



Júlio César Ribeiro  
Carlos Antônio dos Santos  
(Organizadores)

# Competência Técnica e Responsabilidade Social e Ambiental nas Ciências Agrárias 3



Júlio César Ribeiro  
Carlos Antônio dos Santos  
(Organizadores)

# Competência Técnica e Responsabilidade Social e Ambiental nas Ciências Agrárias 3

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Karine de Lima

**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 Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – 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 Internazionale 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. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

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. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
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 Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
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  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
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  
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  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
 (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

C737 Competência técnica e responsabilidade social e ambiental nas ciências agrárias 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Júlio César Ribeiro, Carlos Antônio dos Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.

Formato: PDF  
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.  
 Modo de acesso: World Wide Web.  
 Inclui bibliografia  
 ISBN 978-85-7247-943-1  
 DOI 10.22533/at.ed.431202201

1. Agricultura. 2. Ciências ambientais. 3. Pesquisa agrária – Brasil. I. Ribeiro, Júlio César. II. Santos, Carlos Antônio dos.

CDD 630

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

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

## APRESENTAÇÃO

A competência técnica aliada a responsabilidade social e ambiental é imprescindível para uma atuação profissional com excelência em determinada atividade ou função. Nas Ciências Agrárias, esta demanda tem ganhando destaque em função do crescimento do setor nos últimos anos e da grande necessidade por profissionais tecnicamente qualificados, com conhecimentos e habilidades sólidas na área com vistas à otimização dos sistemas produtivos. É importante ressaltar, ainda, que a atuação com uma ótica social e ambiental são extremamente importantes para o desenvolvimento sustentável das atividades voltadas às Ciências Agrárias.

Neste sentido, surgiu-se a necessidade de idealização desta obra, “Competência Técnica e responsabilidade Social e Ambiental nas Ciências Agrárias”, que foi estruturada em dois volumes, 1 e 2. Em ambos os volumes são tratados estudos relacionados à caracterização e manejo de solos, otimização do desenvolvimento de plantas, produção de alimentos envolvendo técnicas inovadoras, utilização de resíduos de forma ecologicamente sustentável, dentre outros assuntos, visando contribuir com o desenvolvimento das Ciências Agrárias.

Agradecemos a contribuição dos autores dos diversos capítulos que compõe a presente obra. Desejamos ainda, que este trabalho possa informar e promover reflexões significativas acerca da responsabilidade social e ambiental associada às competências técnicas voltadas às Ciências Agrárias.

Júlio César Ribeiro  
Carlos Antônio dos Santos

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1 ..... 1**

AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DO SOLO NO PROJETO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL  
PORTO SEGURO, MARABÁ - PA

Karina Miranda de Almeida  
Gleidson Marques Pereira  
João Paulo Soares da Silva  
João Pedro Silva da Silva  
Luana Mariza Moraes dos Santos  
Nathália Cordeiro Fidelis dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.4312022011**

### **CAPÍTULO 2 ..... 8**

SUBSTRATO BOVINO NO DESENVOLVIMENTO DE ESTACAS DE ACEROLEIRA

Antônio Gabriel Ataíde Soares  
Elis Cristina Bandeira da Mota Silva  
Ruthanna Isabelle de Oliveira  
Taianny Matias da Silva  
Ana Karolina de Oliveira Sá Acevedo  
Maria Jany Kátia Loiola Andrade  
Gustavo Alves Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.4312022012**

### **CAPÍTULO 3 ..... 16**

USO DE RESÍDUOS AGROFLORESTAIS E AGROINDUSTRIAIS NA PRODUÇÃO DE COGUMELOS  
DA ESPÉCIE PLEUROTUS PULMONARIUS EM FRAGMENTO FLORESTAL

Giseudo Aparecido de Paiva  
Grace Queiroz David  
Adriana Matheus da Costa Sorato  
Ana Paula Rodrigues da Silva  
Ostenildo Ribeiro Campos  
Luana Souza Silva  
Tainara Rafaely de Medeiros  
Walmor Moya Peres  
Wesley dos Santos  
Ana Paula Roveda  
Anderson Alex Sandro Domingos de Almeida  
Laiza Almeida Dutra

**DOI 10.22533/at.ed.4312022013**

**CAPÍTULO 4 ..... 22**

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ETO) DIÁRIA EM BALSAS/MA BASEADA APENAS NA TEMPERATURA DO AR

Elton Ferreira Lima  
Rafael Guimarães Silva Moraes  
Karolayne dos Santos Costa Sousa  
Bryann Lynconn Araujo Silva Fonseca  
Jossimara Ferreira Damascena  
Mickaelle Alves de Sousa Lima  
Maria Ivanessa Duarte Ribeiro  
Wesley Marques de Miranda Pereira Ferreira  
Edson Araújo de Amorim  
Layane Cruz dos Santos  
Kalyne Pereira Miranda Nascimento  
Kainan Riedson Oliveira Brito

**DOI 10.22533/at.ed.4312022014**

**CAPÍTULO 5 ..... 29**

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO ENTRE OS ANOS DE 1990 E 2013 NA BACIA DO RIO PERUÍPE, BAHIA

Emilly da Silva Farias  
Raquel Viana Quinelato  
João Batista Lopes da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.4312022015**

**CAPÍTULO 6 ..... 37**

DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADES ESPECÍFICAS DO CAPIM ELEFANTE CV. PIONEIRO EM CULTIVO DE SEQUEIRO

Emilly da Silva Farias  
Murilo Sousa Ramos  
João Batista Lopes da Silva  
Wanderley de Jesus Souza

**DOI 10.22533/at.ed.4312022016**

**CAPÍTULO 7 ..... 43**

SELEÇÃO DE DIFERENTES SEMENTES HOSPEDEIRAS POR FÊMEAS *ZABROTES SUBFASCIATUS* (BOH.) (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE, BRUCHINAE) E DANOS NA GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DOS GRÃOS PÓS-PREDAÇÃO

Valquíria Dias de Souza  
Angel Roberto Barchuk  
Isabel Ribeiro do Valle Teixeira

**DOI 10.22533/at.ed.4312022017**

**CAPÍTULO 8 ..... 54**

PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DO UMBUZEIRO COM ENRAIZADORES ALTERNATIVOS

Antônio Gabriel Ataíde Soares  
Ruthanna Isabelle de Oliveira  
Lailla Sabrina Queiroz Nazareno  
Nemilda Pereira Soares  
Ana Karolina de Oliveira Sá Acevedo  
Thamyres Yara Lima Evangelista  
Gustavo Alves Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.4312022018**

