



EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

DANIEL SANT'ANA
(ORGANIZADOR)



EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

DANIEL SANT'ANA
(ORGANIZADOR)

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 Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

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
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 Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
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 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^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. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
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. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
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. 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
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
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 Alborno – 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. Lillian 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. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
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. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

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

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

Evolução do conhecimento científico na engenharia ambiental e sanitária

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Emely Guarez
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Daniel Sant'Ana

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E93 Evolução do conhecimento científico na engenharia ambiental e sanitária / Organizador Daniel Sant'Ana. - Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-477-1

DOI 10.22533/at.ed.771202610

1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária. I. Sant'Ana, Daniel (Organizador). II. Título.

CDD 628

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

APRESENTAÇÃO

A coleção “*Evolução do Conhecimento Científico na Engenharia Ambiental e Sanitária*” tem como objetivo disseminar o estado atual do conhecimento das diferentes áreas das ciências ambientais e sanitárias, apresentando a evolução do campo científico por meio de diferentes tipos de trabalhos que abordam os aspectos tecnológicos, políticos, econômicos, sociais e ambientais desta disciplina.

É de suma importância perceber que o constante crescimento populacional vem pressionando os recursos hídricos pela elevada demanda por água e poluição de corpos hídricos. Conseqüentemente, observa-se uma piora na qualidade da água e uma pressão nos sistemas de produção e distribuição de água potável.

Com isso em mente, os primeiros capítulos deste livro apresentam diferentes estudos que apresentam soluções capazes de otimizar os sistemas urbanos de abastecimento de água potável. Em seguida, os capítulos subsequentes abordam temas relacionados a modelagem e análise da qualidade de água de diferentes sistemas hídricos, indicando a necessidade de se investir em ações, projetos e políticas públicas voltadas a preservação ambiental e de recursos hídricos.

Políticas públicas e programas governamentais são instrumentos essenciais para preservação do meio ambiente, conservação de água e garantir saúde e bem-estar à sociedade. Como exemplo, os Planos de Preservação e Recuperação de Nascentes das Bacias Hidrográficas da Codevasf, apresentado no Capítulo 9.

Com o novo marco legal do saneamento básico (Lei nº 14.026/2020), não há como não demonstrar preocupação com o novo modelo de operação do setor de saneamento básico através de empresas públicas de capital aberto e de prestação direta por empresas privadas (Capítulo 10).

Com isso, torna-se crucial neste momento, o estabelecimento de parâmetros e indicadores para fiscalização do cumprimento das metas da universalização do saneamento básico. O Capítulo 11 apresenta proposições de mudança do SNIS para aumentar a qualidade e a confiabilidade dos dados registrados no novo sistema, o SINISA, uma ferramenta que poderá auxiliar nesta nova gestão do saneamento básico no Brasil.

Realmente, ainda há muito trabalho pela frente no que se diz respeito a universalização do saneamento básico no Brasil (Capítulo 12). Mesmo assim, podemos observar nos últimos capítulos que diferentes soluções para o tratamento de esgoto e de manejo de resíduos sólidos e do solo vêm sendo estudadas com o intuito de preservar o meio ambiente.

Este volume contou com a contribuição de pesquisadores de diferentes partes do país e da Espanha, trazendo, de forma interdisciplinar, um amplo espectro de trabalhos acadêmicos relativos à qualidade de água e preservação de recursos hídricos, abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto e manejo de resíduos sólidos e do solo. Por fim, desejo que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS HIDRÁULICOS EN BANCO DE ENSAYOS. APLICACIÓN EN SIMULACIÓN DE LLENADO-VACIADO DE CONDUCCIONES

Paloma Arrué Burillo

Antonio Manuel Romero Sedó

Jorge García-Serra García

Vicent B. Espert Alemany

Román Ponz Carcelén

DOI 10.22533/at.ed.7712026101

CAPÍTULO 2..... 15

DESARROLLO DE UN SOPORTE DIGITAL COMO BASE DE UN SISTEMA DE GESTIÓN INTELIGENTE DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

José Pérez-Padillo

Pilar Montesinos Barrios

Emilio Camacho Poyato

Juan Antonio Rodríguez Díaz

Jorge Pérez Lucena

Jorge García Morillo

DOI 10.22533/at.ed.7712026102

CAPÍTULO 3..... 28

COMPARAÇÃO ENTRE MIGHA E AG PARA A CALIBRAÇÃO DO FATOR DE ATRITO

Alessandro de Araújo Bezerra

Renata Shirley de Andrade Araújo

Marco Aurélio Holanda de Castro

DOI 10.22533/at.ed.7712026103

CAPÍTULO 4..... 37

CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO HIDROLÓGICO PARA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAVEIRAS

Lucas de Bona Sartor

Taciana Furtado Ribeiro

Camila Caroline Branco

Mariáh de Souza

Lais Sartori

Bruna da Silva

DOI 10.22533/at.ed.7712026104

CAPÍTULO 5..... 48

MODELAGEM DE QUALIDADE DA ÁGUA (MQUAL) APLICADA NO ESTUDO DE SISTEMAS HÍDRICOS DA AMAZÔNIA OCIDENTAL

Jesuéte Bezerra Pachêco

José Carlos Martins Brandão

Carlos Henke de Oliveira

Carlos Hiroo Saito

DOI 10.22533/at.ed.7712026105

CAPÍTULO 6..... 67

ANÁLISE LITOLÓGICA E HIDROQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ÁREA ITAQUI – BACANGA, SÃO LUÍS, MARANHÃO: EVIDÊNCIA DA INTRUSÃO MARINHA

Flávia Rebelo Mochel

Luís Alfredo Lopes Soares *in memoriam*

Paulo Roberto Saraiva Cavalcante

DOI 10.22533/at.ed.7712026106

CAPÍTULO 7..... 86

ANÁLISE FITOPLANCTÔNICA DA BARRAGEM DO RIO MARANGUAPINHO E ANÁLISE HIDROLÓGICA DA BACIA METROPOLITANA DE FORTALEZA, CEARÁ

Paloma Paiva Santiago

Laiane Maria Costa Lima

Leticia Soares Sousa

Marina Andrade Costa

Leticia Penha de Vasconcelos

DOI 10.22533/at.ed.7712026107

CAPÍTULO 8..... 94

ANÁLISE DA QUALIDADE HÍDRICA DA LAGOA MIRIM E DO CANAL SÃO GONÇALO

Vitoria Rovel da Silveira

Gabriel Borges dos Santos

Marlon Heitor Kunst Valentini

Henrique Sanchez Franz

Victória Huch Duarte

Larissa Aldrighi da Silva

Denise dos Santos Vieira

Beatriz Muller Vieira

Diuliana Leandro

Willian Cezar Nadaleti

Bruno Müller Vieira

DOI 10.22533/at.ed.7712026108

CAPÍTULO 9..... 106

PLANOS NASCENTES: PRESERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE NASCENTES DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS SÃO FRANCISCO, PARNÁIBA, ITAPECURU E MEARIM

Eduardo Jorge de Oliveira Motta

Camilo Cavalcante de Souza

Renan Loureiro Xavier Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.7712026109

