

# Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco  
Juliana Yuri Kawanishi  
Rafaelly do Nascimento  
(Organizadoras)



# Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco  
Juliana Yuri Kawanishi  
Rafaelly do Nascimento  
(Organizadoras)



2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Geraldo Alves  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores



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

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b> <b>(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
M514	Meio ambiente e desenvolvimento sustentável [recurso eletrônico] / Organizadoras Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco, Juliana Yuri Kawanishi, Rafaelly do Nascimento. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; v. 1)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-72477-54-3 DOI 10.22533/at.ed.543191111  1. Desenvolvimento sustentável. 2. Meio ambiente. 3. Sustentabilidade. I. Pacheco, Juliana Thaisa Rodrigues. II. Kawanishi, Juliana Yuri. III. Nascimento, Rafaelly do. IV. Série.  CDD 363.7
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

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

Atena  
Editora

Ano 2019

## APRESENTAÇÃO

A proposta da obra “Meio Ambiente & Desenvolvimento Sustentável” busca expor diferentes conteúdos vinculados à questão ambiental dispostos nos 61 capítulos entre volume I e volume II. O e-book conta com uma variedade de temáticas, mas tem como foco central a questão do meio ambiente.

As discussões sobre a questão ambiental e as novas demandas da sociedade moderna ganham visibilidade e despertam preocupações em várias áreas do conhecimento. Desde a utilização inteligente dos recursos naturais às inovações baseadas no desenvolvimento sustentável, por se tratar de um fenômeno complexo que envolve diversas áreas. Assim a temática do meio ambiente no atual contexto tem passado por transformações decorrentes do intenso processo de urbanização que resultam em problemas socioambientais. Compreende-se que o direito ambiental é um direito de todos, é fundamental para a reflexão sobre o presente e as futuras gerações.

A apresentação do e-book busca agregar os capítulos de acordo com a afinidade dos temas. No volume I os conteúdos centram-se em pesquisas de análise do desenvolvimento, sustentabilidade e meio ambiente sob diferentes perspectivas teóricas. A sustentabilidade como uma perspectiva de desenvolvimento também é abordada no intuito de preservar este meio e minimizar os impactos causados ao meio ambiente devido ao excesso de consumo, motivo das crises ambientais. O desafio para a sociedade contemporânea é pensar em um desenvolvimento atrelado à sustentabilidade.

O volume II aborda temas como ecologia, educação ambiental, biodiversidade e o uso do solo. Compreendendo a educação como uma técnica que faz interface com a questão ambiental, e os direitos ambientais pertinentes ao meio ambiente em suas várias vertentes como aspectos econômicos, culturais e históricos.

Os capítulos apresentados pelos autores e autoras também demonstram a preocupação em compartilhar os conhecimentos e firmam o comprometimento com as pesquisas para trazer melhorias para a sociedade de modo geral, sendo esse o objetivo da obra.

Juliana Thaisa R. Pacheco  
Juliana Yuri Kawanishi  
Rafaelly do Nascimento

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
HISTÓRIA E MEIO AMBIENTE: NA COSTA DO DENDÊ, O CACAU BEM QUE TENTOU, MAS FOI A BORRACHA E A MOTOSERRA QUE GANHOU	
Marcos Vinícius Andrade Lima Marjorie Cseko Nolasco	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5431911111</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>14</b>
A UTILIZAÇÃO DO AGREGADO FULIGEM COMO UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA MISTURA DO CONCRETO	
Gean Pereira da Silva Junior João Vitor Meneguetti Berti Jose Antônio Armani Paschoal	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5431911112</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
ADIÇÃO DE ÁGUA EM DEJETOS BOVINOS COMO ESTRATÉGIA DE OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE BIODIGESTÃO ANAERÓBICA	
Gabriela Ferreira Pagani Juliana Lobo Paes Priscilla Tojado dos Santos Romulo Cardoso Valadão Maxmillian Alves de Oliveira Merlo João Paulo Barreto Cunha Beatriz Costalonga Vargas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5431911113</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>34</b>
ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA UTFPR – CAMPUS LONDRINA	
Luiza Teodoro Leite Rafael Montanhini Soares de Oliveira Ricardo Nagamine Costanzi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5431911114</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>47</b>
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE HÍDRICA DE RIOS DA ZONA OESTE DO RIO DE JANEIRO, BRASIL	
Matheus dos Santos Silva Ana Carolina Silva de Oliveira Lima Lucas Ventura Pereira Alessandra Matias Alves Ana Cláudia Pimentel de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5431911115</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>55</b>
ESTUDO DA PERDA SOLO POR EROSÃO HÍDRICA NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO MONTE ALVERNE, NO MUNICÍPIO DE CASTELO (ES)	
Caio Henrique Ungarato Fiorese	

Herbert Torres  
Jander Abrita de Carvalho  
Paloma Osório Carvalho  
Isabelly Marvila Leonardo Ribeiro  
Antônio Marcos da Silva Batista  
Gabriel Gonçalves Batista  
Jefferson Gonçalves Batista  
Daniel Henrique Breda Binoti  
Gilson Silva Filho

**DOI 10.22533/at.ed.5431911116**

**CAPÍTULO 7 ..... 71**

**ESTUDO DO REÚSO DE ÁGUAS CINZAS NAS RESIDÊNCIAS DO BAIRRO CIDADE SATÉLITE EM BOA VISTA/RR**

Rosália Soares Aquino  
Emerson Lopes de Amorim  
Rodrigo Edson Castro Ávila  
Francilene Cardoso Alves Fortes  
Lucas Matos de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.5431911117**

**CAPÍTULO 8 ..... 83**

**DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM PERSPECTIVA: RELATOS DE UMA PESQUISA ETNOGRÁFICA NO ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA/PE**

Nilsen Aparecida Vieira Marcondes  
Edna Maria Querido de Oliveira Chamon  
Maria Aparecida Campos Diniz de Castro

**DOI 10.22533/at.ed.5431911118**

**CAPÍTULO 9 ..... 105**

**ESTUDO BIBLIOMÉTRICO SOBRE ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL MUNICIPAL (IDSM), DISPONIBILIZADOS NO PORTAL DE PERIÓDICOS CAPES**

Celso Fabrício Correia de Souza  
Regina Marcia Longo  
Josué Mastrodi Neto

**DOI 10.22533/at.ed.5431911119**

**CAPÍTULO 10 ..... 113**

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE URBANA: PANORAMA DAS PRINCIPAIS FERRAMENTAS UTILIZADAS PARA GESTÃO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Suise Carolina Carmelo de Almeida  
Luciana Márcia Gonçalves

**DOI 10.22533/at.ed.5431911110**

**CAPÍTULO 11 ..... 127**

**O FRONT END DA INOVAÇÃO ADAPTADO PARA UMA ENGENHARIA SUSTENTÁVEL**

Alexsandro dos Santos Silveira  
Gertrudes Aparecida Dandolini  
João Artur de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.5431911111**

**CAPÍTULO 12 ..... 139**

O PROGRAMA CIDADE SUSTENTÁVEL, SEUS INDICADORES E METAS:  
INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS PARA A AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE  
NO MUNICÍPIO DE PRATA/MG

Anaísa Filmiano Andrade Lopes  
Maria Eliza Alves Guerra

**DOI 10.22533/at.ed.54319111112**

**CAPÍTULO 13 ..... 157**

PORTOS NA ZONA COSTEIRA: A SERVIÇO DO DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL?