**CAPÍTULO 9 ..... 62**

INFLUÊNCIA DE REGULADORES VEGETAIS NO DESENVOLVIMENTO REPRODUTIVO DE PLANTAS DE SOJA

Marcelo Ferraz de Campos  
Elizabeth Orika Ono

**DOI 10.22533/at.ed.4312022019**

**CAPÍTULO 10 ..... 72**

SELEÇÃO DE HÍBRIDOS DE CUPUAÇUZEIRO QUANTO À CAPACIDADE PRODUTIVA, DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E RESISTÊNCIA À VASSOURA-DE-BRUXA NO MUNICÍPIO DE TERRA ALTA - PA

Paulo Henrique Batista Dias  
Bianca Cavalcante da Silva  
Daniel Vítor Mesquita da Costa  
Lívia Manuele Viana Galvão  
Rafael Moysés Alves  
Raiana Rocha Pereira  
Cristiane da Paixão Barroso  
Wendy Vieira Medeiros  
José Itabirici de Souza e Silva Junior  
Nayra Silva do Vale  
Jonathan Braga da Silva  
Bruno Borella Anhê

**DOI 10.22533/at.ed.43120220110**

**CAPÍTULO 11 ..... 80**

CARACTERIZAÇÃO BOTÂNICA DO PÓLEN COLETADO POR ABELHAS MELÍFERAS EM REGIÃO DE ECÓTONO CERRADO AMAZÔNIA: AVALIAÇÃO DESTES RECURSO AO LONGO DO ANO

Felipe de Lima Rosa  
Natália Vinhal da Silva  
Kézia Pereira de Oliveira  
Vagner Alves dos Santos  
Rômulo Augusto Guedes Rizzardo

**DOI 10.22533/at.ed.43120220111**

**CAPÍTULO 12 ..... 89**

HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DO MOSTO DA PALMA FORRAGEIRA PARA PRODUÇÃO DE ETANOL

Fátima Rafaela Da Silva Costa  
Kennedy Kelvik Oliveira Caminha  
Paula Bruna da Silva  
Maico da Silva Silveira  
Felipe Sousa da Silva  
Adricia Raquel Melo Freitas  
Rodrigo Gregório Da Silva  
Mayara Salgado Silva

**DOI 10.22533/at.ed.43120220112**

**CAPÍTULO 13 ..... 97**

INFLUÊNCIA DA TOPOGRAFIA E DA SAZONALIDADE CLIMÁTICA NO NDVI EM FLORESTA TROPICAL SAZONALMENTE SECA

Deodato do Nascimento Aquino  
Eunice Maia de Andrade  
Flávio Jorge Ponzoni

**DOI 10.22533/at.ed.43120220113**

**CAPÍTULO 14 ..... 110**

PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS HÍDRICOS E SUA RELAÇÃO COM A AGRICULTURA: REVISÃO BIBLIOMÉTRICA DOS ÚLTIMOS 10 ANOS

Greici Joana Parisoto  
Samanta Ongaratto Gil  
Ivaneli Schreinert dos Santos  
Camila Soares Cardoso  
Letícia de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.43120220114**

**CAPÍTULO 15 ..... 122**

FABRICAÇÃO E AVALIAÇÃO SENSORIAL DE BARRA DE CEREAL ENRIQUECIDA COM FARINHA DE LINHAÇA (*LINUM USITATISSIMUM*)

Fernanda Izabel Garcia da Rocha Concenço  
Rosane Nunes de Lima Gonzales  
Marcia Vizzotto  
Leonardo Nora

**DOI 10.22533/at.ed.43120220115**

**CAPÍTULO 16 ..... 136**

DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DA MAÇÃ EMPREGANDO ENERGIA ULTRASSÔNICA

Jakeline Dionizio Ferreira  
Gabrielly Assunção Félix dos Santos  
Raquel Aparecida Loss  
Sumária Sousa e Silva  
Juliana Maria de Paula  
Claudinéia Aparecida Queli Geraldi  
Sumaya Ferreira Guedes

**DOI 10.22533/at.ed.43120220116**

**CAPÍTULO 17 ..... 144**

INFLUÊNCIA DO ULTRASSOM NA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DO ABACAXI (*ANANAS COMOSUS* (L.) *MERR.*)

Nila Gabriela Ferreira Lopes Freire  
Raquel Aparecida Loss  
Sumária Sousa e Silva  
Juliana Maria de Paula  
Claudinéia Aparecida Queli Geraldi  
Sumaya Ferreira Guedes

**DOI 10.22533/at.ed.43120220117**

**CAPÍTULO 18 ..... 155**

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE FILME STRETCH EM CARCAÇAS BOVINAS RESFRIADAS ABATIDAS NO MUNICÍPIO DE IMPERATRIZ-MA

Zaira de Jesus Barros Nascimento  
Raimundo Nonato Rabelo  
Herlane de Olinda Vieira Barros  
Viviane Correa Silva Coimbra  
Anna Karoline Amaral Sousa  
Bruno Raphael Ribeiro Guimarães

**DOI 10.22533/at.ed.43120220118**

**CAPÍTULO 19 ..... 164**

VERTICALIZAÇÃO DO ENSINO E PERSPECTIVAS PROFISSIONAIS E EDUCACIONAIS DO ALUNO DO CURSO TÉCNICO EM AGROPECUÁRIA DO IFRO – CÂMPUS ARIQUEMES

Quezia da Silva Rosa  
Mayko da Silva Fernandes

**DOI 10.22533/at.ed.43120220119**

**CAPÍTULO 20 ..... 174**

UTILIZAÇÃO DO SGEV (SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE EVENTOS) PARA ATIVIDADES PET-AGRONOMIA – UNIOESTE

Jessyca Vechiato Galassi  
Nardel Luiz Soares da Silva  
Natália Cardoso dos Santos  
Daliana Hisako Uemura Lima  
Camila da Cunha Unfried  
Jaqueline Vanelli  
Aline Rafaela Hasper  
Lucas Casarotto  
Leonardo Mosconi  
Arthur Kinkas  
Paula Caroline Bejola  
Nathália Cotorelli

**DOI 10.22533/at.ed.43120220120**

**CAPÍTULO 21 ..... 180**

PESCADOR SEM PEIXE: MEMÓRIAS DOS PESCADORES DA CIDADE DE SÃO RAFAEL/RN

Juce Hermes Soares Lima  
Maria do Carmo Ferreira Barbosa  
Davi Moura Xavier  
Robson Campanerut da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.43120220121**