CAPÍTULO 10..... 120

POLÍTICA DE SANEAMENTO BÁSICO NO CONTEXTO DO MARCO REGULATÓRIO EM SÃO LUÍS DO MARANHÃO, BRASIL

Marcos Antônio Silva do Nascimento

Antonio José de Araújo Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.77120261010

CAPÍTULO 11..... 135

SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL: DO SNIS AO SINISA

Marise Teles Condurú

José Almir Rodrigues Pereira

João Diego Alvarez Nylander

Rafaela Carvalho da Natividade

DOI 10.22533/at.ed.77120261011

CAPÍTULO 12..... 146

AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE CARÊNCIA HABITACIONAL NA ZONA NORTE DE NATAL, METRÓPOLE BRASILEIRA

Ruan Henrique Barros Figueredo

Vinícius Navarro Varela Tinoco

Rogério Taygra Vasconcelos Fernandes

Brenno Dayano Azevedo da Silveira

Almir Mariano de Sousa Junior

DOI 10.22533/at.ed.77120261012

CAPÍTULO 13..... 155

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE EFLUENTES TRATADOS ATRAVÉS DE MODELO DE FOSSA SÉPTICA COM FILTRO BIOLÓGICO

José Vicente Duque dos Santos

Edson Barboza Pires

Yuri Sotero Bomfim Fraga

DOI 10.22533/at.ed.77120261013

CAPÍTULO 14..... 167

IMPACTO DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA GESTÃO E NA CONCEPÇÃO, PROJETOS, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS

Ana Ghislane Henriques Pereira van Elk

Maria Eugenia Gimenez Boscov

DOI 10.22533/at.ed.77120261014

CAPÍTULO 15..... 178

MONITORAMENTO E PREVISÃO DE RECALQUES A LONGO PRAZO USANDO MODELOS DE COMPRESSIBILIDADE: ESTUDO DE CASO

Ana Ghislane Henriques Pereira van Elk

Gabrielle Sthefanine Silva Azevedo

Leandro Rangel Corrêa

Elisabeth Ritter

DOI 10.22533/at.ed.77120261015

CAPÍTULO 16..... 189

UTILIZAÇÃO DE OZÔNIO COMBINADO COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO PARA O

TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO

Jandira Leichtweis

Siara Silvestri

Nicolý Welter

Mariana Islongo Canabarro

Keila Fernanda Hedlund Ferrari

Elvis Carissimi

DOI 10.22533/at.ed.77120261016

CAPÍTULO 17..... 199

COEFICIENTE DE DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA EM ÁREAS DE *EUCALYPTUS UROPHYLLA* E *EUCALYPTUS CITRIODORA*

Winkler José Pinto

André Batista de Negreiros

DOI 10.22533/at.ed.77120261017

SOBRE O ORGANIZADOR..... 213

ÍNDICE REMISSIVO..... 214

CAPÍTULO 17

COEFICIENTE DE DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA EM ÁREAS DE *EUCALYPTUS UROPHYLLA* E *EUCALYPTUS CITRIODORA*

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 07/07/2020

Winkler José Pinto

Universidade Federal de São João del-Rei,
Programa de Pós-Graduação em Geografia
São João del-Rei - Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/3634937493654514>

André Batista de Negreiros

Universidade Federal de São João del-Rei,
Departamento de Geociências
São João del-Rei - Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/2187395401914295>

RESUMO: Transformações nas paisagens naturais do planeta causam impactos negativos ao ambiente. Dentre as causas de perturbações ambientais, inclui-se a atividade da monocultura, que age como um fator de redução da biodiversidade. Neste contexto, análises relacionadas aos processos responsáveis sobre o funcionamento dos ecossistemas, surgem como grande alternativa para avaliar os níveis de perturbações nos ambientes. Assim, o objetivo do estudo foi compreender a influência do cultivo de *Eucalyptus spp.*, sobre a qualidade do ambiente em que está inserido. Para isso, foi selecionada uma área povoada por *Eucalyptus urophylla* e outra composta por *Eucalyptus citriodora*. Nestas áreas foram realizadas mensurações sobre a perda de massa da serapilheira foliar, para o cálculo do coeficiente de decomposição (k). As amostras de serapilheira da área de *E. urophylla*

apresentaram coeficiente de decomposição médio igual à $k = 0,48$, enquanto a área de *E. citriodora* apontou valor médio igual à $k = 0,53$. Os valores de k apresentados pela serapilheira dos eucaliptais não apontaram diferença estatísticas entre as espécies (Teste t- de Student, $p < 0,05$). A serapilheira das amostras de *E. urophylla* e *E. citriodora* apresentaram baixo valor para o coeficiente de decomposição, corroborando um padrão visto em espécies de eucaliptais, que está fortemente ligada à composição química do material foliar destas espécies, o que dificulta a ação dos agentes decompositores.

PALAVRAS-CHAVE: Processos Ecosistêmicos, Decomposição da Serapilheira, Coeficiente de decomposição (k), Funções da Serapilheira.

DECOMPOSITION COEFFICIENT OF LITTER IN AREAS OF *EUCALYPTUS UROPHYLLA* AND *EUCALYPTUS CITRIODORA*

ABSTRACT: Transformations on the planet's natural landscapes have negative impacts on the environment. Among the causes of environmental disturbances, the activity of monoculture is included, which acts as a factor in reducing biodiversity. In this context, analyzes related to the processes responsible for the functioning of ecosystems, appear as a great alternative to assess the levels of disturbances in the environments. Thus, the objective of the study was to understand the influence of *Eucalyptus spp.* Cultivation on the quality of the environment in which it is inserted. For this, an area populated by *Eucalyptus urophylla* and another composed

by *Eucalyptus citriodora* were selected. In these areas, measurements were made on the leaf litter mass loss, to calculate the decomposition coefficient (k). The litter samples from the area of *E. urophylla* presented an average decomposition coefficient equal to $k = 0.48$, while the area of *E. citriodora* showed an average value equal to $k = 0.53$. The k values presented by the eucalyptus litter did not show any statistical difference between the species (Student's t-test, $p < 0.05$). The litter of the samples of *E. urophylla* and *E. citriodora* showed low value for the decomposition coefficient, corroborating a pattern seen in eucalyptus species, which is strongly linked to the chemical composition of the leaf material of these species, which makes it difficult for the agents to action decomposers.

KEYWORDS: Ecosystem Processes, Litter decomposition, Decomposition coefficient (k), Litter functions.

1 | INTRODUÇÃO

Como resultado direto de ações antrópicas, a fragmentação de habitats, figura entre as mais graves ameaças à conservação dos ecossistemas, modificando a dinâmica e as relações ecológicas entre populações da fauna e flora, e destas com o meio abiótico (ALMEIDA, 2008). As ações humanas intensificam as perturbações dos ecossistemas, resultando na perda de habitats e biodiversidade, dentre outros distúrbios ambientais (FOLEY *et al.*, 2005).