Naira Juliani Teixeira

**DOI 10.22533/at.ed.54319111113**

**CAPÍTULO 14 ..... 168**

TERRITÓRIO: COMO ESTRATÉGIA DE SOBREVIVÊNCIA NA COMUNIDADE DE  
AMPARO NO MUNICÍPIO DE PARANAGUÁ - PR

Marcio Rosario do Carmo  
Luiz Everson da Silva  
Francisco Xavier da Silva de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.54319111114**

**CAPÍTULO 15 ..... 186**

VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM BIODIGESTOR EM UMA  
PROPRIEDADE NO MUNICÍPIO DE RIBEIRÃO CLARO – PR

Danilo Maldonado de Souza  
Vitor Hugo da Silva  
Marco Antônio Silva de Castro  
Gilmara Bruschi Santos de Castro

**DOI 10.22533/at.ed.54319111115**

**CAPÍTULO 16 ..... 199**

UTILIZAÇÃO DE ESCÓRIA DE ALUMÍNIO COMO ADIÇÃO NA ARGAMASSA:  
ANÁLISE NO ESTADO FRESCO E ENDURECIDO

Gean Pereira da Silva Júnior  
Gabriela Oliveira Vicente  
Mariana Ferreira Trevisan

**DOI 10.22533/at.ed.54319111116**

**CAPÍTULO 17 ..... 210**

A PERCEPÇÃO AMBIENTAL DA POPULAÇÃO DE URUCURITUBA-AM QUANTO  
AO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Josilene Gama de Oliveira  
Neuzivaldo Leal Maciel  
Anna Karollyna Albino Brito  
Paulo Fernandes Cavalcante Júnior  
Alan Lopes da Costa  
Leovando Gama de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.54319111117**

**CAPÍTULO 18 ..... 222**

A POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM PEQUENOS MUNICÍPIOS:  
ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE TERRA RICA - PR

Danilo de Oliveira  
Lucas César Frediani Sant'ana

**DOI 10.22533/at.ed.54319111118**

**CAPÍTULO 19 ..... 235**

APROVEITAMENTO DO LODO DE ESGOTO PROVENIENTE DE TANQUE SÉPTICO  
VISANDO A RECUPERAÇÃO DE SOLOS DEGRADADOS

Laércio dos Santos Rosa Junior  
Hélio da Silva Almeida  
Lia Martins Pereira  
Bruno Silva de Holanda  
Iury Gustavo Mendonça de Souza  
Naira Pearce Malaquias  
Luciana dos Santos Cirino  
Ana Gabriela Santos Dias  
Allan Bruce Paiva de Moraes  
Elton Pires Magalhães  
Thaís dos Santos Palmeira  
Cleyanne Kelly Barbosa Souto

**DOI 10.22533/at.ed.54319111119**

**CAPÍTULO 20 ..... 244**

CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE UM ATERRO  
SANITÁRIO MUNICIPAL NO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO

Evandro Roberto Tagliaferro  
David Valpassos Viana

**DOI 10.22533/at.ed.54319111120**

**CAPÍTULO 21 ..... 255**

GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UMA UNIDADE DE ALIMENTAÇÃO E  
NUTRIÇÃO NO MUNICÍPIO DE MACAÉ – RJ

Geani de Oliveira Marins  
Kátia Calvi Lenzi de Almeida  
Mariane Rossato Moreira

**DOI 10.22533/at.ed.54319111121**

**CAPÍTULO 22 ..... 267**

GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO CAMPUS I DA UNEB: ARTICULANDO  
PESQUISA, GESTÃO AMBIENTAL E POLÍTICAS PÚBLICAS

Darluce da Silva Oliveira  
Isabelle Pedreira Déjardin

**DOI 10.22533/at.ed.54319111122**

**CAPÍTULO 23 ..... 279**

GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA ESCOLA MUNICIPAL EUCLIDES LINS NO  
MUNICÍPIO DE SENADOR ELÓI DE SOUZA-RN

José Roberto Alves Bezerra

Julieta de Araújo Pereira  
Maria das Vitórias Silva Ferreira  
Francisca Joelma Vitória Lima  
Gláucia Aline de Andrade Farias  
Marilene Ambrósio da Silva  
Allysson Lindálio Marques Guedes  
Magnólia Meireles da Silva  
Jobson Magno Batista de Lima  
Rafael Batista de Souza  
Carpegiane Alves de Assis  
Aelio Luiz de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.54319111123**

**CAPÍTULO 24 ..... 289**

**IMPACTOS DO LANÇAMENTO DE ESGOTOS EM ZONAS ESTUARINAS:  
PERCEPÇÃO DOS MORADORES EM UMA COMUNIDADE EM MACAU/RN**

Isabel Joane do Nascimento de Araujo  
Ceres Virginia da Costa Dantas

**DOI 10.22533/at.ed.54319111124**

**CAPÍTULO 25 ..... 302**

**PECULIARIDADES NO DESENVOLVIMENTO REGIONAL DA EXPANSÃO  
CAPITALISTA NA AMAZÔNIA MATOGROSSENSE**

Leticia Gabrielle de Pinho e Silva  
Gildete Evangelista da Silva  
Luiz Antônio de Campos  
Alexandre Nascimento

**DOI 10.22533/at.ed.54319111125**

**CAPÍTULO 26 ..... 312**

**PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE SAÚDE NAS FONTES GERADORAS  
DE TRÊS HOSPITAIS DO PARÁ: FONTE DE SUSTENTABILIDADE SIMBIÓTICA E  
DESAFIOS ÀS POLÍTICAS PÚBLICAS SETORIAIS DA COLETA SELETIVA**

Maria de Fátima Miranda Lopes de Carvalho  
Maria de Valdivia Costa Norat

**DOI 10.22533/at.ed.54319111126**

**CAPÍTULO 27 ..... 327**

**RESÍDUOS DE ANTIBIÓTICOS E SEUS IMPACTOS NOS AMBIENTES AQUÁTICOS**

Carolina Tavares de Carvalho  
Robélio Mascoli Junior  
Juliana Heloisa Pinê Américo-Pinheiro

**DOI 10.22533/at.ed.54319111127**

**CAPÍTULO 28 ..... 367**

**A PROBLEMÁTICA DO DESCARTE IRREGULAR DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL POR PEQUENOS GERADORES NO MUNICÍPIO DE LONDRINA/PR**

Isabela Cristine de Araujo  
Sueli Tavares de Melo Souza  
Eliene Moraes (*in memoriam*)

**DOI 10.22533/at.ed.54319111128**

**CAPÍTULO 29 ..... 352**

PERCEPÇÃO AMBIENTAL E A GESTÃO PARTICIPATIVA DOS SERVIDORES  
TÉCNICO-ADMINISTRATIVOS E DOCENTES GESTORES DO INSTITUTO DE  
CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

Maria Ivete Rissino Prestes  
Gilmar Wanzeller Siqueira  
Teresa Cristina Cardoso Alvares  
Jonathan Miranda Rissino  
Milena de Lima Wanzeller  
Maria Alice do Socorro Lima Siqueira

**DOI 10.22533/at.ed.54319111129**

**CAPÍTULO 30 ..... 363**

ANÁLISE DE INDICADORES SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS DE UMA URBE  
AMAZÔNICA

Antonio Carlos Santos do Nascimento Passos de Oliveira  
Eduarda Guimarães Silva  
Rafaela Nazareth Pinheiro De Oliveira Silveira

**DOI 10.22533/at.ed.54319111130**

**SOBRE AS ORGANIZADORAS ..... 371**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 372**

## ESTUDO DA PERDA SOLO POR EROÇÃO HÍDRICA NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO MONTE ALVERNE, NO MUNICÍPIO DE CASTELO (ES)

### **Caio Henrique Ungarato Fiorese**

Centro Universitário São Camilo, Curso de Engenharia Ambiental  
Castelo – Espírito Santo

### **Herbert Torres**

Centro Universitário São Camilo, Curso de Engenharia Ambiental  
Cachoeiro de Itapemirim – Espírito Santo

### **Jander Abrita de Carvalho**

C.E.E.F.M.T.I. Washington Pinheiro Meirelles,  
Docente na disciplina de Física  
Itapemirim – Espírito Santo

### **Paloma Osório Carvalho**

C.E.E.F.M.T.I. Washington Pinheiro Meirelles, 2ª série do Ensino Médio  
Itapemirim – Espírito Santo

### **Isabelly Marvila Leonardo Ribeiro**

C.E.E.F.M.T.I. Washington Pinheiro Meirelles, 2ª série do Ensino Médio  
Itapemirim – Espírito Santo

### **Antônio Marcos da Silva Batista**

C.E.E.F.M.T.I. Washington Pinheiro Meirelles, 3ª série do Ensino Médio  
Itapemirim – Espírito Santo

### **Gabriel Gonçalves Batista**

C.E.E.F.M.T.I. Washington Pinheiro Meirelles, 3ª série do Ensino Médio  
Itapemirim – Espírito Santo

### **Jefferson Gonçalves Batista**

C.E.E.F.M.T.I. Washington Pinheiro Meirelles, 3ª série do Ensino Médio  
Itapemirim – Espírito Santo

### **Daniel Henrique Breda Binoti**

Centro Universitário São Camilo, Curso de Engenharia Ambiental  
Jerônimo Monteiro – Espírito Santo

### **Gilson Silva Filho**

Centro Universitário São Camilo, Curso de Engenharia Ambiental  
Cachoeiro de Itapemirim – Espírito Santo