**CAPÍTULO 22 ..... 180**

PROPOSTAS DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DA PEDREIRA DRISNER, MUNICÍPIO DE MARIPÁ – PARANÁ

Lidiane Kraemer Uhry  
Oscar Vicente Quinonez Fernandez

**DOI 10.22533/at.ed.43120220122**

<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>180</b>
TAXA DE APORTE DE SEDIMENTOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO IGUAÇU – PR DOI 10.22533/at.ed.43120220123	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>187</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>188</b>

## TAXA DE APORTE DE SEDIMENTOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO IGUAÇU – PR

*Data de Aceite: 03/01/2020*

**RESUMO:** A erosão do solo é um dos processos de degradação ambiental mais impactantes, no qual seu mapeamento e avaliação consiste em uma importante ferramenta para atividades de manejo e gestão dos recursos naturais em bacias hidrográficas, permitindo aos gestores implementar políticas de uso e ocupação do solo de forma sustentável. O presente trabalho teve por objetivo a aplicação da Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE) em ambiente SIG, na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Iguaçu (BHARI), localizada no Estado do Paraná / Brasil, afim de avaliar a vulnerabilidade à erosão hídrica bem como a concentração dos sólidos dissolvidos em suspensão para estimar a descarga sólida e a taxa de aporte de sedimentos, permitindo identificar áreas mais suscetíveis à erosão hídrica. Os resultados mostraram que mais de 23,52% da BHARI apresentou perdas de solo abaixo de 2,5 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, significando baixo potencial atual de erosão. Em relação a descarga sólida, a bacia apresentou valores variando de baixo a muito alta, levando também a elevados valores para a taxa de aporte de sedimentos. A identificação de áreas de risco associadas à erosão acelerada, realizadas neste estudo, fornecem subsídios importantes para medidas associadas ao

manejo, conservação e planejamento do uso do solo nesta bacia, a qual é altamente relevante para predição de desenvolvimento de cenários variados para o Estado do Paraná por seu potencial hidroelétrico.

**PALAVRAS-CHAVE:** solos, geoprocessamento, RUSLE.

### SEDIMENT DELIVERY RATE IN UPPER IGUAÇU RIVER BASIN - PARANÁ

**ABSTRACT:** Soil erosion is one of the most striking environmental degradation processes, which its mapping and assessment is an important tool for management activities and natural resource management in river basins, allowing managers to implement policies and sustainable land use occupation. This work aimed to apply the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a GIS environment in the upper Iguaçu river basin, located at Paraná State, in order to assess the vulnerability to water erosion as well as the concentration of dissolved solids in suspension to estimate the solid discharge and sediment delivery rate, allowing the identification of more susceptible areas to water erosion. The results showed that over 23.52% of the upper Iguaçu river basin presented soil losses below 2.5 t ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>, meaning current low potential for erosion. Regarding the solid discharge, the basin has

values ranging from low to very high, also leading to high values for sediment delivery rate. The identification of risk areas associated with accelerated erosion, carried out in this study provide important information for measures associated with the management, conservation and planning of land use in the basin, which is highly relevant for predicting development of various scenarios for the state Paraná for its hydroelectric potential.

**KEYWORDS:** soils, geoprocessing, RUSLE.

## 1 | INTRODUÇÃO

A erosão acelerada do solo tem sido largamente reconhecida como um problema ambiental no que tange à ocupação do solo para práticas agropecuárias e florestais, afetando sua capacidade produtiva, redução da porosidade do solo bem como sua capacidade de retenção e infiltração de água, com consequente aumento do escoamento superficial, do transporte de sedimentos e assoreamento de corpos hídricos.

Considerando uma abordagem político-conservacionista, o processo erosivo acelerado provoca mudanças no escoamento superficial e, conseqüentemente, na hidrologia da bacia, com efeitos na diminuição da disponibilidade hídrica em períodos de estiagem, aumento da vazão de pico no período chuvoso com propensão à geração de enchentes, assoreamento dos cursos de água com efeitos na qualidade da água (Nunes e Roig, 2015; Botelho et al., 2018) e, por fim, aumento dos gastos públicos na tentativa de reverter ou atenuar os efeitos decorrentes desse desequilíbrio ambiental.

Dessa forma, mudanças na cobertura do solo, biomassa e do regime hidrológico em bacias hidrográficas tende a ocorrer, afetando o processo erosivo, como sugerem Lee e Lee (2010) e Mello et al. (2015), podendo provocar alterações na morfologia fluvial (Guerrero et al., 2013).

Segundo Pandey, Chowdary e Mal (2007), para um adequado manejo da bacia hidrográfica, visando à sustentabilidade dos recursos naturais, é necessário que se tenha informações espacializadas sobre o potencial erosivo dos solos e a produção e o transporte de sedimentos. Contudo, modelar o processo erosivo do solo é uma tarefa complexa em função das diversas interações dos fatores ativos e passivos que influenciam este processo.

Todavia, a avaliação quantitativa da erosão pode contribuir para a elaboração de possíveis estratégias para a gestão de bacias hidrográficas no contexto do desenvolvimento sustentável. Assim, modelos de simulação de erosão, especialmente modelos distribuídos, são úteis para avaliar diferentes estratégias de uso do solo e melhorar o seu manejo nessas bacias hidrográficas (Beskow et al., 2009).

Diante disso, diversos esforços têm sido feitos para desenvolver e aprimorar modelos para predição de perdas de solo, que variam desde equações empíricas, como a Equação Universal de Perda de Solo (USLE) (Wischmeier; Smith, 1978) e sua versão revisada (RUSLE) (Renard et al., 1991) até os mais sofisticados, como Water

Erosion Prediction Project (WEPP) (Nearing; Lane; Lopes, 1994), atualmente geo-WEPP e SWAT (Arnold et al., 1998; Gassman et al., 2007) e, de acordo com Karydas, Panagos e Gitas (2014) e Hrabalíková e Janeček (2017) dentre os mais de 80 modelos atualmente existentes para estimar a erosão potencial do solo, variando em escalas temporal e espacial, os modelos da família USLE ainda são os mais utilizados.

Os modelos mais sofisticados podem ser fisicamente mais eficientes que os modelos empíricos, mas geralmente necessitam de vários dados de entrada, para os quais, na maioria das vezes, não há informações facilmente disponíveis. Além disso, são computacionalmente mais trabalhosos, particularmente no que se refere ao potencial erosivo do solo em média e em grande escala, tal como numa grande bacia hidrográfica (Wang et al., 2009).