A perda da biodiversidade na Terra tem consequências diretas e indiretas sobre a qualidade de vida no planeta (BENSUNSAN, 2006). Quanto menor a quantidade de florestas nativas, menos recursos e condições existirão naquela região e, assim, menos espécies poderão sobreviver naquele local (PÁDUA e CHIARAVALLOTI, 2012). Existe uma combinação entre recursos e condições (nicho ecológico) de um lugar para que cada espécie esteja presente (SANTANA, 2010). Portanto, quanto mais combinações existem entre os recursos e as condições de um ambiente, maior será a biodiversidade e a heterogeneidade da paisagem, resultando em uma maior diversidade biológica (BAPTISTA, 1998).

Dentre as atividades antrópicas que causam diversas perturbações ambientais, incluem-se as atividades de monocultura de espécies arbóreas (FOLEY *et al.*, 2005). Destacado aqui a silvicultura de *Eucalyptus spp.*, que têm avançado em várias regiões e fragmentado consideravelmente o *habitat* natural (GUO e SIMS, 1999). O seu desenvolvimento tem aumentado em resposta à demanda da indústria madeireira comercial global (FORRESTER *et al.*, 2013). Devido ao seu rápido crescimento, curta rotação no plantio e o alto consumo de nutrientes do solo e da água (VIANA, 2004), a ciclagem de nutrientes é uma das limitações para o estabelecimento de ecossistemas sustentáveis em áreas onde ocorrem a cultura de *Eucalyptus spp.* (LEMA *et al.*, 2007).

O cultivo de eucaliptais são apontados como indutores de desertificação, em associação ao ressecamento do solo (CANNELL, 1999), ocasionando um déficit no balanço hídrico do sistema ambiental (VIANA, 2004). Também é evidenciado como desestabilizador da ciclagem de nutrientes e causador de efeitos alelopáticos (LIMA, 1996). Em culturas

de *Eucalyptus spp.* são apontadas baixas taxas de decomposição da serapilheira (GAMA-RODRIGUES e BARROS, 2002), o que diminui a transferência de nutrientes na interação entre serapilheira e solo (GUO e SIMS, 2001), além de concentrar matéria seca de baixa qualidade nutricional para as cadeias microbianas responsáveis pela decomposição do material vegetal (FORRESTER *et al.*, 2006). O contínuo uso da terra para a cultura de *Eucalyptus spp.* pode ocasionar um acúmulo de fitotoxinas no solo, empobrecendo e comprometendo ainda mais a sua capacidade de fertilização (ZHANG e FU, 2009).

A serapilheira é responsável por inúmeras funções no equilíbrio e dinâmica ambiental (COSTA *et al.*, 2010). Ela realiza importante papel na ciclagem dos nutrientes (ODUM, 1988), uma vez que seus processos de deposição e decomposição são as principais fontes de transferência de nutrientes para os solos florestais (ABER e MELILO, 1991; CALDEIRA *et al.*, 2008). A serapilheira está também relacionada ao armazenamento de umidade e controle dos fluxos hídricos no ambiente (VALLEJO, 1982), controlando a capacidade de infiltração de água no solo (COELHO NETTO, 2003). Além de minimizar os efeitos erosivos no solo (VOIGTLAENDER, 2019).

De maneira, que compreender a dinâmica espacial e temporal dos processos da serapilheira torna-se um mecanismo eficaz para a compreensão dos distúrbios ambientais (SCHUMACHER *et al.*, 2004), transformando-a em um potente indicador de qualidade do ecossistema (ALVARENGA, 2013). Dessa forma, o objetivo deste trabalho é avaliar o processo de decomposição da serapilheira, através da análise dos resultados referentes ao coeficiente de decomposição (k), e discuti-los com outros estudos, desenvolvidos no Brasil e no exterior. O presente capítulo se originou de um trabalho de conclusão de curso para obtenção do título em geografia na Universidade Federal de São João del-Rei e complementa a análise realizada pelo trabalho desenvolvido por Pinto e Negreiros (2018).

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para as análises realizadas neste estudo foram selecionadas nos limites da bacia hidrográfica do Córrego do Lenheiro, uma área composta por *Eucalyptus urophylla*, e outra por *Eucalyptus citriodora*. A bacia está inserida nos limites de São João del-Rei, município situado na mesorregião do Campo das Vertentes, no estado de Minas Gerais (Figura 1). Segundo a classificação de Köppen e Geiger (1928), o clima é o Cwa, temperado e úmido, com duas estações bem definidas, verão quente e úmido, e inverno frio e seco. A temperatura média anual do município é de 19,2 °C, e a precipitação média é de 1437 mm ao ano (BARUQUI *et al.*, 2006). No período do experimento, entre os dias 24 de Março de 2017 e 22 de julho de 2017, a temperatura média apresentada na região estudada foi de 18,9°C, e as chuvas acumuladas para esse período amostral foi de 54 mm, enquanto a precipitação acumulada para todo ano de 2017 foi igual à 1133mm (INMET).

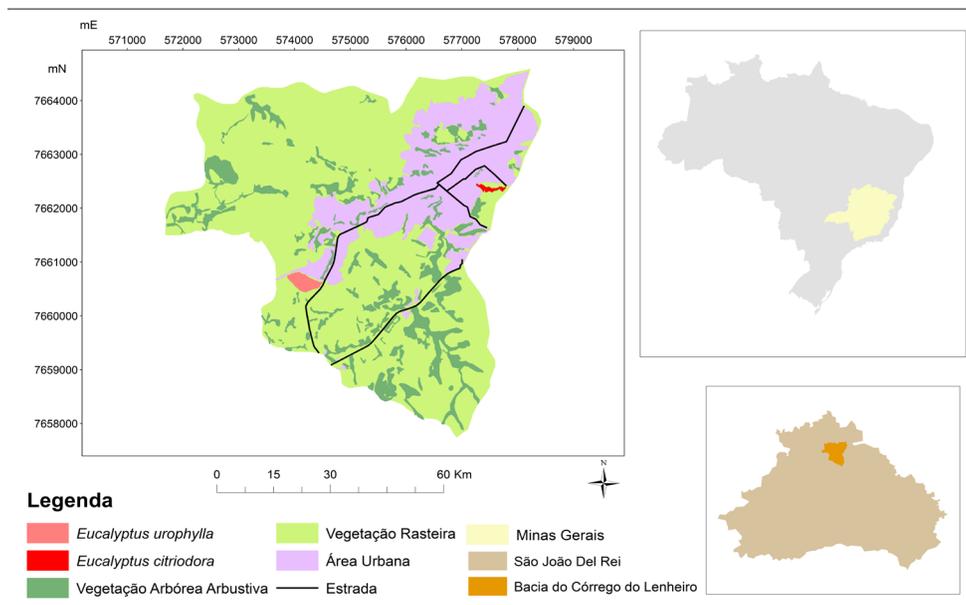


Figura 1: Mapa de localização da área de estudos.