**RESUMO:** A erosão de solos é um dos maiores agravantes na qualidade ambiental e produção sustentável, principalmente quando aborda-se bacias hidrográficas. Diante dessa relevância e considerando geotecnologias, o objetivo deste trabalho foi estimar e mapear a erosão na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Monte Alverne (BHRMA) como forma de subsidiar melhorias locais. Os procedimentos foram executados no programa ArcGIS®, tendo como base de dados a Agência Nacional de Águas e o GEOBASES/ES. Inicialmente, foi delimitada a BHRMA. A partir da geração do Modelo Digital de Elevação, foram gerados os mapas de declividade e comprimento de rampa por meio de um algoritmo, além da obtenção da direção e acumulado da drenagem. Juntamente com as informações de erodibilidade, erosividade e fatores práticas conservacionistas e uso de solo, sendo consultadas na literatura e no GEOBASES/ES, foram estimadas, classificadas

e mapeadas a erosão atual e a erosão potencial para a sub-bacia. A BHRMA possui elevada vulnerabilidade a perda de solos em sua maior parte (90,08%), devido às suas condições topográficas e de relevo, visto também pelo elevado fator topográfico. Considerando a erosão potencial, apesar de ter maior área com ligeira perda de solos (35,77%), a maior parte da sub-bacia possui alta tendência a erosão. Dada a predominância da agropecuária na região e a grande tendência a perda de solos, a atuação do setor público e comitês de bacias locais, ampliação da cobertura vegetal nativa e técnicas adequadas de manejo agrícola e pecuária são algumas das medidas essenciais para atenuar a erosão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise ambiental; Geoprocessamento; Impactos ambientais; Mitigação; Processos erosivos.

## STUDY OF SOIL LOSS BY WATER EROSION IN THE RIBEIRÃO MONTE ALVERNE WATERSHED, IN THE MUNICIPALITY OF CASTELO (ES)

**ABSTRACT:** Soil erosion is one of the biggest aggravating factors in environmental quality and sustainable production, especially when addressing watersheds. Given this relevance and considering geotechnologies, the objective of this work was to estimate and map erosion in the ribeirão Monte Alverne river basin (RMARB) as a way to support local improvements. The procedures were performed in the ArcGIS® program, having as database the National Water Agency and GEOBASES / ES. Initially, the BHRMA was delimited. From the generation of the Digital Elevation Model, the slope and slope ramp maps were generated by an algorithm, in addition to obtaining the direction and accumulated drainage. Along with the information on erodibility, erosivity and conservationist practical factors and soil use, being consulted in the literature and GEOBASES/ES, the current erosion and the potential erosion for the sub-basin were estimated, classified and mapped. The RMARB has high vulnerability to soil loss for the most part (90,08%), due to its topographic and relief conditions, also seen by the high topographic factor. Considering potential erosion, despite having a larger area with slight soil loss (35,77%), most of the sub-basin has a high tendency to erosion. Given the predominance of agriculture in the region and the great tendency towards soil loss, the action of the public sector and local basin committees, the expansion of native vegetation cover, and adequate agricultural and livestock management techniques are some of the essential measures to mitigate erosion.

**KEYWORDS:** Environmental analysis; Geoprocessing; Environmental impacts; Mitigation; Erosive processes.

## 1 | INTRODUÇÃO

A erosão do solo tem se constituído um assunto relevante no Brasil e em vários outros países, devido aos expressivos prejuízos de ordem financeira, física e social. A preocupação em compreender a dinâmica dos processos erosivos e os impactos provocados, assim como o desenvolvimento de metodologias de investigação e

elaboração de técnicas mitigadoras, faz com que essa temática esteja em constante vigência (PEREIRA, 2014).

Erosão do solo significa o desgaste da superfície do terreno em decorrência da retirada e o transporte dos grãos minerais pela ação da água, vento, gelo ou outros agentes geológicos. Esse desgaste do ambiente natural ocorre, principalmente, através da retirada da vegetação, do manejo e uso inadequado do solo (BIGARELLA, 2003). Além de reduzir sua capacidade produtiva para as culturas, a erosão pode causar sérios danos ambientais, como o assoreamento e a poluição de corpos hídricos (COGO; LEVIEN; SCHWARZ, 2003). Existem dois fatores que contribuem com o surgimento da erosão, que são: ação natural e ação antrópica. Contudo, o agravamento da erosão varia conforme as características ambientais e físicas de determinado local (MAGALHÃES et al., 2012).

Entre as diversas maneiras pelas quais os solos de uso agrícola e/ou florestal podem perder sua capacidade produtiva, destaca-se a erosão provocada pela água das chuvas, ou seja, a erosão hídrica. A deposição dos sedimentos arrastados no processo erosivo acarreta elevação das cotas de inundação em decorrência da redução da capacidade de escoamento dos canais, além de afetar a vida aquática através da poluição de corpos hídricos (CAVICHIOLO, 2005).

Diante desse cenário, os modelos matemáticos de erosão, quando devidamente aplicados, são considerados ferramentas muito apropriadas para estudos dos fatores que interferem no processo erosivo e direcionamento das decisões de gerenciamento do uso de solo. Um dos exemplos desses modelos é a Equação Universal de Perda de Solos (USLE), que permite identificar as perdas de solo decorrentes da ocupação atual e possibilitar a simulação de cenários futuros (BARBOSA et al., 2015).

Essa equação foi elaborada visando prever perdas de solo médias em períodos longos e condições específicas, sendo que a mesma exprime em função de seis variáveis ambientais e de manejo (CEMIN et al., 2013), que são: erosividade da chuva, erodibilidade do solo, topografia, uso e manejo do solo e práticas conservacionistas (EDUARDO et al., 2013). Por meio da USLE, é possível modelar a erosão hídrica e visualizar seu resultado de forma distribuída na bacia hidrográfica de interesse, além da identificação de áreas prioritárias para se trabalhar quanto à conservação do solo e a possibilidade de análise de extensas bases de dados (BARROS et al., 2018).

Os sistemas de Informação Geográfica (SIG) são softwares capazes de reunir e vincular objetos gráficos a estruturas de banco de dados, permitindo a concretização de complexas análises espaciais (SILVA; MARTINS; ARAÚJO, 2014). A utilização de modelos matemáticos em Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) apresenta-se como uma ferramenta eficaz na estimativa da vulnerabilidade a erosão dos solos, permitindo identificar as taxas de erosão hídrica, a fim de subsidiar serviços ecológicos visando à sustentabilidade (RODRIGUES et al., 2017).

O uso das ferramentas de geoprocessamento tem sido incorporado de maneira crescente às áreas de cartografia, análise de sistemas ambientais, planejamento

urbano e regional, entre outras (SILVA; MARTINS; ARAÚJO, 2014), em virtude de permitir, também, uma mensuração mais realística das características locais, determinando com mais eficiência a tendência a perda de solos de determinada área (RIBEIRO, 2012).

O Estado do Espírito Santo, apesar de possuir grande predominância da agropecuária, aproximadamente dois terços do território capixaba apresentam relevo acidentado, condições propícias à degradação quando as atividades agrícolas não contam com adequado sistema de conservação e manejo de solo e água (THOMAZINI; AZEVEDO; MENDONÇA, 2012). Todavia, mais especificamente na região Sul, existem poucos estudos que abordam detalhadamente a vulnerabilidade do solo, sobretudo a nível de sub-bacia hidrográfica. Diante dessa situação e, com auxílio de geotecnologias, o objetivo do trabalho foi avaliar a perda de solo por erosão hídrica na sub-bacia do Ribeirão Monte Alverne, no município de Castelo (ES), com vistas à embasar melhorias quanto à qualidade ambiental da região.

## **2 | METODOLOGIA**

O trabalho considerou como local de estudo a sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Monte Alverne (sigla – BHRMA), que fica localizada na zona rural do município de Castelo, na mesorregião Sul do Estado do Espírito Santo. Com uma área de 4519,05 hectares, possui a cafeicultura, pecuária e silvicultura do eucalipto como as principais atividades econômicas. Seu principal recurso hídrico, o Ribeirão Monte Alverne, deságua no Rio Caxixe, sendo que, neste recurso hídrico, ocorre a captação de água para abastecimento da cidade de Castelo (ES). A Figura 1 apresenta a localização da área estudada.

