lopes; A. R. Pante; L. M. A. de Castro; M. A. de S. Freitas, 2004.
- AZEVEDO, L.G.T.; PORTO, R.L.L.; ZADEH FILHO, K. – **Modelos de Simulação e de Rede de Fluxo**, in: Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos, R. La Laina Porto (org.), Editora da Universidade UFRGS/ABRH, 1997.
- BILLIB, M. H. A., FREITAS, M. A. S. 1996 **Drought Forecasting and Management for Northeast-Brazil by Statistics, Neuro-fuzzy Systems Analysis and Stochastic Simulation**. In: Conference on Water Resources & Environment Research: towards the 21st Century, 1996, Kyoto.
- BRAGA, B.; GOBETTI, L. - **Análise Multiobjetivo**, in: Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos, R. La Laina Porto (org.), Editora da Universidade UFRGS/ABRH, 1997.
- BRANS, J. P.; VINCKE, P. – **A preference ranking organization method**, *Management Science*, vol.31, n.6, 1985.
- BRITO, S., CUNHA, A. P., CASTRO, C., ALVALA, R. MARENGO, J., CARVALHO, M. 2017. **Frequency, duration and severity of drought in the Brazilian Semiarid region**. *International Journal of Climatology*, doi: 10.1002/joc.5225.
- FREITAS, M.A.S., 1996 **Previsão de Secas por Meio de Métodos Estatísticos e Redes Neurais e Análise de Suas Características Através de Diversos Índices (Ceará - Nordeste do Brasil)**, IX Congresso Brasileiro de Meteorologia, Campos do Jordão, 6 a 13 de novembro de 1996.
- FREITAS, M. A. S. 2005 **Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semi-Áridas**. *Revista Tecnologia - UNIFOR*, Fortaleza, v. Suplem, p. 84-95.
- FREITAS, M. A. S. (2010) **Que Venha a Seca: Modelos para Gestão de Recursos Hídricos em Regiões Semiáridas**. 1. ed. Rio de Janeiro: CBJE Editora, 413p.
- FREITAS, M. A. S. (2021) **The Piancó-Piranhas-Açu Hydrographic Basin Face to the 2012-2020 Drought Event**, *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, Curitiba, v.4, n.1, p. 1033-1046 jan./mar. 2021.
- FREITAS, M. A. S., BILLIB, M.H.A. 1997 **Drought Prediction and Characteristic Analysis in Semi-Arid Ceará / Northeast Brazil**, Symposium “Sustainability of Water Resources Under Increasing Uncertainty”, IAHS Publ. No. 240, 105-112, Rabat, Marrocos.
- FREITAS, M. A. S.; FREITAS, G. B. (2019a): **The GAR(1) model with fragment method for hydrological drought risk assessment in semiarid regions**. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, p. 18267-18281, 2019.

- FREITAS, M. A. S.; FREITAS, G. B. (2019b): **On the Applicability of Multiseasonal Streamflow Generation Models for Intermittent rivers.** *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)* 16, p. 36-44, 2019.
- FREITAS, M. A. S.; FREITAS, G. B. (2019c): **Hydrological Drought Assessment: The Use of the ARRF Model for Monthly Streamflow Generation on Intermittent Rivers of the Northeast Brazil.** *Quest Journals - Journal of Research in Environmental and Earth Sciences*, Volume 5, Issue 2 (2019) pp: 29-37 ISSN(Online):2348-2532.
- FREITAS, M. A. S.; SILVEIRA, P. B. M.; FREITAS, G. B. (2019): **A Resilient Drought Risk Management Approach in the Semiarid Northeast Brazil.** *International Journal of Current Research* 11 (09), p. 6968-6974, 2019.
- FREITAS, M. A. S.; GONDIM FILHO, J. G. C. (2007). **Curvas de Aversão ao Risco para os Reservatórios Armando Ribeiro Gonçalves e Curemas-Mãe D'água**, in Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo.
- HASTENRATH, S. 1984 **Interannual variability and annual cycle: mechanisms of circulation and climate in the tropical Atlantic.** *Mon. Wea. Rev.*, 112, 1097-1107.
- LOPES, A. V.; FREITAS, M. A. S. - **A alocação de água como instrumento de gestão de recursos hídricos: experiências brasileiras.** *Revista de Gestão de Água da América Latina (REGA)* 4 (1), 6-28, 2007.
- MARENGO, J.A. 2006 **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território Brasileiro ao longo do século XXI**, Brasília – DF.
- MARTINS, E.S.; BRAGA, C.F.C; SOUZA, F.A.S.; MORAES, M.M.G.A.; MARQUES, G.F.; MEDIONDO, E.M.; FREITAS, M.A.S.; VAZQUEZ, V.; ENGLE, N.L.; DE NYS, E. (2013). **Adaptation challenges and opportunities in Northeast Brazil.** *Environment and Water Resources Occasional Paper Series*, v. 11, n. 1, p. 1-6, 2013.
- MOSCATI, M. C. L., GAN, M. A. 2007 **Rainfall variability in the rainy season of semiarid zone of Northeast Brazil (NEB) and its relation to wind regime.** *International Journal of Climatology*, n. 27, p. 493-512.
- MOURA, A. D., SHUKLA, J. 1981 **On the Dynamics of Droughts in Northeast Brazil: Observations, Theory and Numerical Experiments with a General Circulation Model,** *Journal of the Atmospheric Sciences*, pp. 2653–2675, 1981.
- NOBRE, C.A., M.D. OYAMA, G.S. OLIVEIRA, J.A. MARENGO, E. SALATI 2004 **Impacts of climate change scenarios for 2091-2100 on the biomes of South America.** First CLIVAR International Conference, Baltimore, USA, 21-25 June.
- ROOY, M.P. van 1965 **A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space,** *Notos*, 14, 43.
- RUSTEBERG, B.; FREITAS, M. A. S. (2018): **IWRM Implementation in North-East Brazil (Results from WP 8).** In: Abels, A., Freitas, M. A. S., Pinnekamp, J., Rusteberg, B. (Org.). *Bramar Project - Water Scarcity Mitigation in Northeast Brazil*. 1ed., Aachen: Department of Environmental Engineering (ISA), 2018, v. 1, p. 120-144.