(Fonte: Adaptado de Pinto e Negreiros, 2018)

O limite total da bacia hidrográfica ocupa uma área estimada em 2.715,72 ha., sua formação data próximo de 1,6 bilhões de anos, com altitude máxima atingindo 1.262 m. Geologicamente falando, o conjunto está inserido à Serra de São José, e são separadas pelo vale do Rio das Mortes (TAVARES, 2011). Considerado um anticlinal falhado, a Serra do Lenheiro, conta com pacote basal de quartzitos na sequência superior, e conglomerados situados na passagem dos quartzitos para os filitos, supondo ser um ambiente de deposição fluvial (VALERIANO, 1985). A vegetação natural predominante na região é caracterizada como campo cerrado e cerrado (CETEC, 1989). Caracterizada por áreas fragmentadas de matas, devido ao uso e ocupação do solo (ROSA *et al.*, 2018). Destacando-se dentre estas áreas um grande número de silviculturas de eucaliptais (RESENDE *et al.*, 2015).

A decomposição da serapilheira foliar foi avaliada utilizando o método dos *litter bags* (BOCOCK e GILBERT, 1957). Que permite mensurar em escala temporal, a perda de massa do material aferido (SCORIZA, 2012). Foram utilizados *litter bags* de malha porosa de 1 mm de espessura, e dimensões de 15 cm x 10 cm. Estes foram preenchidos com a fração foliar da serapilheira recém depositada sobre a superfície do solo, a camada denominada A_{000} L da serapilheira (MILLER, 1974).

O material coletado nas áreas amostrais, em laboratório, foram acometidos em estufa à 75°C, até atingir peso constante. Após este processo, uma fração foliar de 3 g de serapilheira foi acondicionada em cada *litter bag*, posteriormente depositadas oito amostras

nos fragmentos selecionados, sendo realizada três repetições em cada área amostral (GUO e SIMS, 1999; VIERA *et al.*, 2014; PINTO e NEGREIROS, 2018).

A coleta do material foi realizada quinzenalmente, sendo recolhido em cada plano amostral três *litter bags* por coleta, resultando na duração total de 120 dias deste processo, que foi realizado entre os dias 24 de Março de 2017 e 22 de julho de 2017 (PINTO e NEGREIROS, 2018). As amostras coletadas eram transportadas para o laboratório, onde era realizado o processo de triagem, para a separação da fração foliar das demais partes indesejadas. Em seguida, o material era acondicionado em estufa à 75°C, onde permanecia até alcançar peso constante, para a realização da pesagem final, e posteriormente realização do cálculo referente ao coeficiente de decomposição (k) (SCORIZA *et al.*, 2012; SILVA-JUNIOR *et al.*, 2014; PINTO e NEGREIROS, 2018).

Para o cálculo do coeficiente de decomposição (k) da fração foliar da serapilheira, foi utilizado o ajuste de modelo exponencial (THOMAS e ASAKAWA, 1993):

$$X_t = X_0 * e^{-kt}$$

Onde: X_t : peso seco (g) do material remanescente após t dias; X_0 : peso inicial (g) de material seco no tempo zero (t=0); k : constante de decomposição; t : tempo em dias.

Para comparação entre os resultados obtidos referentes ao coeficiente de decomposição das amostras da serapilheira das áreas amostradas (*E. urophylla* x *E. citriodora*), foi realizado Teste-t de Student.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para as taxas de decomposição mensuradas, as amostras de serapilheira da área de *E. citriodora*, apresentaram maior percentual de perda de massa foliar ao longo do experimento em comparação com as amostras de *E. urophylla* (PINTO e NEGREIROS, 2018). A média do coeficiente de decomposição (k), para as amostras provenientes da área composta por *E. urophylla* foi, $k = 0,48$, e para as amostras de *E. citriodora*, $k = 0,53$ (Tabela 1; Figura 2). Os valores referentes ao coeficiente de decomposição das amostras de serapilheira das áreas de *E. urophylla* e *E. citriodora* não apontaram diferenças estatísticas entre as espécies (Teste-t de Student, $p < 0.05$).

Plano Amostral	Coeficiente de Decomposição (k)			Média	Desvio Padrão
<i>E. urophylla</i>	0,51 ^A	0,45 ^A	0,48 ^A	0,48	0,03
<i>E. citriodora</i>	0,54 ^A	0,53 ^A	0,51 ^A	0,53	0,02

Tabela 1: Coeficiente de decomposição (k), das amostras de serapilheira depositadas nas áreas de estudo.

*Letras iguais indicam que não houveram diferenças estatísticas entre as amostras (Teste t- de Student, $p < 0.05$).

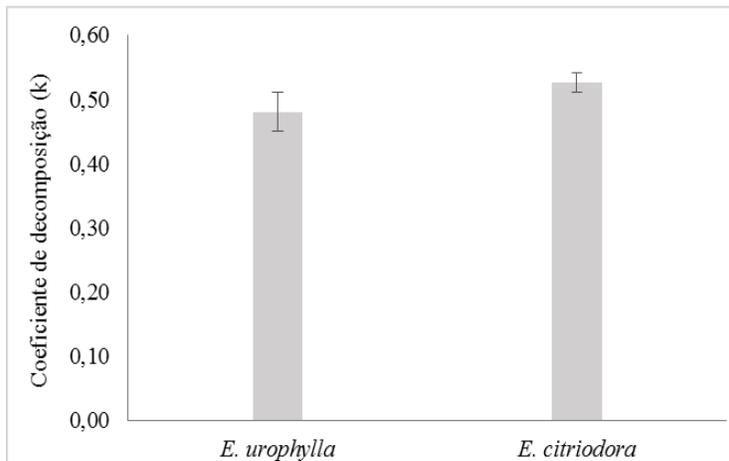


Figura 3: Coeficiente de decomposição (k), das amostras de serapilheira das áreas de eucaliptais.

Os dados apresentados relacionados à decomposição da serapilheira, apontados neste estudo, corroboram um padrão característico para *Eucalyptus spp.* (GAMA-RODRIGUES e BARROS, 2002; COSTA *et al.*, 2005; XAVIER VALADÃO *et al.* 2019), embora tenha sido avaliado em um período de apenas 120 dias. Este padrão, é representado por uma lenta decomposição da massa foliar (GUO e SIMS, 1999), devido à qualidade química do material vegetal, caracterizado principalmente por elevadas concentrações de ligninas e polifenóis (FACELLI e PICKETT, 1991; FERNANDES *et al.* 2007).

Os valores apresentados neste estudo se aproximam dos resultados vistos na literatura nacional e internacional. Para efeito de comparação com outros resultados apresenta-se uma compilação de dados, realizados através de revisão bibliográfica, com os valores do coeficiente de decomposição (k) apontados para áreas de eucaliptais (Tabela 2), e na sequência, os valores obtidos em áreas florestais (Tabela 3).