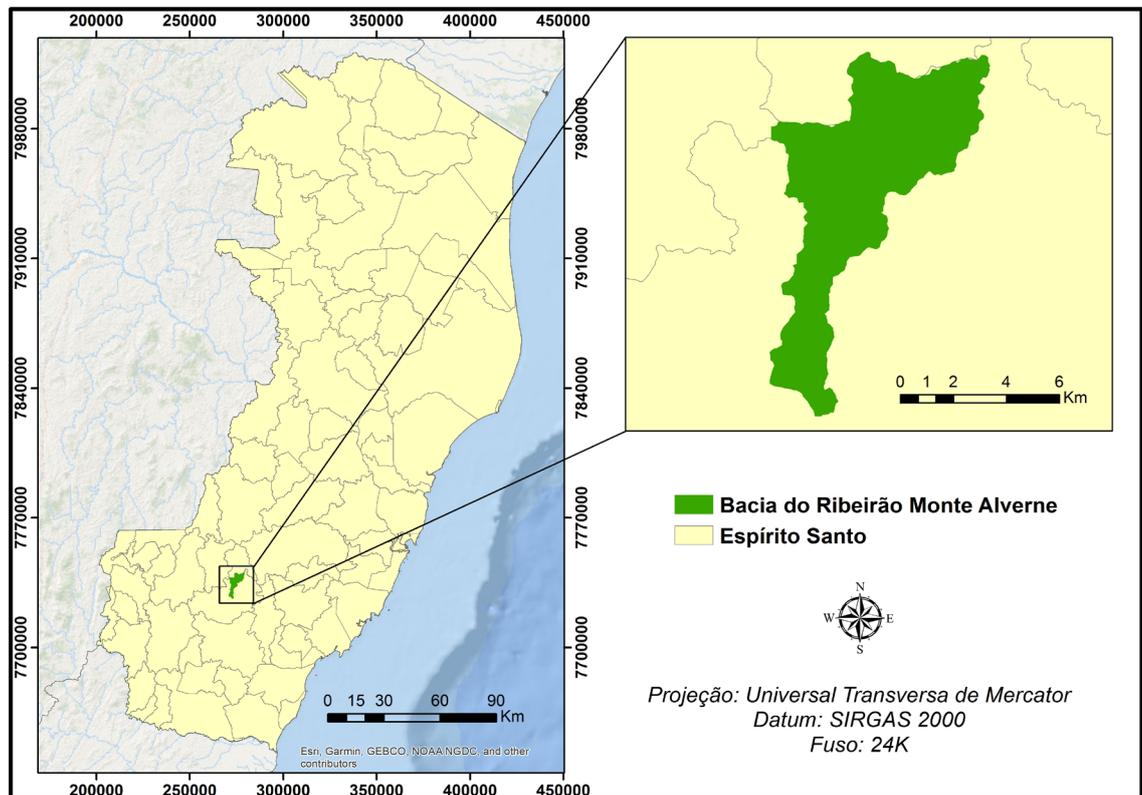


Figura 1 – Localização da BHRMA.

Fonte: Os Autores (2019).

Os procedimentos foram realizados no programa computacional ArcGIS®, tendo como bases cartográficas digitais o Sistema de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES) e o Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). A princípio, foi delimitada a BHRMA por meio dos seguintes procedimentos (SANTOS et al., 2014): geração do Modelo Digital de Elevação (MDE) a partir da interpolação de curvas de nível adquiridas no GEOBASES, correção do MDE, obtenção da direção (flow direction) e do acumulado (flow accumulation) do fluxo de drenagem da região, obtenção da rede de drenagem local, demarcação do exutório da bacia, delimitação a bacia através da geração de um arquivo em formato raster e conversão do arquivo para formato polígono.

Apos a delimitação da BHRMA, foi estimada a taxa média de perda de solo, que foi realizada pela equação universal de perda de solo (USLE). A equação foi elaborada visando prever as perdas de solos médias em períodos longos e condições específicas, exprimindo a ação dos principais fatores que afetam a erosão hídrica, sendo expressa em função de seis variáveis ambientais e de manejo (CEMIN et al., 2013). A USLE é expressa através da equação (1):

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (1)$$

Sendo:

**A:** perda de solo (ton/ha.ano);

**R:** fator erosividade da chuva (MJ.mm/(ha.h));

**K:** fator erodibilidade do solo (ton. ha.h. / ha.(MJ.mm));

**L:** fator comprimento de rampa (adimensional);

**S:** fator declividade, baseado em % de declividade;

**C:** fator uso e manejo do solo (adimensional);

**P:** fator prática conservacionista.

A capacidade da chuva de causar erosão em uma área desprotegida em determinada localidade é expressa pelo fator numérico R (WISCHMEIER; SMITH, 1962), sendo obtida a partir de índices mensais de erosão, estimados pela equação (2), desenvolvida por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992):

$$EI_i = 67,355 \times \left( \frac{r_i^2}{P_i} \right)^{0,85} \quad (2)$$

Sendo:

**EI<sub>i</sub>:** média mensal do índice de erosão (MJ ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>);

**r<sub>i</sub>:** precipitação pluvial média mensal (mm);

**P<sub>i</sub>:** precipitação pluvial média anual (mm) (1 ≤ i ≤ 12) .

O fator R corresponde ao somatório dos índices mensais de erosão (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999). Os dados referentes à precipitação pluvial média mensal e anual foram adquiridos no portal eletrônico Hidroweb, da Agência Nacional de Águas (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2019), considerando uma série histórica pluviométrica de 46 anos.

Alguns solos apresentam maior propensão à erosão que outros, mesmo quando a cobertura vegetal, a precipitação, o declive e as práticas de controle de erosão são as mesmas. Essa diferença é chamada de erodibilidade do solo, e ocorre devida às propriedades inerentes ao solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999). A partir do MDE da área estudada, foi gerado o mapa de declividade local, com intuito de determinar o chamado fator topográfico (LS) da equação, a partir da geração de dois mapas. O mapa do fator L foi obtido com auxílio da metodologia descrita por Desmet e Govers (1996), McCool et al. (1987) e McCool et al. (1989) e utilizada por Oliveira et al. (2010), por meio das equações (3), (4) e (5):

$$F = \frac{\sin E / 0,0896}{0,56 + 3(\sin E)^{0,8}} \quad (3)$$

$$m = \frac{F}{1 + F} \quad (4)$$

$$L = \frac{[(A + D^2)]^{(m+1)} - A^{m+1}}{x^m D^{m+2} (22,13)^m} \quad (5)$$

Sendo:

**D:** tamanho do pixel (determinado no ícone propriedades do arquivo);

**A:** fluxo acumulado da drenagem (flow accumulation, no ArcGIS®);

**C:** declividade (expressa e convertida em radianos);

**x:** coeficiente de forma (adotado  $x = 1$ , para sistemas compostos por pixels).

Em seguida, foi gerado o mapa do fator S, através do algoritmo de McCool et al. (1987) e McCool et al. (1989), partindo das seguintes condições matemáticas, considerando a declividade: quando  $\tan E < 0,09$ , adotar  $S = 10,8 \times \sin(E) + 0,03$  e; quando  $\tan E \geq 0,09$ , adotar  $S = 16,8 \sin(E) + 0,5$ . O mapa do fator LS foi obtido por meio da multiplicação dos fatores L e S.

O fator cobertura e manejo do solo (C) significa a relação entre a perda de solo ocorrida em uma área coberta e sob um manejo em particular e a perda ocorrida em uma área equivalente. O fator C varia de 0 a 1, onde valores próximos de 1 representam áreas com cobertura vegetal quase nula e, portanto, mais vulneráveis à erosão hídrica (RODRIGUES et al., 2017). Já o fator práticas conservacionistas (P) representa a relação entre a perda de solo em uma área sob determinada prática de suporte e a perda de solo em uma área equivalente, com ausência de prática. São citados como exemplos dessas práticas os cultivos em contorno, em faixas com rotação de culturas e o terraceamento. Ambas controlam a erosão atenuando a velocidade e capacidade de transporte da enxurrada (AMARAL, 2006).

Para este trabalho, os fatores C e P foram unidos (CP) para, posteriormente, consultá-los na literatura. Os dados de uso e ocupação do solo da BHRMA foram adquiridos junto ao GEOBASES, referente ao mapeamento dos anos de 2012 a 2015, em escala igual ou melhor a 1:25000 (GEOBASES, 2019). Posteriormente, o arquivo de uso do solo foi editado em layout do programa, tornando possível a identificação e quantificação, em porcentagem de área (%), das classes.

Todas as operações de álgebra de mapas foram realizadas no ícone “raster calculator”, no ArcGIS®. Foram obtidos os mapas de erosão atual e potencial. A erosão potencial considera os aspectos de relevo (fator topográfico), erodibilidade e erosividade dos solos, ao passo que a erosão atual abrange os aspectos supracitados e os fator CP (uso e ocupação do solo e práticas conservacionistas) (DURÃES; MELLO, 2016). Além da geração dos mapas, a erosão foi classificada conforme a classificação abordada por Beskow et al. (2009) e interpretada conforme os dados da literatura considerada.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O fator de erosividade estimado para a BHRMA foi igual a 6454,68. De acordo com Magalhães Filho et al. (2014), a erosividade da chuva é um índice numérico que

expressa duas características da chuva: a energia cinética da gota de chuva e sua intensidade com potencial de causar erosão em áreas desprotegidas.