Por outro lado, a RUSLE tem sido extensivamente utilizada em diferentes escalas, principalmente pela simplicidade de sua formulação (Hui et al., 2010; Wang et al., 2009). Sua avaliação resulta de diversos fatores que influenciam o processo erosivo, os quais são: erosividade da chuva (R); erodibilidade do solo (K); uso e manejo do solo (C); práticas conservacionistas (P) e topografia (LS), este último representado pelos efeitos do comprimento de rampa (L) e da declividade (S). Essas características, especialmente a forma de cálculo do fator LS incorporado ao modelo, permite a aplicação em grande escala da RUSLE (Durães; Mello, 2014).

Como todos os fatores da equação podem ser espacializados, tem sido comum o uso do geoprocessamento na avaliação da susceptibilidade do solo à erosão. Assim, as ferramentas associadas a um Sistema de Informações Geográficas (SIG) podem facilitar especialmente a obtenção dos fatores topográficos através da derivação de um modelo digital de elevação (MDE), como mostram Wang et al. (2009). Com o uso do SIG, pode-se compreender a complexidade de uma bacia hidrográfica pela sua discretização em unidades menores e mais homogêneas, facilitando o entendimento do processo erosivo.

A Bacia Hidrográfica do Alto Rio Iguaçu (BHARI) consiste de uma unidade de planejamento e gestão ambiental fundamental dentro do Estado do Paraná, drenando diretamente para o reservatório de Itaipu. Nesse sentido, é de grande relevância que estudos desta natureza sejam desenvolvidos com o propósito de subsidiar o manejo, a gestão e o planejamento dos recursos naturais devido à importância estratégica dessa bacia para a economia do Estado do Paraná e do Brasil dado o seu potencial hidro-energético.

Diante do exposto, os objetivos deste trabalho foram: determinar o potencial atual do solo à erosão hídrica, aplicando a Equação Universal de Perda de Solos Revisada (RUSLE); estimar a descarga sólida média anual a partir das curvas-chaves hidrossedimentológicas; e a taxa de aporte de sedimentos a partir da relação entre a erosão hídrica bruta e a descarga sólida para os pontos estudados.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Descrição da área de estudo

A BHARI, com área de drenagem de 2.740 km<sup>2</sup> é afluente do Rio Iguaçu, que desagua no Rio Paraná. A bacia localiza-se entre as coordenadas geográficas 25°13'48" e 25°49'48" de Latitude Sul e 48°57'36" e 49°41'24" de Longitude Oeste. A BHARI engloba 26 sub-bacias, com relevo predominantemente plano apresentando uma grande extensão de várzeas naturais em ambas as margens, configurando planícies de inundação bem definidas (Knapik et al., 2011). A classificação climática da bacia segundo o método de Köppen é do tipo clima subtropical úmido (Cfb), com verão quente e inverno fresco, sem estação seca. A BHARI tem a sua condição meteorológica e de dinâmica atmosférica influenciadas pelas massas de ar tropicais e polares, com precipitação média anual da ordem de 1.500 mm segundo Silva, Lermen e Nery (2001), e com temperatura média variando de 12,9° C no mês mais frio a 22,5° C no mês mais quente, com média anual de 16,4° C. A Figura 1 apresenta a localização da referida bacia hidrográfica no Estado do Paraná.

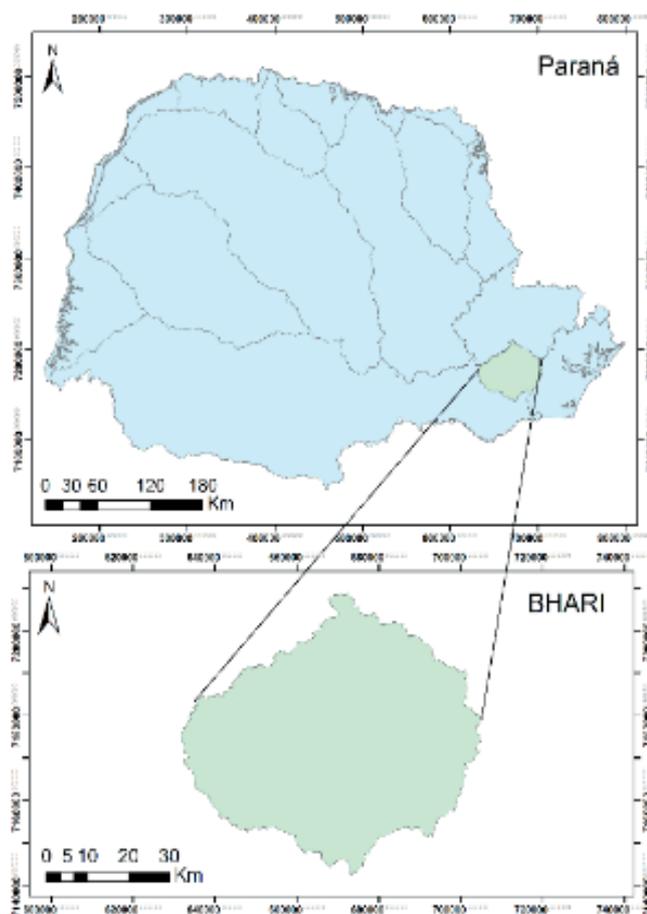


Figura 1 – Mapa de localização da BHARI, no Estado do Paraná.

De acordo com a base cartográfica extraída da SUDERHSA (2004), os solos predominantes na bacia são os Latossolos (42,76 %), Argissolos (23,47 %),

Cambissolos (12,71 %), Gleissolos (11,28 %), Organossolo (7,29 %), Neossolo Litólico (2,26 %) e Neossolo (0,23 %). O percentual de distribuição de cada classe de uso do solo na BHARI, apresentados na Tabela 1, foi obtido a partir de imagem de satélite LANDSAT 8, do ano de 2012, com resolução de 30 m. Os mapas de solos e de uso e cobertura do solo encontram-se na Figura 2 (a) e (b), respectivamente.

Uso do Solo	Área Ocupada (%)	Uso do Solo	Área Ocupada (%)
Afloramento de Rochas	0,43	Florestas Plantadas	4,71
Água	17,68	Mineração	0,47
Área Alagada	1,45	Solo Exposto	1,04
Campo	22,42	Urbanização	14,24
Cultura Perenes	0,16	Cultura Anual	8,11
Floresta Nativa	19,94	Vegetação Arbustiva	9,35

Tabela 1. Distribuição percentual das classes de uso dos solos da BHARI.