Tipo de vegetação	Localização	C. D. (k)*	Referência
<i>Eucalyptus urophylla</i>	São João del-Rei - MG	0,48	Neste estudo
<i>Eucalyptus citriodora</i>	São João del-Rei - MG	0,53	Neste estudo
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Campos dos Goytacazes - RJ	0,59	Zaia e Gama-Rodrigues (2004)
<i>Eucalyptus pellita</i>	Campos dos Goytacazes - RJ	0,51	Zaia e Gama-Rodrigues (2004)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. globulus maidenii</i>	Eldorado do Sul - RS	0,54	Shumacher <i>et al.</i> (2013)

<i>Eucalyptus urophylla</i>	Vitória da Conquista - BA	0,52	Pinto <i>et al.</i> (2016)
<i>Eucalyptus spp.</i>	Brasília - DF	0,34	Valadão <i>et al.</i> , 2019
<i>Eucalyptus spp.</i>	Queensland - Austrália	0,54	Wang <i>et al.</i> (2019)
<i>Eucalyptus spp.</i>	Queensland - Austrália	0,33	Wang <i>et al.</i> (2019)
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	Manica - Moçambique	0,51	Olson <i>et al.</i> (2019)

Tabela 2: Coeficiente de Decomposição (k) da serapilheira, em espécies de eucaliptais.

*Coeficiente de Decomposição (k)

Tipo de vegetação	Localização	C. D. (k)*	Referência
Floresta Amazônica	Ilha de Maracá -- RR	2,00	Scott <i>et al.</i> (1992)
Floresta de Restinga	Ilha do Cardoso - SP	1,07	Moraes <i>et al.</i> (1999)
Floresta úmida de Encosta	Jamaica	2,56	Mc Donald e Healey (2000)
Floresta de Mata Atlântica	Pinheiral - RJ	2,30	Menezes <i>et al.</i> (2010)
Floresta Ombrófila Primária	Ji-Paraná - RO	1,20	Cabianchi (2010)
Mata mesofítica	Pirapitinga - MG	1,54	Giácomo <i>et al.</i> (2012)
Floresta tropical (<i>Macaranga trachyphylla</i>)	Ilha de Borneo - Málasia	2,80	Nakamura <i>et al.</i> (2020)

Tabela 3: Coeficiente de Decomposição (k) da serapilheira, em diferentes tipos de vegetação florestal.

*Coeficiente de Decomposição (k)

Os dados apresentados referentes ao coeficiente de decomposição em espécies de eucaliptais (Tabela 2), quando comparados com dados coletados em áreas florestais (Tabela 3), apontam para um grande contraste entre as distintas áreas (monocultura de *Eucalyptus spp.* x áreas florestais heterogêneas). Evidenciando assim, um padrão de lenta decomposição da serapilheira em áreas de eucaliptais (GUO e SIMS, 1999; COSTA *et al.*, 2005).

Dessa forma, pode se atribuir que a decomposição da serapilheira é influenciada por uma gama de elementos bióticos e abióticos (CIANCIARUSO *et al.* 2006; WOOD e LAWRENCE, 2008), dentre eles: tipo de vegetação; estágio sucessional da vegetação; latitude; altitude; clima; temperatura; precipitação; disponibilidade de luz e fotoperíodo; evapotranspiração; relevo; disponibilidade hídrica; pedologia; estoque de nutrientes no solo

(MONTEZUMA, 2005; VALENTI *et al.* 2008, ABREU *et al.* 2010, SANTANA *et al.* 2010); diversidade da macro e microbiota; herbivoria (SEASTEDT e CROSSLEY JR, 1984); diversidade do material vegetal; qualidade nutricional da serapilheira (FERNANDES *et al.* 2007, VOGEL *et al.* 2007), incluindo quantidade de ligninas e polifenóis; relações C/N, C/P, lignina/N, polifenóis/N e lignina + polifenóis/N; concentração de nutrientes e de CO₂ atmosférico; e deposição de nitrogênio (FACELLI e PICKET, 1991; PORTES *et al.*, 1996; DINIZ e PAGANO, 1997). Outro fator de grande importância, é a fauna edáfica, formada pelos microrganismos e invertebrados que passam a maior parte de sua vida no solo e na serapilheira (GONZÁLEZ *et al.*, 2001). Que são um dos principais responsáveis pela decomposição da serapilheira e ciclagem de nutrientes, causando alterações químicas, físicas e biológicas no solo (FORRESTER *et al.*, 2006).

Relacionada à composição química do material, vegetais que contém alta concentração de lignina e polifenóis, estão associados às baixas taxas de decomposição da serapilheira (DINIZ e PAGANO, 1997). Estes elementos são constituintes da estrutura dos materiais orgânicos que persistem nas folhas de *Eucalyptus spp.* (COSTA *et al.*, 2005). Eles estão ligados à baixa palatabilidade do material orgânico para a fauna edáfica (CABANÉ *et al.*, 2004), fator que contribui para baixas taxas de decomposição em áreas eucaliptais (GAMA-RODRIGUES *et al.*, 2003). Já para a concentração de N e P, a serapilheira com maiores teores de concentração destes, apontam para taxas de decomposição mais aceleradas, em comparação aos materiais que apresentam menores concentrações (LIU *et al.*, 2003), como os *Eucalyptus spp.* (COSTA *et al.*, 2005).

Corroborando com os dados apresentados nas Tabelas 2 e 3, deve ser destacada a influência do meio sobre a perda de massa foliar da serapilheira. Áreas que apresentam grande heterogeneidade de espécies vegetais, propiciam maior disponibilidade de recursos e condições, favorecendo maior riqueza e diversidade biológica (PÁDUA e CHIARAVALLOTI, 2012), incluindo uma fauna edáfica mais diversificada, o que propicia maior coeficiente de decomposição nesta áreas (GONZÁLEZ *et al.*, 2001; FERNANDES *et al.*, 2007). Evidencia-se dessa forma que as áreas de *Eucalyptus spp.*, por se tratarem de monoculturas, possuem condições mais inóspitas para os agentes decompositores coexistirem (PÁDUA e CHIARAVALLOTI, 2012), propiciando assim, baixas taxas de decomposição nestas áreas (VOGEL *et al.*, 2007).

Outro fator destacado com grande importância para a decomposição da serapilheira, é a precipitação pluvial (MONTEZUMA, 2005). Períodos com alta precipitação apontam para maiores taxas de decomposição do material foliar (COSTA *et al.*, 2005). Desta forma, vale salientar que no período do experimento (120 dias), a precipitação foi de somente 54 mm (INMET), fator que, aliado à qualidade do material vegetal (FERNANDES *et al.* 2007), e a influência do meio (GUO e SIMS, 1999; VOGEL *et al.* 2007), contribuiu para os coeficientes de decomposição apontados pelas espécies avaliadas, considerados baixos.

4 | DISCUSSÕES FINAIS

Os coeficientes de decomposição de *E. urophylla* ($k = 0,51; 0,48; 0,45$) e *E. citriodora* ($k = 0,54; 0,51; 0,53$) apontados neste estudo, corroboraram com os valores considerados como um padrão na literatura nacional e internacional, evidenciando uma lenta decomposição, fortemente ligada à sua composição química, demarcada pela alta concentração de ligninas e polifenóis, tornando o material vegetal não atrativo para os agentes decompositores, o que resulta em uma lenta decomposição da serapilheira destas espécies.