SALATI, E., SALATI, E., CAMPANHOL, T., VILLA NOVA, N. 2007 **Tendências das Variações Climáticas para o Brasil no Século XX e Balanços Hídricos para Cenários Climáticos para o Século XXI**. Brasília: MMA, 186 p.

UVO, C.B., REPELLI, C.A., ZEBIAK, S.E., KUSHNIR, Y. **The relationships between Tropical Pacific and Atlantic SST and Northeast Brazil monthly precipitation**. *J. Climate*, v.11, p.551-562, 1998.

YU, P. – **A class of decision problems for group decision problems**, *Management Science*, n.19, 1973.

ZADEH, L. – **Optimality and no scalar valued performance criteria**, *IEEE Transactions on Automatic Control*, v.59, n.8, 1963.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acidentes 91, 92, 93, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107

Altura 11, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 69, 72, 73, 108, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 121, 123, 127

B

Biodiesel 63, 124, 125, 126, 127, 130, 135, 136, 137

Biomassa Florestal 124

Biometria 2, 13, 14, 122

C

Casa de vegetação 15, 17, 18, 30

Clones 10, 27, 28, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 117, 121, 122, 123

Colheita Florestal 11, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106

Crescimento 10, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 50, 55, 56, 57, 59, 60, 65, 66, 94, 113, 122, 123, 125

D

Declividade 91, 92, 99, 104, 110

Diâmetro 1, 5, 9, 10, 11, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 109, 111, 113, 115, 116, 117

Dinâmica Populacional 9, 11, 81, 82, 83, 84, 88, 89, 90

E

Emissão de CO₂ 50

Energia Renovável 137

Enraizamento 10, 16, 17, 22, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37

Equipamento de Proteção 100, 104

Ergonomia 100, 102, 104, 105

Espécie Nativa 2, 125

I

Incremento 70, 108, 112, 113, 119, 120, 121

Inseto-Praga 81

M

Melhoramento Genético 9, 2, 3, 13, 28, 29, 30

Mercado de carbono 65

Miniestaca 21, 22, 24

Modelos Volumétricos 111

Mudas 9, 10, 3, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 37

N

Norma Regulamentadora 92, 95, 102, 104

O

Operações Florestais 9, 91, 94

P

Plantios Clonais 9, 29

Produção Madeireira 108

Projetos Florestais 11, 50, 56

Propagação Vegetativa 9, 16, 17, 22, 28, 29, 30

Propágulo 15, 16, 17, 19, 20, 21, 24, 25

Q

Qualidade Fisiológica 10, 1

R

Recursos Hídricos 9, 38, 39, 47, 48, 56, 59

Resiliência 81, 85, 86, 88

Riqueza de espécies 86

S

Seca 38, 47

Sementes 9, 10, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 126, 132, 134, 135, 136, 137

Sequestro de carbono 9, 50, 53, 54, 55, 56, 59, 65, 67

Setor Florestal 28, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 100, 105, 107, 137

Sistemas Agroflorestais 55, 56, 60, 65, 67

T

Talhões 56, 100, 108, 110, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 121

Teste de Germinação 1, 3, 4, 7, 11


V

Valoração Florestal 9

Volume 9, 11, 30, 42, 44, 45, 48, 52, 65, 108, 109, 111, 112, 113, 120, 121, 122, 123



Conceitos e conhecimentos de métodos e técnicas de pesquisa científica em engenharia florestal 2

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 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2021