Foram identificados quatro tipos de solo diferentes para a área, sendo que os valores para o fator K variaram de 0,028 a 0,044, como mostra a Tabela 1. Quanto as classes de uso e ocupação das terras, foram identificadas quatorze classes diferentes, destacando-se a vegetação nativa, a pastagem e a cafeicultura, com fator CP variando de 0 a 1, conforme é mostrado na Tabela 2.

<b>Tipo de solo</b>	<b>Área (%)</b>	<b>Fator K</b>
Cambissolo háplico	10,03	0,037
Latossolo amarelo	2,64	0,041
Chernossolo argilúvico	77,78	0,028
Argissolo vermelho	9,55	0,044

Tabela 1 – Dados do fator erodibilidade (K) para cada tipo de solo da BHRMA

Fonte: (SILVA et al., 2009); (DENARDIN, 1990); (LANZANOVA, 2009);

<b>Classe (uso e ocupação de solo)</b>	<b>Área (%)</b>	<b>Fator CP</b>
Afloramento rochoso	2,29	0
Brejo	0,07	0
Cultivo agrícola – banana	0,03	0,25
Cultivo agrícola – café	26,57	0,25
Outros cultivos permanentes	0,80	0,25
Outros cultivos temporários	1,21	0,20
Extração (Mineração)	0,04	0
Macega	4,85	0,01
Massa d'água	0,13	0
Vegetação nativa	21,11	0,00013
Vegetação nativa em estágio inicial de regeneração	5,46	0,00013
Outras classes	4,97	0
Pastagem	26,67	0,025
Reflorestamento – eucalipto	5,37	0,0026
Solo exposto	0,41	1

Tabela 2 – Dados do fator CP e porcentagem de área para cada uso e ocupação de solo da BHRMA

Fonte: (STEIN et al., 1987); (SILVA, 2004).

Na BHRMA, há maior predominância do tipo de solo “Chernossolo argilúvico”. De acordo com o uso de solo, a vegetação nativa consolidada e em estágio inicial

de regeneração abrange cerca de 26,6%, ao passo que a pastagem e a cafeicultura possuem grande destaque nesta sub-bacia. Somadas, representam mais da metade da área. Assim, representam um motivo de preocupação quanto aos processos erosivos, caso não haja um manejo correto dessas áreas.

Quanto ao fator topográfico, que foi agrupado em nove classes para este estudo, a maior parte da BHRMA apresenta valores compreendidos de 4,5 a 8,0, ao passo que apenas 11,53% da sub-bacia possui fator LS igual ou menor que 2,0. A Tabela 3 apresenta as informações de área, em porcentagem, para cada classe de fator topográfico.

<b>Classe (fator topográfico)</b>	<b>Área (%)</b>
≤ 2,0	11,55
2,0 – 3,0	7,03
3,0 – 4,5	9,32
4,5 – 6,0	30,90
6,0 – 8,0	30,80
8,0 – 10,0	7,59
10,0 – 15,0	2,56
15,0 – 20,0	0,11
> 20,0	0,13

Tabela 3 – Dados de área (%) para cada classe de fator topográfico

Fonte: Os Autores (2019).

De acordo com Silva (2008), valores de fator LS menores que 2 significam, pelo menos matematicamente, atenuação do processo erosivo e superfícies de relevo plano, considerando que estudos indicam que valores do fator LS que variam de 0 a 2 indicam menores taxas de erosão. Portanto, para a sub-bacia estudada, há predominância de elevado valor de fator topográfico, significando elevada vulnerabilidade a processos erosivos em aproximadamente 89,45% da área. Isso pode ser atribuído à declividade da bacia pois, segundo Oliveira et al. (2010), as perdas de solo podem ser mais sensíveis com a alteração da declividade, e não tanto com o comprimento de rampa. Com elevada declividade, a tendência é de haver maiores processos erosivos e maior fator LS, conforme visto para a BHRMA.

De acordo com os dados de erosão atual obtidos, há maior predominância da classe “ligeira”, com 35,77% da área da BHRMA. Todavia, as classes “muito alta” e “extremamente alta” abrangem aproximadamente 48% da sub-bacia, significando elevada vulnerabilidade a perda de solo desta região. A Tabela 4 e a Figura 2 apresentam, respectivamente, os valores de área para cada classe de perda de solo atual e o mapeamento desta perda de solo.

Classe (ton/ha.ano)	Área (ha)	Área (%)
Ligeira	1616,46	35,77
Ligeira a moderada	220,98	4,89
Moderada	115,69	2,56
Moderada a alta	106,20	2,35
Alta	290,12	6,42
Muito alta	914,66	20,24
Extremamente alta	1254,94	27,77

Tabela 4 – Área, em hectares e percentual, para cada classe de erosão atual do solo da BHRMA

Fonte: Os Autores (2019).

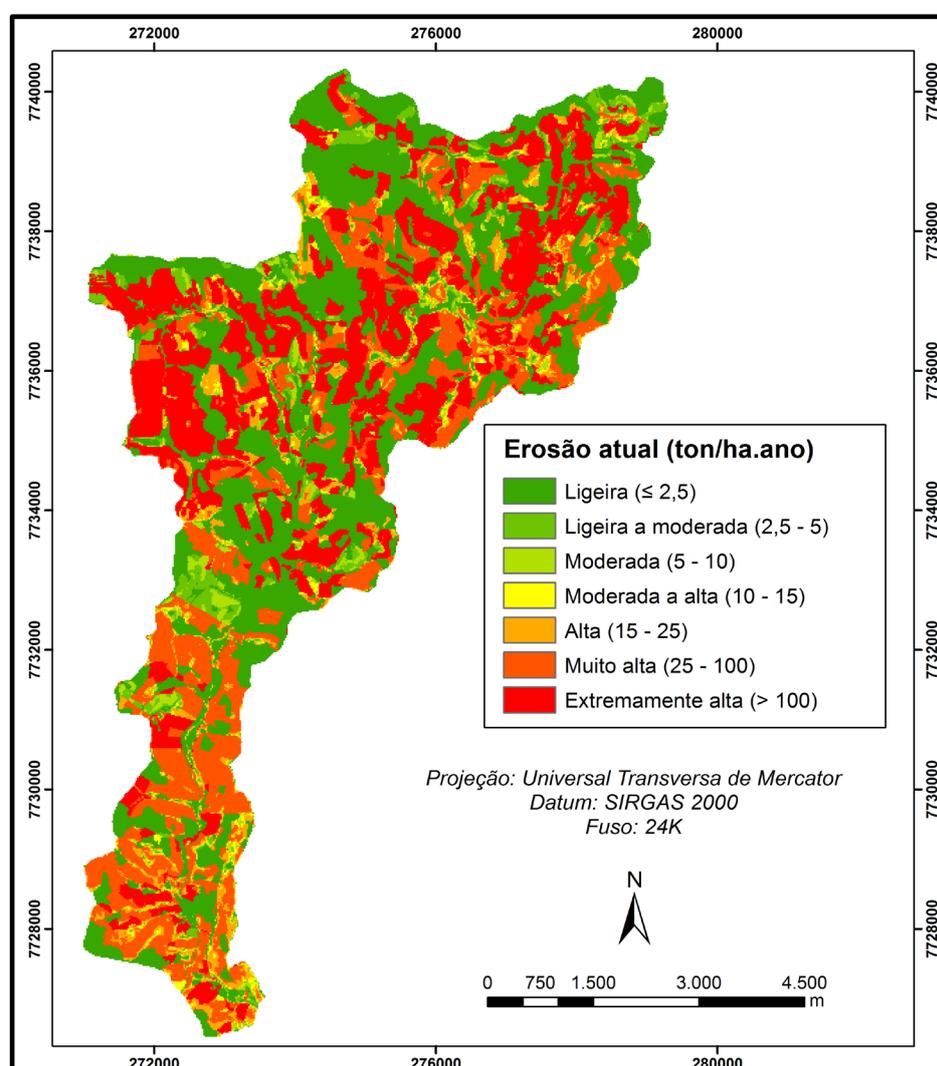


Figura 2 – Mapa de erosão atual da BHRMA

Fonte: Os Autores (2019).