As análises realizadas neste estudo demonstraram-se eficazes para o entendimento do funcionamento de ecossistemas com plantios de *Eucalyptus spp.* Possibilitou observar à partir de comparação com os resultados compilados através de revisão bibliográfica, que os ecossistemas de áreas florestais funcionam de forma mais eficiente que os ambientes de monoculturas de eucaliptais. Destacando a importância da proteção dos ecossistemas que apresentam grande diversidade de espécies da fauna e da flora. De maneira que se torna essencial pensar em um manejo de solo menos predatório, para não prejudicar o funcionamento dos ecossistemas e conseqüentemente trazer futuros problemas para a sociedade.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da Pós-Graduação, à Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) pela concessão da bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

ABER, J.D.; MELILO, J. **Terrestrial ecosystems**. Reinhart and Wintson, Inc.: Orlando, FL. USA. 428 p., 1991.

ABREU, J.R.S.P.; OLIVEIRA, R.R.; MONTEZUMA, R.C.M. **Dinâmica da serapilheira em um trecho de Floresta Atlântica secundária em área urbana do Rio de Janeiro**. *Pesquisas Botânica*, v. 61, p. 279-291, 2010.

ALMEIDA, C. G. **Análise espacial dos fragmentos florestais na área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná**. Dissertação de mestrado em Gestão do Território, Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa-PR, 74 p., 2008.

ALVARENGA, A.C. **Produção e qualidade de serapilheira e aporte de nutrientes em sistemas agroflorestais de agricultores familiares do norte de Minas Gerais**. Dissertação de mestrado em Ciências Agrária, área de concentração em Agroecologia - Universidade Federal de Minas Gerais, p. 83, 2013.

BAPTISTA, P. J. **A ecologia da paisagem na promoção da biodiversidade**. *Agro fórum: revista da Escola Superior Agrária de Castelo Branco*, v. 7, n. 13, p. 37-43, 1998.

BARUQUI, A. M. A.; NAIME, U. J.; MOTTA, P. E. F.; CARVALHO FILHO, A. D. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da Zona Campos das Vertentes-MG**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 96 (INFOTECA-E). 326 p., 2006.

BENSUNSAN, N. **Conservação da biodiversidade em áreas protegidas**. Ed. 1. Rio de Janeiro: Editora FGV, 176 p., 2006.

BOCOCK, K.L.; GILBERT, O.J.W. **The disappearance of litter under different woodland conditions**. *Plant and Soil*, v.9, n.2, p.179-185, 1957.

CABANÉ, M., PIREAUX, J-C., LÉGER, E., WEBER, E., DIZENGREMEL, P., POLLET, B., LAPIERRE, C. **Condensed Lignins Are Synthesized in Poplar Leaves Exposed to Ozone**. *Plant Physiology*. v. 134, n. 2, p. 586–594, 2004.

CABIANCHI, G.M. **Ciclagem de nutrientes via serapilheira em um fragmento ciliar do rio Urupá, Rondônia**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2010.

CALDEIRA, M.V.W.; VITORINO, M.D.; SCHAADT, S.S.; MORAES, E.; BALBINOT, R. **Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa**. Seminário: *Ciências Agrárias*, v.29, n.1, p. 53-68, 2008.

CANNELL, M. G. R. **Impactos ambientais das monoculturas florestais: uso da água, acidificação, conservação da vida selvagem e armazenamento de carbono**. *Kluwer Academic Publishers. New Forests* v. 17, p. 239-262, 1999.

CETEC, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. **Caracterização Ambiental da Bacia do Rio das Mortes. MG**. Relatório Técnico Final. Belo Horizonte, v. 1 e 2, 11 p., 1989.

CIANCIARUSO, M.V.; PIRES, J.S.R.; DELITTI, W.B.C.; SILVA, E.F.L.P. **Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil**. *Acta Botânica Brasílica* v. 20, n.1, p. 49-59, 2006.

COELHO NETTO A.L. **Evolução de Cabeceiras de Drenagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): Bases para um Modelo de Formação e Crescimento da Rede de Canais sob Controle Estrutural**. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. v. 4, n. 2, p.93-148. 2003.

COSTA, C.C.A.; CAMACHO, R. G. V.; MACEDO, I. D.; SILVA, P. C. M. **Análise comparativa da produção de serapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na Flona de Açu - RN**. *Revista Árvore*, n.34, v.2, p.259-265, 2010.

COSTA, G. S.; GAMA-RODRIGUES, A. C. D.; CUNHA, G. D. M. **Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense**. *Revista Árvore*, v. 29, n. 4, p. 563-570. 2005.

DINIZ, S.; PAGANO, S. N. **Dinâmica de folhedo em floresta mesófila semidecídua no município de Araras, SP**. I – Produção, decomposição e acúmulo. *Revista do Instituto Florestal*, v. 9, n. 1, p. 27-36, 1997.

FACELLI J.M.; PICKETT S.T.A. **Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure**. *The Botanical Review*. v. 57, p. 1-32, 1991.

FERNANDES, M.E.B.; NASCIMENTO, A.A.M.; CARVALHO, M.L. **Estimativa da produção anual de serapilheira dos bosques de mangue no Furo Grande, Bragança, Pará.** *Revista Árvore* v. 31, n. 5, p. 949-958, 2007.

FORRESTER, D. I.; BAUHUS, J.; COWIE, A. L.; VANCLAY, J. K. **Mixed-species plantations of *Eucalyptus* with nitrogen-fixing trees: a review.** *Forest Ecology and Management*, v. 233(2-3), p. 211-230, 2006.

FORRESTER, D. I.; KOHNLE, U.; ALBRECHT, A. T.; BAUHUS, J. **Complementarity in mixed-species stands of *Abies alba* and *Picea abies* varies with climate, site quality and stand density.** *Forest ecology and management*, v. 304, p. 233-242, 2013.

FOLEY, J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; HELKOWSKI, J. H. **Global consequences of land use.** *Science*, v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005.

GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N. F.; SANTOS, M. L. **Decomposição e liberação de nutrientes do folheto de espécies florestais nativas em plantios puros e mistos no sudeste da Bahia.** *Bras. Ci. Solo*, v. 27, p. 1021-1031, 2003.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N.F. **Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil.** *Revista Árvore*, v. 26, n. 2, p. 193-207, 2002.

GIÁCOMO, R. G.; PEREIRA, M. G.; MACHADO, D. L. **Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de cerrado e mata mesófitica na estação ecológica de Pirapitinga-MG.** *Ciência Florestal*, v. 22(4), p. 669-680, 2012.

GONZÁLEZ, G.; LEY, R.E.; ZOU, X.; SEASTEDT, T.R. **Soil ecological interactions: comparisons between tropical and subalpine forests.** *Oecologia*, v.128, n.4, p. 549-556, 2001.

GUO, L. B.; SIMS, R. E. H. ***Eucalypt* litter decomposition and nutrient release under a short rotation forest regime and effluent irrigation treatments in New Zealand: I. External effects.** *Soil Biology and Biochemistry*, v. 33, n. 10, p. 1381-1388, 2001.

GUO, L. B.; SIMS, R. E. H. **Litter decomposition and nutrient release via litter decomposition in New Zealand *eucalypt* short rotation forests.** *Agriculture, ecosystems & environment*, v. 75, n. 1, p. 133-140, 1999.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. ***Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes.*** Wall-map 150 cm x 200 cm, 1928.

LEMA, M., KEBE, S.; OPIO, R.; FENDERSON, C.; ADEFOPE, N. **Evaluation of TRICAL-336 triticale, Maton rye and Kentucky-31 fescue as winter pasture for meat goats.** *Journal of sustainable agriculture*, v. 30, n. 2, p. 89-104, 2007.

LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto.** São Paulo: EDUSP (2ª ed.), 301p. 1996.

LIU, W.; FOX, J.E.D.; XU, Z. **Litterfall and nutrient dynamics in a montane moist evergreen broad-leaved forest in a Ailao mountains, SW China.** *Plant Ecology* v. 164 n. 2, p.157-170, 2003.

MCDONALD, M.A.; HEALEY, J.R. **Nutrient cycling in secondary forest in the Blue Mountains of Jamaica.** *Forest Ecology and Management* 139: 257-278, 200.

MENEZES, C. E. G.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; ANJOS, L. H. C. D.; PAULA, R. R.; SOUZA, M. E. D. **Aporte e decomposição da serapilheira e produção de biomassa radicular em florestas com diferentes estágios sucessionais em Pinheiral, RJ.** *Ciência Florestal*, v. 20, n. 3, p. 439-452, 2010.

MILLER C.S. **Decomposition of coniferous leaf litter.** *Biology of plant litter decomposition.* Academic press, London, v. 1, p. 105-28, 1974.

MONTEZUMA, R.C.M. **Produção e reabilitação funcional do piso florestal em clareira de deslizamento – Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro.** Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 282p., 2005.

MORAES, R. G. de; DELITTI, W. B. C.; VUONO, Y. S. **Litterfall and litter nutrient in two Brazilian Tropical Forest.** *Revista Botânica*, São Paulo. v. 22, p. 10 - 14, 1999.

NAKAMURA, R.; CORNELIS, J. T.; DE TOMBEUR, F.; YOSHINAGA, A.; NAKAGAWA, M.; KITAJIMA, K. **Diversity of silicon release rates among tropical tree species during leaf-litter decomposition.** *Geoderma*, v. 368, e114288, 2020.

ODUM, E.P. **Ecologia.** Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan S.A. 434p., 1988.

OLSSON, B. A.; GUEDES B. S.; DAHLIN, A. S.; HYVÖNEN, R. **Predicted long-term effects of decomposition of leaf litter from *Pinus taeda*, *Eucalyptus cloeziana* and deciduous miombo trees on soil carbon stocks.** *Global Ecology and Conservation*, v. 17, e00587, 2019.

PÁDUA, C. B. V.; CHIARAVALLOTI, R. M. **Silvicultura e Biodiversidade.** *Cadernos do Diálogo*, v. 4. Rio do Sul, SC. APREMAVI, 2012.

PINTO, H. C. A.; BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F. D.; OLIVEIRA, F. G. R.; PAULA, A. D.; AMARAL, A. R. **Decomposição da serapilheira foliar de floresta nativa e plantios de *Pterogyne nitens* e *Eucalyptus urophylla* no Sudoeste da Bahia.** *Ciência Florestal*, v. 26, n. 4, p. 1141-1153, 2016.

PINTO, W.J.; NEGREIROS, A. B. **A serrapilheira como bioindicador de qualidade ambiental em fragmentos de *Eucalyptus*.** *Revista Continentes*, n. 12, 2018.

PORTES, M. C. G. O.; KOEHLER, A.; GALVÃO, F. **Variação sazonal de deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana no morro do Anhagava- PR.** *Floresta*, v. 26, n. 1-2, p. 3-10, 1996.

RESENDE, T. F.; ALMEIDA, G. P.; NEGREIROS, A.B. **Caracterização geoecológica e análise de fragmentos da bacia do Córrego do Lenheiro, São João del-Rei-MG.** *Revista Continentes*, n. 6, p. 68-82, 2015.

ROSA, T.; DUTRA, S. B.; NEGREIROS, A. B.; PEREIRA, G.; CARDOZO, F. D. S. **Modificações de uso e cobertura da terra no município de São João del-Rei-MG com ênfase para áreas de regeneração da cobertura vegetal.** *Caminhos de Geografia*, v. 19, n. 66, p. 313-324, 2018.

- SANTANA, O.A.; ENCINAS, J.I.; SILVEIRA, L.S.; RIBEIRO, G.S. **Produção de serapilheira em Floresta de Galeria e Floresta Mesofítica na Dolina da Garapa, Distrito Federal, Brasil.** *Cerne*, v.16 n. 4, p. 585-596, 2010.
- SCHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J.; KÖNIG, F.G. **Análise de nutrientes para a sustentabilidade.** *Revista da Madeira*, Curitiba, n.83, 2004.
- SCHUMACHER, M. V.; CORRÊA, R. S.; VIERA, M.; ARAÚJO, E. F. D. **Produção e decomposição de serapilheira em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus maidenii*.** *Cerne*, v. 19, n. 3, p. 501-508, 2013.
- SCORIZA, R.N.; PEREIRA, M. G.; PEREIRA, G. H. A.; MACHADO, D. L.; SILVA, E. M. R. **Métodos para coleta e análise de serapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes.** *Floresta e ambiente*, v. 2, n. 2, p. 1-18, 2012.
- SCOTT, D.A.; PROCTOR, J.; THOMPSON, J. **Ecological studies on a lowland evergreen rain forest on Maracá Island, Roraima, Brazil. II. Litterfall and nutrient cycling.** *Journal of Ecology* v. 80, p. 689-703, 1992.
- SILVA-JUNIOR, E. F. *et al.* **Leaf decomposition and ecosystem metabolism as functional indicators of land use impacts on tropical streams.** *Ecological Indicators*, v. 36, p. 195-204, 2014.
- SEASTEDT, T. R.; CROSSLEY JR, D. A. **The influence of arthropods on ecosystems.** *Bioscience*, v. 34, n. 3, p. 157-161, 1984.
- TADAKI, Y. **Leaf Biomass.** *JIBP synthesis*, Tokyo, v.16, p. 39-57, 1977.
- TAVARES, R. R. B. **Serra do Lenheiro em São João del-Rei como atrativo ecoturístico: um estudo de caso.** *Saberes Interdisciplinares*, v. 4, n. 7, p. 67-94, 2017.
- THOMAS R. J.; ASAKAWA N. M. **Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes.** *Soil Biology & Biochemistry*, v.25, n.10, p.1351-1361, 1993.
- VALENTI, M.W.; CIANCIARUSO, M.V.; BATALHA, M.A. **Seasonality of litterfall and leaf decomposition in a cerrado site.** *Brazilian Journal Biology*, v. 68 n. 3, p. 459-465, 2008.
- VALLEJO, L.R. **A influência do “litter” na distribuição das águas pluviais.** 1982. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Geografia). Rio de Janeiro, RJ: UFRJ, 88p., 1982.
- VALERIANO, C. **Geologia Estrutural e Estratigrafia do Grupo São João del-Rei na Região de São João del-Rei.** Tese de Pós-Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1985.
- VIANA, M. B. **O Eucalipto e os efeitos ambientais do seu plantio em escala.** Consultoria Legislativa. Brasília-DF. p. 9, 2004.
- VIERA, M.; SCHUMACHER, M.V.; ARAÚJO, E.F. **Disponibilização de nutrientes via decomposição da serapilheira foliar em um plantio de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus globulus*.** *Revista Floresta e Ambiente*, v.21, n.3, p.307-315, 2014.