Em estudo semelhante realizado na sub-bacia do Rio Cervo (MG), Rodrigues et al. (2017) determinaram que mais da metade desta sub-bacia possui perda de solo

classificada como “ligeira”, ao passo que as classes “muito alta” e “extremamente alta” somaram 30,77% da área. Todavia, os resultados obtidos para a BHRMA foram ainda mais insatisfatórios, tendo em vista a maior quantidade de área vulnerável a fortes processos erosivos.

Os resultados mostram que a BHRMA, de acordo com a ocupação do solo atual, possui menor vulnerabilidade em boa parte de sua área. Todavia, a elevada vulnerabilidade a erosão em quase metade da sub-bacia significa um motivo de preocupação no que diz respeito ao planejamento territorial. A ocupação do solo ausente de planejamento provoca fatores que favorecem a erosão do solo, entre eles o excesso de superfícies sem cobertura vegetal, que reduz a taxa de infiltração da água pluvial, intensificando, por exemplo, riscos de erosão, deslizamentos e compactação dos solos (BOLINA et al., 2017).

Outra questão relevante é o uso das terras agrícolas locais, em virtude da predominância da cafeicultura. O mau uso agrícola acelera a erosão hídrica nas bacias hidrográficas e poluem os rios com material particulado, adubos e pesticidas (TOMAZONI; GUIMARÃES, 2005). Para a BHRMA, esse fator é um péssimo agravante para a qualidade dos cursos hídricos locais, do Rio Caxixe e para a captação de água para abastecimento.

Diante dessa situação, é de extrema importância a adoção de medidas para melhor gerenciamento das terras locais e minimizar os processos erosivos, principalmente na agropecuária. O uso das práticas de manejo e conservação, também abordada nos trabalhos de Rodrigues et al. (2017), pode melhorar as características químicas, físicas e morfológicas do solo. No caso da conservação dos solos, a mesma tem como finalidade evitar a degradação dos solos, que acontece com frequência da seguinte forma: aração, plantio e o cultivo no sentido “morro abaixo”, as queimadas intensas e o pisoteio do gado (SOARES et al., 2016). Porém, a conservação dos solos para a BHRMA deve ser realizada envolvendo agricultores, pecuaristas, comitês de bacias hidrográficas locais e poder público. É necessária uma gestão capaz de trazer maior sustentabilidade na produção agrícola e pecuária local, favorecendo a conservação do meio biótico e abiótico.

A preservação das áreas de preservação permanente (APPs) e reservas legais aliada a trabalhos de recuperação de nascentes representa outro aspecto importante para atenuar a erosão. De acordo com Santana e Araújo (2017), a vegetação, independentemente do tamanho, têm raízes que fazem a ancoragem do solo.

Ainda segundo Santana e Araújo (2017), as árvores agem como "guarda-chuvas" do solo, e a vegetação em geral age como um redutor de velocidade das águas que correm no solo. Portanto, a ampliação da cobertura vegetal nativa em é um fator relevante na contenção dos processos erosivos, a fim de trazer maior proteção ao solo e diversos outros benefícios ambientais.

De acordo com a erosão potencial estimada e mapeada, apenas cerca de 9,90% da sub-bacia apresenta perda de solo classificada como “fraca e moderada”. A maior

classe corresponde a de intensidade “moderada a forte”, com 40,76%. Todavia, as classes “moderada a forte” e “forte”, somadas, representam 80,75% da sub-bacia. Ambas as classes, quando somadas com a classe “muito forte”, abrangem 90,08%. A Tabela 5 e a Figura 3 apresentam, respectivamente, a quantificação da área para cada classe de erosão potencial e a geoespacialização das classes de perda de solo.

Classe (ton/ha.ano)	Área (ha)	Área (%)
Fraco	283,45	6,27
Moderada	164,86	3,65
Moderada a Forte	1841,98	40,76
Forte	1807,34	39,99
Muito forte	421,42	9,32

Tabela 5 – Dados de área para cada classe de erosão potencial do solo para o município de Castelo

Fonte: Os Autores (2019).

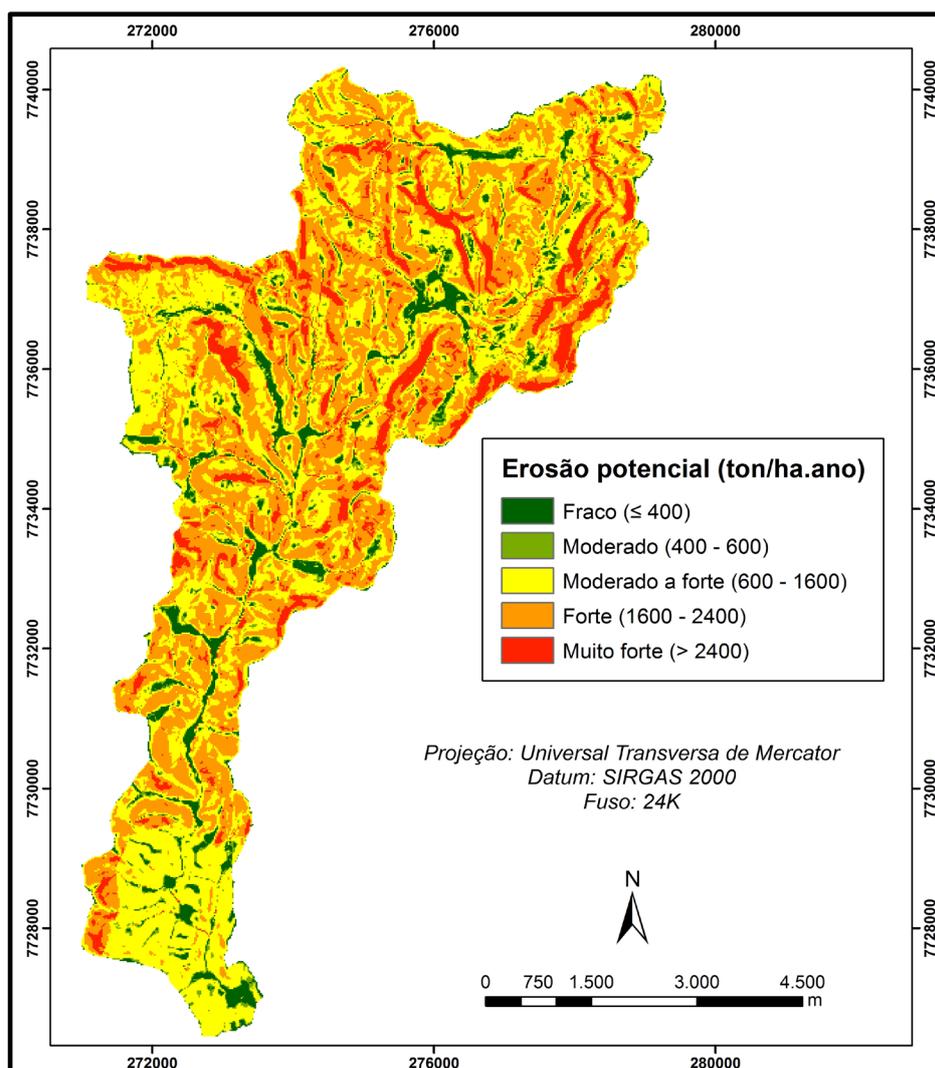


Figura 3 – Mapa de erosão potencial da BHRMA

Fonte: Os Autores (2019).

Em virtude das suas características físicas, a BHRMA possui elevada tendência a perda de solos, podendo ser atribuído, principalmente, ao elevado fator LS, significando um motivo de preocupação para a contenção dos processos erosivos. Segundo Pereira (2014), com a susceptibilidade a processos erosivos, as taxas anuais de perda de solo via erosão laminar podem aumentar conforme o manejo e as práticas conservacionistas, além da ausência de vegetação nativa. Um agravante para a BHRMA, dada a elevada presença da agropecuária.

Diante dessa situação, há grande necessidade de um planejamento correto das formas de uso e ocupação das terras. Especificamente, a conservação dos solos em áreas agricultáveis pode ser feita com práticas de manejo, fundamentais para a harmonia da paisagem. Para conservar suas terras e garantir boa produtividade com racionalidade, o agricultor deve agir de forma conservacionista, com o intuito de ter um solo sadio e produtivo, necessitando conhecer os mecanismos de degradação dos solos para poder evitá-los ou amenizá-los. (SOARES et al., 2016).

Outro fator relevante é o planejamento correto das estradas florestais, pois são áreas de elevado risco de perda de solos, alcançando valores superiores a 200 ton/ha.ano, o que demanda cuidados especiais quanto ao controle dos processos erosivos (GUIMARÃES et al., 2011). Um exemplo de técnica a ser considerada nesses locais é a manutenção e criação de sistemas de drenagem. Fatores estes relevantes e necessários para a sub-bacia, diante da elevada vulnerabilidade a processos erosivos, considerando ou desconsiderando o fator CP (práticas conservacionistas e uso de solo).

#### **4 | CONCLUSÃO**

A sub-bacia estudada apresenta elevada vulnerabilidade a processos erosivos, em virtude de suas características topográficas e de relevo, visto na estimativa da erosão potencial e do fator topográfico. Considerando as práticas conservacionistas e uso de solo, embora haja maior predominância de áreas com ligeira perda de solos, a maior parte da BHRMA possui susceptibilidade a processos erosivos de moderada a extremamente alta. Esses fatores, juntamente com a predominância da agropecuária, indicam a necessidade mitigar e atenuar erosivos. A aplicação de técnicas de manejo correto da agropecuária, melhor planejamento do uso e da ocupação das terras e a atuação do poder público e comitês de bacias hidrográficas locais visando a produção mais sustentável são medidas fundamentais para a melhoria da qualidade ambiental na região minimizando a perda de solos.

#### **5 | AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Espírito Santo – FAPES, pela concessão de bolsas de estudo e pelo apoio necessário à

execução deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Séries históricas de estações**. Disponível em: <[http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes\\_historicas\\_abas.jsf](http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf)>. Acesso em: 28 mai. 2019.

AMARAL, A. J. do. **Fator cobertura e manejo da Equação Universal de Perda de Solo para soja e trigo em um Cambissolo Húmico Alumínico submetido a diferentes sistemas de manejo**. 2006. 112 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2006.

BARBOSA, A. F.; OLIVEIRA, E. F. de.; MIOTO, C. L.; PARANHOS FILHO, A. C. **Aplicação da Equação Universal de Perda de Solos (USLE) em softwares livres e gratuitos**. Anuário do Instituto de Geociências, v. 38, n. 1, p. 170-179, 2015.

BARROS, E. N. de S.; VIOLA, M. R.; RODRIGUES, J. A. M.; MELLO, C. R.; AVANZI, J. C.; ALVES, M. V. G. **Modelagem da erosão hídrica nas bacias hidrográficas dos rios Lontra e Manoel Alves Pequeno, Tocantins**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v. 13, n. 1, p. 1-9, 2018.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone Editora, 1999.

BESKOW, S.; MELLO, C. R.; NORTON, L. D.; CURI, N.; VIOLA, M. R.; AVANZI, J. C. **Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil using distributed modeling**. Catena, v. 79, p. 49-59, 2009.

BIGARELLA, J. J. **Estruturas e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

BOLINA, C. de C.; SILVA, E. E. R.; SOUSA, L. R. P. de.; MACEDO, M. M.; RODRIGUES, J. F.; GOMES, M. I. L. **Sistema de informações geográficas: estimativa da erosão laminar na bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite – GO**. Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia, v. 11, p. 328-353, 2017.

CAVICHIOLO, S. R. **Perdas de solo e nutrientes por erosão hídrica em diferentes métodos de preparo do solo em plantio de *Pinus taeda***. 2005. 152 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

CEMIN, G.; PÉRICO, E.; SCHNEIDER, V. E.; FINOTTI, A. R. **Determinação da perda de solos por erosão laminar na bacia hidrográfica do arroio Marrecas, RS, Brasil**. Scientia plena, v. 9, n. 1, p. 1-9, 2013.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. **Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 27, p. 743-753, 2003.

DENARDIN, J. E. **Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos**. 1990. 81 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

DURÃES, M. F.; MELLO, C. R. de. **Distribuição espacial da erosão potencial e atual do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí, MG**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 21, n. 4, p. 677-685, out./dez. 2016.

EDUARDO, E. N.; CARVALHO, D. F. de.; MACHADO, R. L.; SOARES, P. F. C.; ALMEIDA, W. S. de. **Erodibilidade, fatores cobertura e manejo e práticas conservacionistas em argissolo vermelho-amarelo, sob condições de chuva natural**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 37, p. 796-803,

2013.

GEOBASES. **IEMA – mapeamento ES – 2012-2015**. Disponível em: <[https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas12 15](https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas12%2015)>. Acesso em: 1 jun. 2019.

GUIMARÃES, R. Z.; LINGNAU, C.; RIZZI, N. E.; SCHEICHI, R. G.; BIANCHI, R. de C. **Espacialização da perda de solo por erosão laminar na microbacia do Rio Campinas, Joinville SC**. Revista Ra' e Ga, v. 23, p. 534-554, 2011.

LANZANOVA, M. E. **Efeito de sistemas de culturas em plantio direto na erosão e propriedades de um argissolo vermelho**. 2009. 264 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. **Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP)**. Bragantia, Campinas, v. 51, n. 2, p. 189-196, 1992.

MAGALHÃES, I. A. L.; NERY, C. V. M.; ZANETTI, S. S.; PENA, F. E. da R.; CECÍLIO, R. A.; SANTOS, A. R. dos. **Uso de geotecnologias para estimativa de perda solo e identificação das áreas susceptíveis a erosão laminar na sub-bacia hidrográfica do Rio Vieira, município de Montes Claros, MG**. Cadernos de Geociências, v. 9, n. 2, p. 74-84, nov. 2012.

MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; AYRES, F. M.; SOBRINHO, T. A. **Integrando SIG e USLE para mapeamento da perda de solo em área de proteção ambiental**. Revista Agrarian, Dourados, v. 7, n. 26, p. 552-559, 2014.

MCCOOL, D. K.; BROWN, L. C.; FOSTER, G. R. **Revised slop steepness factor of the Universal Soil Loss Equation**. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, v. 30, p. 1387-1396, 1987.

MCCOOL, D. K.; FOSTER, G. R.; MUTCHLER, C. K.; MEYER, L. D. **Revised slope length factor for the Universal Soil Loss Equation**. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, v. 32, p. 1571-1576, 1989.

OLIVEIRA, P. T. S. de.; RODRIGUES, D. B. B.; SOBRINHO, T. A.; PANACHUKI, E. **Estimativa do fator topográfico da USLE a partir de três algoritmos**. Revista Ambi-Água, v. 5, n. 2, p. 217-225, 2010.

PEREIRA, J. S. **Avaliação das perdas de solo por erosão laminar na área de influência da UHE Amador Aguiar I**. 2014. 167 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

RIBEIRO, A. P. I. **Aperfeiçoamento do emprego da Equação Universal de Perda de Solo na aplicação do pagamento por serviços ambientais da política espírito-santense de recursos hídricos**. 2012. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

RODRIGUES, J. A. S.; MELLO, C. R. de.; VIOLA, M. R.; RODRIGUES, M. C. **Estimativa da vulnerabilidade dos solos à erosão hídrica na bacia hidrográfica do Rio Cervo – MG**. Geociências, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 531-542, 2017.

SANTANA, A. L. da S.; ARAÚJO, G. L. **Erosão do solo em uma propriedade rural no município de Abre Campo (MG)**. In: SEMINÁRIO CIENTÍFICO DA FACIG, 3.; 2017, Manhauçu. Anais... Manhauçu: FACIG. 2017.

SANTOS, A. R. dos.; EUGÊNIO, F. C.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SOARES, V. P.; MOREIRA, M. A.; SANTOS, G. M. A. D. A. dos. **ArcGIS 10.2.2 passo a passo: elaborando meu primeiro mapeamento**. Alegre: CAUFES, 2014. 53 p.

- SILVA, V. C. **Estimativa da erosão atual da bacia do Rio Paracatu (MG/GO/DF)**. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 34, n. 3, p. 147-159, 2004.
- SILVA, A. M. **Potencial natural de erosão no município de Sorocaba, São Paulo, Brasil**. Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil, v.8, n.1, p.5-13, 2008.
- SILVA, R. M.; PAIVA, F. M. L.; SANTOS, C. A. G. **Análise do grau de erodibilidade e perdas de solo na sub-bacia do Rio Capiá baseado em SIG e sensoriamento remoto**. Revista Brasileira de Geografia Física, Recife, v. 2, n. 1, p. 26-40, 2009.
- SILVA, R. P. da.; MARTINS, A. V. de O.; ARAÚJO, P. C. de. **A utilização do geoprocessamento e da cartografia nos estudos agropecuários: um estudo de caso para a Região Metropolitana de Natal**. Sociedade e Território, Natal, v. 26, n. 2, p. 92-108, jul./dez. 2014.
- SOARES, B. S. **Práticas de manejo e conservação do solo da cultura cafeeira na bacia hidrográfica do Riacho Água Fria, Barra do Choça – Bahia**. Revista REGNE, v. 2, p. 1-10, 2016.
- STEIN, D. P.; PONÇANO, W. L.; SAAD, A. R. **Potencial de erosão laminar, natural e antrópico na Bacia do Peixe-Paranapanema**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROÇÃO, 4., 197, Marília. Anais... Marília: ABGE/DAEE, 1987.
- THOMAZINI, A.; AZEVEDO, H. C. A. de.; MENDONÇA, E. de S. **Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas conservacionistas e convencionais de café no sul do estado do Espírito Santo**. Revista Brasileira de Agroecologia, v. 7, n. 2, p. 150-159, 2012.
- TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E. **A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do Rio Jirau**. Revista Brasileira de Cartografia, n. 57, p. 235-244, 2005.
- WISCHMEIER, W. H. SMITH, D. D. **Rainfall erosion**. Advances in Agronomy, New York, n° 14, p. 109-148, 1962.

## **SOBRE AS ORGANIZADORAS**

**Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco** - Possui graduação em Bacharelado em Geografia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2008). Atualmente é doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Estadual de Ponta Grossa, turma de 2018 e participa do Núcleo de Pesquisa Questão Ambiental, Gênero e Condição de Pobreza. Mestre em Ciências Sociais Aplicadas pela UEPG (2013), na área de concentração Cidadania e Políticas Públicas, linha de Pesquisa: Estado, Direitos e Políticas Públicas. Como formação complementar cursou na Universidade de Bremen, Alemanha, as seguintes disciplinas: Soziologie der Sozialpolitik (Sociologia da Política Social), Mensch, Gesellschaft und Raum (Pessoas, Sociedade e Espaço), Wirtschaftsgeographie (Geografia Econômica), Stadt und Sozialgeographie (Cidade e Geografia Social). Atua na área de pesquisa em política habitacional, planejamento urbano, políticas públicas e urbanização.

**Juliana Yuri Kawanishi** - Possui graduação em Serviço Social (2017), pela Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG. Atualmente é mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais Aplicadas da linha de Pesquisa: Estado, Direitos e Políticas Públicas, bolsista pela Fundação CAPES e desenvolve pesquisa na Universidade Estadual de Ponta Grossa – PR, turma de 2018. É membro do Núcleo de Pesquisa Questão Ambiental, Gênero e Condição de Pobreza e do grupo de pesquisa Cultura de Paz, Direitos Humanos e Desenvolvimento Sustentável. Atua na área de pesquisa em planejamento urbano, direito à cidade, mobilidade urbana e gênero. Com experiência efetivada profissionalmente no campo de assessoria e consultoria. Foi estagiária na empresa Emancipar Assessoria e Consultoria. Desenvolveu pesquisa pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC, trabalhando com as linhas de mobilidade urbana e transporte público em Ponta Grossa.

**Rafaelly do Nascimento** - Possui graduação em Jornalismo pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2016). Atualmente é mestranda em Ciências Sociais Aplicadas pela UEPG, turma 2018. Dedicar-se a pesquisas voltadas ao papel da comunicação nos processos políticos, focando atualmente na participação da mulher nesse cenário midiático. Assim, tem os discursos dos presidentiáveis em debates eleitorais como objeto de estudo. Desde 2018 faz parte do Núcleo Temático de Pesquisa: Questão Ambiental, Gênero e condição de pobreza, que estuda como se dão as relações de gênero e meio ambiente, considerando seus determinantes sócio-históricos que se configuram em condições de pobreza presentes na sociedade. Dentro do grupo pode desenvolver estudos que tratavam do processo de Desenvolvimento Sustentável Endógeno no município de Carambeí (PR), que é caracterizado pelo papel das mulheres da região.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Agronegócio 1, 307

Água 14, 15, 17, 19, 21, 22, 23, 25, 26, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 57, 58, 62, 65, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 87, 98, 99, 103, 117, 121, 133, 143, 151, 152, 153, 160, 163, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 188, 199, 200, 201, 203, 204, 205, 206, 209, 224, 226, 230, 233, 238, 239, 242, 254, 271, 273, 275, 280, 286, 290, 291, 292, 296, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 347

Águas cinzas 71, 72, 73, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 82

Aguas pluviais 34, 36

Análise ambiental 56

Aproveitamento 34, 35, 36, 41, 43, 45, 46, 80, 81, 82, 187, 198, 235, 236, 237, 242, 254

Área de proteção ambiental 69, 178

Arquipélago de fernando de noronha 104

### B

Biodigestor 23, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 194, 195, 196, 197, 198

Biogás 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 186, 187, 188, 189, 192, 198, 228

Bovinocultura 23, 24, 25, 28, 186, 188, 189

Bovinos em confinamento 186

### C

Concreto 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 170, 201, 208, 209, 232

### D

Diluição 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32

Dimensionamento 33, 34, 35, 36, 40, 43

### E

Economia de água 41, 71, 82

Ecotoxicidade 47, 50, 51

Estado da arte 105

Exploração 1, 90, 92, 147, 233, 302, 305, 306, 337

### F

Front end da inovação 127, 129, 133, 137

Fuligem escura 14

### G

Geoprocessamento 56, 57, 70, 221

Geração de energia elétrica 99, 186, 189, 195, 196, 197, 198

## I

Impactos ambientais 56, 114, 152, 157, 158, 160, 161, 164, 167, 187, 198, 225, 227, 280, 287, 290, 292, 299, 300, 323, 337, 338, 340, 351

Indicador 88, 105, 106, 107, 108, 112, 119, 124, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 159, 162, 365, 366, 367, 369

Indicadores 49, 95, 105, 106, 107, 111, 112, 113, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 129, 132, 134, 135, 136, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 151, 152, 154, 155, 156, 186, 191, 195, 363, 364, 365, 366

Indicadores de sustentabilidade 113, 116, 117, 125, 132, 135, 139, 140, 141, 142, 154, 155

Índice 18, 19, 60, 61, 75, 88, 105, 106, 107, 108, 111, 145, 154, 162, 192, 200, 208, 209, 336, 337, 347, 349, 363, 366, 369, 370

Índice de desenvolvimento sustentável municipal 105, 108

Inovação 121, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 135, 136, 137, 146, 147, 300

## L

Licenciamento ambiental 157, 158, 161, 162, 164, 165, 166, 167

## M

Mitigação 56

Modos de vida 168, 170

## N

NBR ISO 37120:2017 113, 114, 120, 121, 122, 123, 124, 125

## P

Pesquisa etnográfica 83, 88, 89, 90, 95, 98, 102

Políticas públicas 267

Portos 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 171

Preservação 14, 65, 71, 85, 86, 92, 94, 97, 103, 104, 115, 117, 122, 150, 179, 230, 282, 286, 287, 298, 313, 315, 323, 336, 338, 339, 342, 349, 350, 351

Processos erosivos 56, 63, 65, 67

Programa cidades sustentáveis 126, 143, 156

## Q

Qualidade 2, 15, 16, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 55, 58, 65, 67, 76, 79, 97, 99, 100, 103, 106, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 123, 124, 125, 132, 134, 140, 150, 163, 176, 178, 181, 217, 224, 225, 226, 230, 233, 234, 237, 253, 261, 280, 281, 286, 289, 290, 291, 292, 328, 340, 344, 351, 363, 364

## R

Reúso de água 71, 73, 80

Rios 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 65, 68, 187, 224, 280, 286, 290, 293, 329

## S

Substituição 14, 17, 18, 20, 186, 196, 307

Sustentabilidade 2, 14, 32, 35, 57, 65, 81, 91, 92, 95, 105, 106, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 124, 125, 126, 128, 131, 132, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 148, 150, 151, 154, 155, 156, 157, 158, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 182, 184, 220, 221, 233, 257, 259, 268, 277, 278, 312, 351, 353, 354, 355, 356, 357, 359, 360, 361, 363, 366, 369, 370

Sustentabilidade portuária 157, 158, 164, 165

Sustentabilidade urbana 35, 113, 116, 117, 126, 140

## T

Território 1, 48, 58, 70, 87, 100, 101, 103, 115, 122, 148, 150, 161, 163, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 177, 178, 180, 181, 183, 184, 185, 231

## V

Viabilidade econômica 186, 188, 191, 195, 197, 198

## Z

Zona costeira 157, 158, 161, 162

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7247-754-3



9 788572 477543