VOGEL, H. L. M.; SCHUMACHER, M. V.; TRÜBY, P.; VUADEN E. **Avaliação da devolução de serapilheira em uma floresta Estacional Decidual em Itaara, RS, Brasil.** *Ciência Florestal*, v. 17, n. 3, p. 187-196, 2007.

VOIGTLAENDER, M. *et al.* **Nitrogen cycling in monospecific and mixed-species plantations of *Acacia mangium* and *Eucalyptus* at 4 sites in Brazil.** *Forest ecology and management*, v. 436, p. 56-67, 2019.

WANG, Y.; ZHENG, J.; BOYD, S. E.; XU, Z.; ZHOU, Q. **Effects of litter quality and quantity on chemical changes during eucalyptus litter decomposition in subtropical Australia.** *Plant and Soil*, v. 442, n. 1-2, p. 65-78, 2019.

WOOD, T.E.; LAWRENCE, D. **No short-term change in soil properties following four-fold litter addition in a Costa Rican rain forest.** *Plant Soil*, v. 307, p. 113-122, 2008.

XAVIER VALADAO, M.B.; CARNEIRO, K. M. S.; INKOTTE, J.; RIBEIRO, F. P.; MIGUEL, E. P.; GATTO, A. **Litterfall, litter layer and leaf decomposition in *Eucalyptus* stands on Cerrado soils.** *scientia forestalis*, v. 47, n. 122, p. 256-264, 2019.

ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. **Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região norte fluminense.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 5, p. 843-852, 2004.

ZHANG, C.; FU, S. **Allelopathic effects of eucalyptus and the establishment of mixed stands of eucalyptus and native species.** *Forest Ecology and Management* v. 258, p. 1391-1396, 2009.

SOBRE O ORGANIZADOR

DANIEL SANT'ANA - Possui doutorado em Uso e Conservação de Água pela Oxford Brookes University - Inglaterra (2010), mestrado em Eficiência Energética e Sustentabilidade em Edificações pela Oxford Brookes University - Inglaterra (2005) e graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas (2002). Atualmente, é Professor Associado na Universidade de Brasília (UnB), líder do grupo de pesquisa Água & Ambiente Construído e coordenador do curso de extensão Aproveitamento de Água Pluvial e Reúso de Água. Atua em processos de editoração como Editor Associado no periódico Paranoá, como avaliador ad hoc em periódicos nacionais e periódicos internacionais e é membro do Conselho Editorial da Atena Editora. Foi membro de comitê de assessoramento ad hoc para o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Apoio a Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF) e Programa de Iniciação Científica (ProIC/UnB). Foi membro da comissão de estudo especial da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) participando da elaboração das Normas Técnicas NBR 16782 (Conservação de Água em Edificações) e NBR 16783 (Uso de Fontes Alternativas de Água Não Potável em Edificações), e na revisão da Norma Técnica NBR 15527 (Aproveitamento de Água de Chuva). Tem experiência na área de Sustentabilidade com ênfase em Conservação de Água, atuando principalmente nos seguintes temas: Planejamento, Gestão e Governança da Água; Demanda Urbana e Usos-Finais de Água; Uso Racional de Água; e Sistemas Prediais de Água Não Potável.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento de Água 29, 36, 68, 69, 83, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 131, 132, 136, 138, 139, 142, 146, 147, 149, 151, 153, 156

Água Subterrânea 67, 70, 83

Algoritmo Genético 30, 36

Amazônia 48, 52, 54, 56, 59, 61, 63, 64, 65, 66

Aplicaciones para Dispositivos Móviles 15

Área de Recarga Hídrica 106, 115

Aterros Sanitários 167, 168, 171, 172, 173, 174, 175, 189, 190

B

Barragem 68, 69, 71, 86, 88, 89

C

Compressibilidade 173, 178, 179, 181, 185, 186, 188

CONAMA 68, 95, 96, 98, 100, 101, 102, 103, 158, 162, 163, 166, 169, 194, 197

Conservação de Recursos Hídricos 106

Contenção de Processos Erosivos 106

E

Efluentes 95, 98, 101, 102, 103, 112, 155, 157, 158, 159, 162, 163, 164, 165, 166, 194, 197

F

Fator de Atrito 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35

Filtro Biológico 155, 157

Fitoplâncton 86, 88, 89, 90, 91

Fossa Séptica 149, 155, 157, 160, 166

G

Gestão da Informação 135, 136, 137, 140, 145

H

Hidroquímica 67, 78, 85, 103

I

Intrusão Marinha 67, 77, 83

L

Litologia 67, 71, 77

Lixiviado de Aterro Sanitário 189

M

Manejo e Uso Adequado do Solo 106

Marco Regulatório 120, 121, 122, 126, 128, 130, 131, 132

Método Iterativo do Gradiente Hidráulico Alternativo 28, 30, 35

Modelación Hidráulica 15

Modelagem de Qualidade da Água 48

Modelo Hidrológico 37, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46

Modelos de Previsão 173, 178, 179, 185, 186

P

Planejamento Urbano e Regional 146, 149, 154

Política de Saneamento 120, 121, 127, 141

Política Nacional de Resíduos Sólidos 167, 168, 175, 176

Poluente Recalcitrante 189

Poluição 49, 50, 83, 84, 94, 95, 96, 102, 125

Preservação de Nascentes e de Áreas Permanentes 106

Processos de Oxidação Avançada 189, 190

Processos Ecosistêmicos 199

Q

Qualidade 29, 42, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 56, 63, 64, 66, 68, 69, 75, 83, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 117, 122, 124, 127, 135, 136, 137, 139, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 149, 150, 151, 153, 154, 156, 159, 166, 171, 190, 199, 200, 201, 204, 206, 207, 210

R

Recalque 173, 176, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 186

Recursos Hídricos 16, 28, 36, 37, 40, 45, 46, 66, 85, 87, 88, 94, 95, 96, 103, 106, 108, 109, 117, 118, 142, 181

Resíduos Sólidos Urbanos 122, 139, 167, 168, 171, 175, 176, 177, 178, 180, 181, 187, 188, 190, 198

S

Saneamento Básico 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, 146, 147, 150, 154, 156, 166, 169

Sedimentos 48, 51, 52, 54, 55, 57, 59, 61, 63, 64, 70, 75, 76, 86, 89, 90, 91, 112, 113, 115, 116

Sistemas de Informação Geográfica 15, 16

T

Tratamento 38, 94, 95, 98, 102, 105, 121, 125, 129, 130, 133, 139, 147, 153, 155, 156, 157, 158, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 168, 171, 174, 189, 190, 191, 193, 196, 198

V

Válvula 1, 3, 6, 7, 8, 12, 17

Ventosa y Modelo de Simulación 1

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

EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

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

EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA