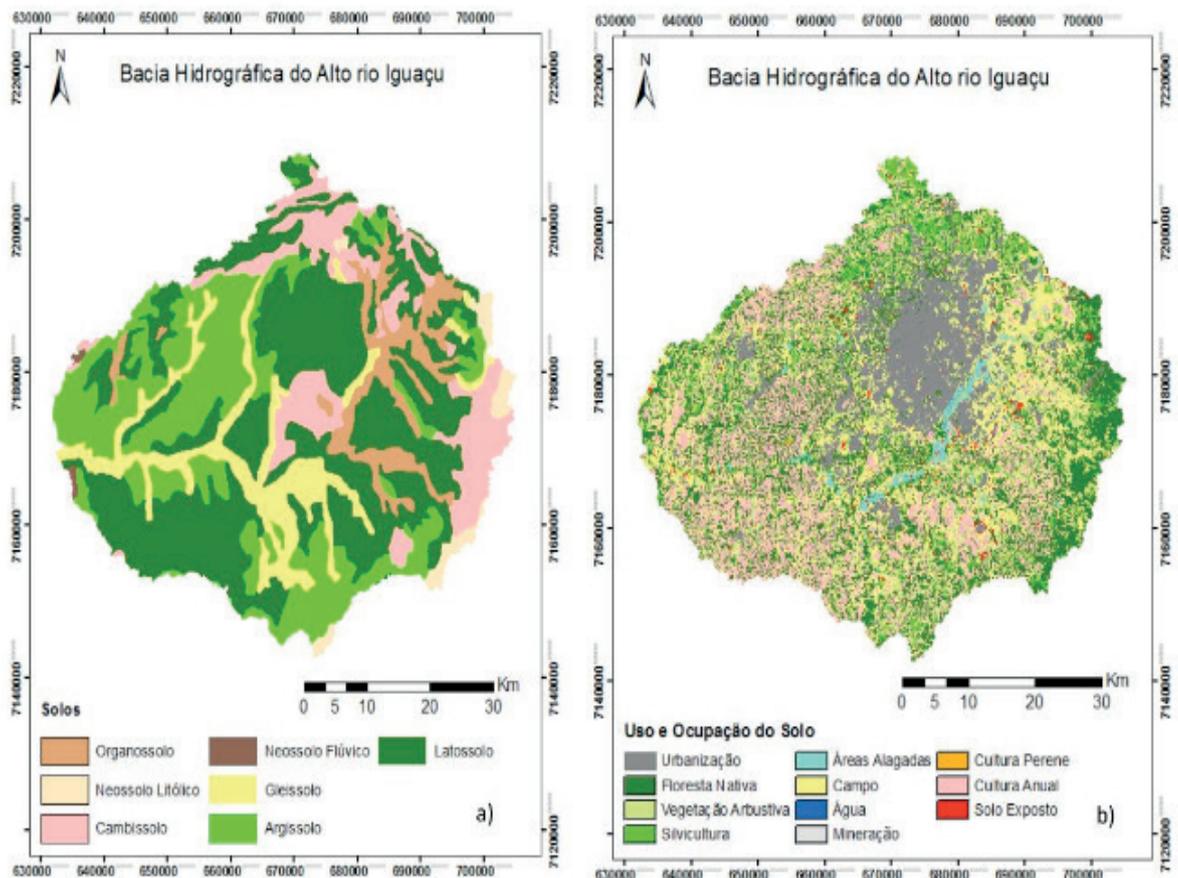


Figura 2. Mapas de solos (a) e de uso e cobertura do solo (b) da BHARI.

## 2.2 Produção de Sedimentos

Para descrever a produção de sedimentos na BHARI, utilizaram-se dados sedimentométricos monitorados e disponibilizados na rede hidrometeorológica da Agência Nacional das Águas (ANA). Esses dados permitem a construção da curva-chave hidrossedimentológica pela relação entre a concentração de sólidos em suspensão e a respectiva vazão em uma dada seção fluviométrica. A carga diária de

sedimentos, denominada vazão sólida ( $Q_{ss}$ ) é, portanto, estimada a partir do produto da concentração média de sólidos suspensos e a vazão na seção.

Os pontos utilizados para obtenção das curvas-chave correspondem, também, às estações fluviométricas e sedimentométricas, ou seja, para cada ponto existe séries históricas de vazão e de sólidos em suspensão. Os pontos P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7 definem os limites das sub-bacias sub-1, sub-2, sub-3, sub-4, sub-5, sub-6 e sub-7, respectivamente. Essas informações estão apresentadas na Tabela 2 e a distribuição espacial das estações na Figura 3.

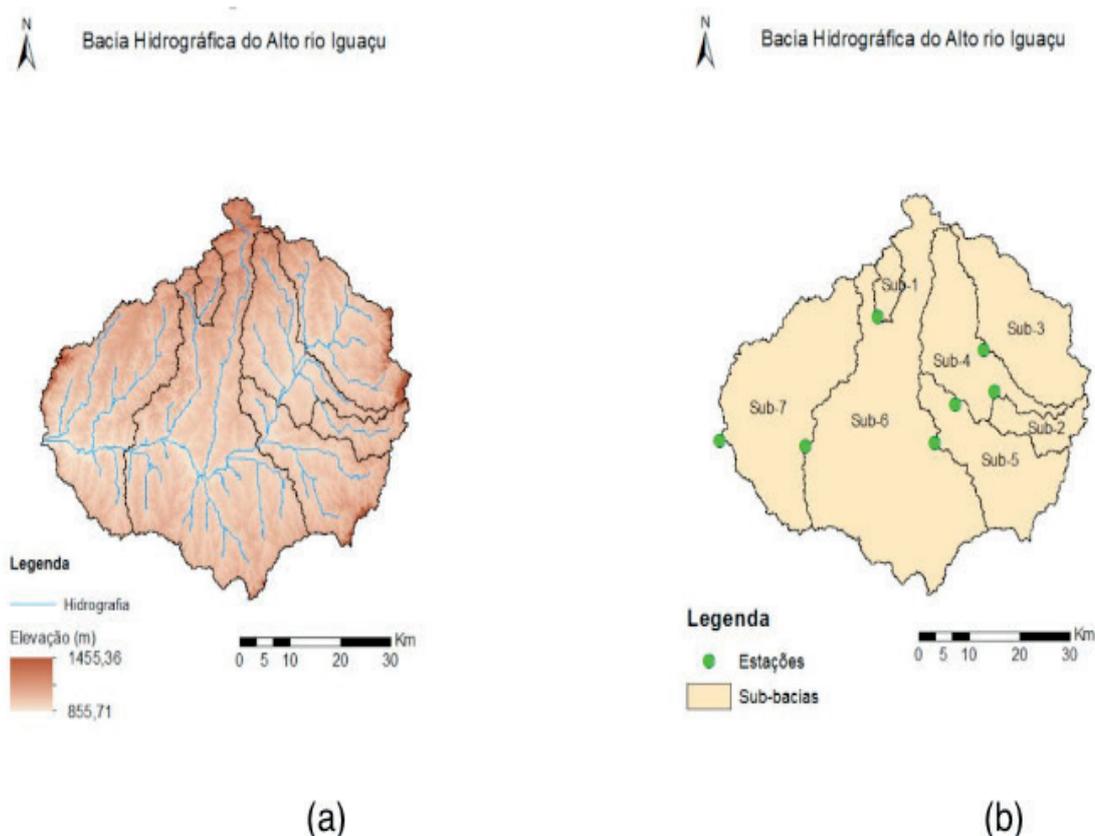


Figura 3. Mapa de elevação do terreno (a) e da localização espacial das estações fluviométricas/sedimentométricas (b)

Ponto	Sub-bacia	Código ANA	Latitude Sul	Longitude Oeste	Série
P1	Sub-1	65021000	25,3547	49,3547	2001-09
P2	Sub-2	65010000	25,5191	49,1466	2002-05
P3	Sub-3	65006075	25,4538	49,1714	2001-10
P4	Sub-4	65013005	25,5280	49,2188	1984-10
P5	Sub-5	65017006	25,5986	49,2592	1993-10
P6	Sub-6	65025000	25,6003	49,5133	1994-10
P7	Sub-7	65028000	25,5886	49,6319	2002-08

Tabela 2. Principais informações das estações utilizadas.

## 2.3 Aplicação da RUSLE à BHARI

Para a caracterização dos processos erosivos, é necessário analisar os elementos do meio físico que participam deste processo. Nesse sentido, é essencial, para grandes áreas, a utilização de sistemas nos quais seja possível promover uma interação espacial entre os dados, processo este conhecido como álgebra de mapas. Este estudo selecionou o modelo RUSLE aplicado com suporte do SIG ArcMap® (ESRI, 2004). Este modelo consiste de um aperfeiçoamento da USLE desenvolvido por Renard et al. (1991) visando sua aplicação em escala de bacias hidrográficas, a partir de um ajuste do fator topográfico LS, representada pela equação 1.

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

Em que: A é a perda de solo anual ( $t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ); R é o fator erosividade da chuva ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ); K é o fator erodibilidade dos solos ( $t \text{ h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ ); L é o fator comprimento de rampa; S é o fator declividade; C é o fator de cobertura do solo e P é o fator de práticas conservacionistas.

O fator R representa o potencial natural da chuva em provocar a erosão do solo, cuja definição física consiste do produto da energia cinética da chuva pela intensidade máxima consecutiva em 30 minutos (Wischmeier; Smith, 1978). Nesse sentido, optou-se por utilizar um modelo estatístico multivariado, desenvolvido por Mello et al. (2013), no qual propõe-se estimar a erosividade média anual como função da latitude, longitude e altitude de cada uma das células da bacia hidrográfica, permitindo caracterizar de forma distribuída a erosividade da chuva. Ressalta-se que esse modelo vem sendo amplamente utilizado, conforme os trabalhos de Oliveira et al. (2014), Oliveira, Durães e Mello (2014), Durães e Mello (2016), Durães, Coelho Filho e Oliveira (2016), Durães, Mello e Beskow (2016), Rodrigues et al. (2017), Steinmetz et al. (2018), dentre outros.

O fator K representa sua susceptibilidade intrínseca à erosão, ou seja, a facilidade com que as partículas do solo são deslocadas pelo impacto direto de gotas de chuva. Os valores de K utilizados e respectivas citações estão apresentados na Tabela 3.

Classe de Solos	K (t h MJ <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> )	Fonte
Argissolo	0,033	Sá et al. (2004)
Neossolo Fluvico	0,042	Ribeiro e Alves (2008)
Cambissolo	0,0508	Araújo, Salviano e Neto (2011)
Latossolo	0,0191	Mannigel et al. (2002)
Neossolo Litólico	0,0569	Castro et al. (2011)
Organossolo	0,061	Silva e Alvares (2005)
Gleissolo	0,0362	Batalha (2006)

Tabela 3. Erodibilidade das classes de solos de ocorrência na BHARI.

Ahamed, Rao e Murthy (2000) mostraram que o efeito do comprimento do declive e seu gradiente na intensidade do processo erosivo pode ser determinado com auxílio de um SIG e em escalas de bacias hidrográficas, a partir da combinação de um modelo digital de elevação do terreno (MDE) com algoritmos de processamento para obtenção do comprimento da célula e sua declividade de forma distribuída.

No caso particular da RUSLE, o cálculo do fator LS incorpora um conceito importante associado à contribuição do escoamento superficial de montante para jusante, dando uma interpretação física mais apropriada para o processo erosivo do que aquela adotada no cálculo pela USLE.

Para extrair o valor do fator LS, foi adotado diferentes resoluções espaciais e utilizando o procedimento apresentado por Moore e Burch (1986) via SIG e equacionamento proposto por Zhang et al. (2013) e Abdo e Salloum (2017) apresentado pela equação abaixo:

$$LS = \left( \frac{FA \cdot CS}{22,13} \right)^{0,6} \cdot \left( \frac{\sin(S) \cdot 0,1745}{0,09} \right)^{0,6} \quad (2)$$

Em que: FA é o acúmulo de fluxo ou área de contribuição; CS é o tamanho da célula do MDE, correspondente a 30 m de resolução espacial da imagem de FA e S é a declividade em radianos calculada para cada pixel do MDE.

De acordo com Wischmeier e Smith (1978), o fator P representa as práticas culturais que podem contribuir no controle da erosão. Como a identificação do manejo do solo e práticas conservacionistas são difíceis de serem identificadas a partir de imagens de satélite por representarem uma pequena porção da bacia, este fator foi considerado igual a 1. Ressalta-se que essa mesma ponderação foi utilizada em diversos trabalhos, como os de Pradhan et al. (2012), Vemu e Pinnamaneni (2011), Silva, Montenegro e Santos (2012), Oliveira et al. (2014) e Durães, Mello e Beskow (2016). Os valores de C utilizados neste estudo foram obtidos da literatura e estão apresentados na Tabela 4.

Cobertura e Uso do Solo	Fator CP	Fonte
Afloramento de Rochas	0	-
Água	0	-
Área Alagada	0,01	Borges et al. (2012)
Campo	0,025	Silva (2004)
Culturas Perenes	0,25	Bertoni e Lombardi Neto (2005)
Floresta Nativa	0,00013	Martins et al. (2010)
Florestas Plantadas	0,0026	Martins et al. (2010)
Mineração	1	-
Solo Exposto	1	-
Urbanização	0	-
Cultura Anual	0,29	Ruhoff et al. (2006)

Tabela 4. Fator CP da RUSLE para as condições de cobertura e uso do solo.

## 2.4 Taxa de aporte de sedimentos (TAS)

Para determinar a TAS na BHARI, utilizou-se primeiramente o conceito apresentado por Walling (1983), o qual define a TAS como a relação entre o sedimento transportado na seção de controle da bacia (valor médio calculado a partir de uma série histórica de vazões) e a erosão potencial média considerando toda a área da bacia, configurando-se como adimensional e expressa da seguinte forma:

$$TAS = Y/A \quad (3)$$

Em que: Y representa o transporte de sedimentos, também denominada como produção média de sedimentos ( $t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) determinado na seção de controle da bacia hidrográfica; e A é a média da erosão hídrica potencial da mesma ( $t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ).

Para estimar a produção de sedimentos na bacia e conseqüentemente a sua taxa de aporte, é necessário primeiramente determinar a curva-chave de descarga a partir dos dados monitorados na BHARI (Tabela 2), possibilitando o cálculo do sedimento transportado através da curva-chave. As equações 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10, para os pontos P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7, respectivamente, possibilitam o cálculo do sedimento transportado através da curva-chave (Figura 6).

$$\hat{y} = 15,91x^{1,0792} \quad R^2 = 0,79 \quad (4)$$

$$\hat{y} = 5,0529x^{0,999} \quad R^2 = 0,81 \quad (5)$$

$$\hat{y} = 8,1869x^{0,9848} \quad R^2 = 0,77 \quad (6)$$

$$\hat{y} = 17,006x^{0,9704} \quad R^2 = 0,87 \quad (7)$$

$$\hat{y} = 18,312x^{0,8866} \quad R^2 = 0,77 \quad (8)$$

$$\hat{y} = 23,483x^{0,8014} \quad R^2 = 0,63 \quad (9)$$

$$\hat{y} = 4,0183x^{1,0841} \quad R^2 = 0,87 \quad (10)$$

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A erosividade média anual da chuva (Fator R) na BHARI variam de 5.243 a 6.735  $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , sendo os menores valores encontrados nas áreas de maior altitude da bacia. Esse comportamento corrobora os resultados encontrados por Mello et al. (2013), no qual a erosividade apresenta um comportamento inversamente proporcional à altitude em algumas porções da região sul do Brasil. Além disso, estudos realizados por Hoyos, Waylen e Jaramillo (2005) na região dos Andes colombianos e Nel,

Reynhardt e Summer (2010), na África do Sul, apresentaram o mesmo comportamento observado no presente estudo.

Segundo os autores supracitados, esse comportamento pode ser explicado devido à formação de chuvas de caráter convectivo, a qual promove precipitações de alta intensidade e curta duração antes que as nuvens alcancem altitudes elevadas, impedindo assim, a formação de chuvas orográficas. Entretanto, essa situação se difere daquelas encontrados por Durães e Mello (2014) e Oliveira et al. (2014) os quais aplicaram a mesma técnica para estimativa da erosividade e observaram que os maiores valores se concentravam nas áreas de cabeceira das bacias estudadas, demonstrando que o efeito orográfico é fundamental para o padrão das chuvas erosivas. Segundo os autores, tais características, podem ser atribuídas às diferentes características e fenômenos inerentes ao processo de formação de chuvas de cada região (sul e sudeste).

Em relação à erodibilidade dos solos, que é um reflexo da unidade pedológica predominante na bacia (Latosolos), com mais de 40 % de ocorrência em toda a área, apresentando os menores valores de erodibilidade, variando em alguns estudos de 0,0088 a 0,0149 MJ mm ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, como os de Marques et al. (1997), Mannigel et al. (2002) e Silva et al. (2009). Essa variação nos resultados para erodibilidade em um mesmo tipo de solo demonstra que este fator apresenta variações significativas dentro de uma mesma classe, o que, de certa forma, inviabiliza sua obtenção por meio de amostragem de campo para áreas tão extensas como o caso da bacia analisada. Dessa forma, a adoção de valores com base na literatura, para representar a erodibilidade das classes de solo predominantes em grandes bacias, torna-se viável e aplicável.

Para o fator LS, 69,49% da bacia apresenta valores menores que 10, representando baixa vulnerabilidade associada com o efeito topográfico. Em contrapartida, 30,51% representa áreas com alto potencial a erosão, especialmente nas áreas de cabeceira, as quais, apresentam maiores declividades. Tais resultados, utilizando a metodologia proposta para cálculo do fator LS, embasada em Moore e Burch (1986) são mais significativas quando comparados a outros métodos, uma vez que permite a determinação de quebras existentes entre as unidades de relevo das bacias, fornecendo esse fator ao longo das vertentes.

Uma vez obtido esses fatores em ambiente SIG, foi obtido o mapa de erosão hídrica potencial da BHARI, apresentada aqui pela Figura 4 e, foi adaptada conforme classificação proposta por Beskow et al. (2009), também aplicado nos trabalhos de Durães e Mello (2014) e Oliveira et al. (2014). Esse tipo de classificação permite um agrupamento qualitativo da vulnerabilidade a erosão hídrica em classes que variam de Ligeira à Extremamente Alta. A Tabela 5 apresenta a distribuição das classes de erosão na BHARI de acordo com classificação proposta por Beskow et al. (2009).

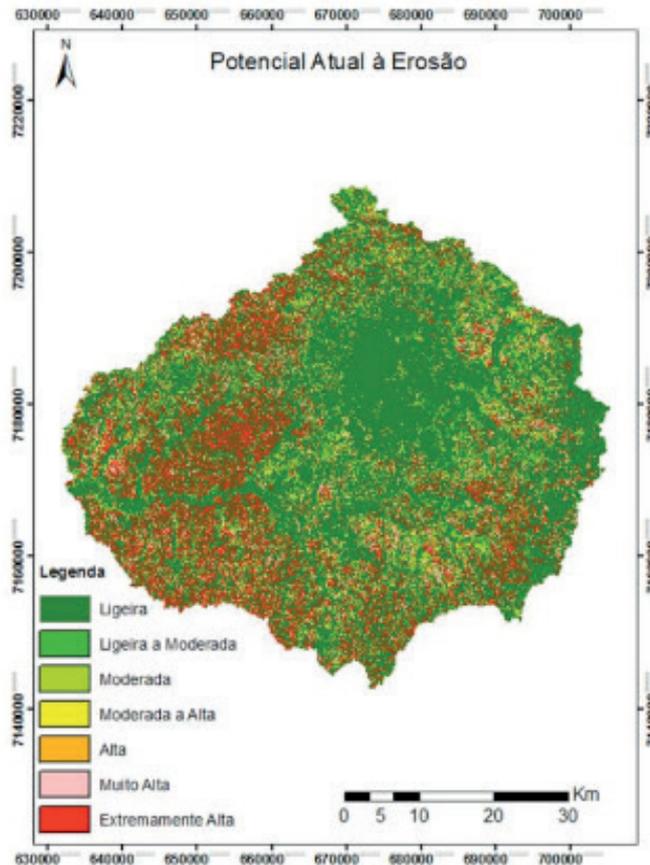


Figura 4. Mapa de erosão hídrica potencial na BHARI.

Intervalo de perda de solo (t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Classe	Área (%)
0 a 2,5	Ligeira	23,52
2,5 a 5	Ligeira a Moderada	8,19
5 a 10	Moderada	8,70
10 a 15	Moderada a Alta	5,43
15 a 25	Alta	7,55
25 a 100	Muito Alta	20,01
>100	Extremamente Alta	26,60

Tabela 5. Intervalo de perda de solo simulado para o uso do solo atual na BHARI.

Vale salientar que a interação prévia dos fatores descritos da RUSLE com o tipo de vegetação é importante, uma vez que possibilita a compreensão das áreas mais susceptíveis à erosão hídrica.

A estratificação do potencial do solo à erosão pela álgebra de mapas através de um SIG, permite analisar o impacto que uma atividade pode ter no comportamento da erosão do solo em um determinado local da bacia hidrográfica. Para áreas agrícolas, essa técnica resulta em uma aplicação mais apurada das técnicas de controle da erosão, reduzindo a pressão sobre os sistemas de manejo adotados.

Observa-se que áreas com declividade acentuada, maiores altitudes e cobertura florestal apresentaram solos com menor vulnerabilidade, demonstrando a importância da cobertura vegetal para a proteção do solo contra os efeitos dos agentes erosivos.

Nesse sentido, Avanzi et al. (2013) ao analisarem o processo de erosão hídrica em uma bacia florestada, perceberam que nas áreas destinadas ao plantio de eucalipto apresentam perdas de solo maiores que as áreas com vegetação do tipo Mata Atlântica, o que reforça o papel da cobertura nativa no aspecto de conservação do solo.

Os resultados apresentados na Tabela 6 referem-se à variação de perda de solo em cada classe de tolerância nas sub-bacias (Figura 3 e Tabela 2), bem como para respectiva unidade pedológica.

Sub-bacia	Distribuição (%) das classes de perda de solo (t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )						
	0 a 2,5	2,5 a 5	5 a 10	10 a 15	15 a 25	25 a 100	>100
sub-1	67,59	2,39	3,53	2,48	3,20	8,35	12,47
sub-2	75,82	2,47	2,49	1,53	2,43	8,23	7,03
sub-3	20,40	12,35	12,26	7,19	9,75	22,89	15,16
sub-4	26,71	11,57	11,49	6,59	8,74	20,79	14,11
sub-5	24,36	10,07	10,42	6,10	8,16	20,81	20,08
sub-6	20,20	7,99	8,80	5,63	7,86	20,46	29,06
sub-7	18,49	7,28	7,84	5,09	7,29	20,53	33,48

Solo	Distribuição (%) das classes de perda de solo (t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )						
	0 a 2,5	2,5 a 5	5 a 10	10 a 15	15 a 25	25 a 100	>100
Arg.	24,39	8,56	7,94	5,79	9,10	35,79	8,43
Neos. Fluv.	61,37	3,26	3,76	2,74	3,51	11,91	13,45
Camb.	22,63	4,77	8,33	5,71	8,42	26,05	24,10
Latos.	25,48	11,52	12,73	8,41	11,57	26,35	3,94
Neos. Lit.	83,05	4,98	1,03	0,78	1,05	2,93	6,17
Organ.	21,60	10,01	12,56	5,40	6,79	20,82	22,82
Gleis.	21,15	7,93	7,43	4,69	7,36	20,50	30,94

Tabela 6. Classificação de classes de erosão hídrica proposta por Beskow et al. (2009) e sua distribuição percentual por sub-bacia e por tipo de solo.

Observa-se pela figura que as elevadas perdas de solos podem ser associadas pela combinação de Argissolos cobertos por cultura anual. As perdas de solos nas classes Cambissolo e Gleissolos se devem em sua maioria, à presença de solo exposto, culturas perenes e campo. Observa-se também que a unidade Neossolo Litólico apresentou as menores taxas de perda de solo em função de sua cobertura ser caracterizada por floresta nativa, em áreas preservadas localizadas na cabeceira da BHARI.

Para a classe Latossolo, observa-se perdas inferiores à 10 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em aproximadamente 50% de sua área de ocorrência, em função da sua baixa erodibilidade demonstrando a importância intrínseca dos atributos físicos deste solo relacionados à susceptibilidade à erosão natural, conforme discutem Oliveira et al. (2014). A outra metade se encontra nas áreas mais baixas da bacia e, portanto, em regiões onde houve um acelerado processo de ocupação e alteração da cobertura nativa, com

destaque para ocupação do tipo de cultura anual e perenes nessa região, favorecendo os processos de erosão hídrica quando não manejados corretamente.

Em relação à perda de solo nas sub-bacias, observou-se que as sub-bacias 1 e 2, representadas pelos pontos P1 e P2, apresentaram os menores valores de erosão hídrica, por essas estarem localizadas em áreas mais preservadas, caracterizando-se por serem regiões de cabeceira.

Os valores referentes à produção de sedimentos, estimados a partir das Equações 4, 5, 6, 7, 8, 9, e 10, estão apresentados na Tabela 7, em termos de valor médio anual e de acordo com classificação proposta por Carvalho et al. (2000) e, as curvas-chaves sedimentométricas que possibilitaram o cálculo do sedimento transportado, são apresentadas na Figura 5.

Ponto	Área (km <sup>2</sup> )	Nome	Descarga Sólida (t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Classe
P1	27	Jusante Aterro Sanitário	0,765	Moderada
P2	106	Fazendinha	0,469	Baixa
P3	385	Pinhais	0,413	Baixa
P4	808	ETE-Sanepar	5,124	Muito Alta
P5	1160	Ponte do Umbarazinho	2,584	Alta
P6	2330	Guajuvira	0,923	Moderada
P7	2740	Balsa Nova	1,126	Moderada

Tabela 7. Produção de sedimentos nas estações sedimentométricas avaliadas.

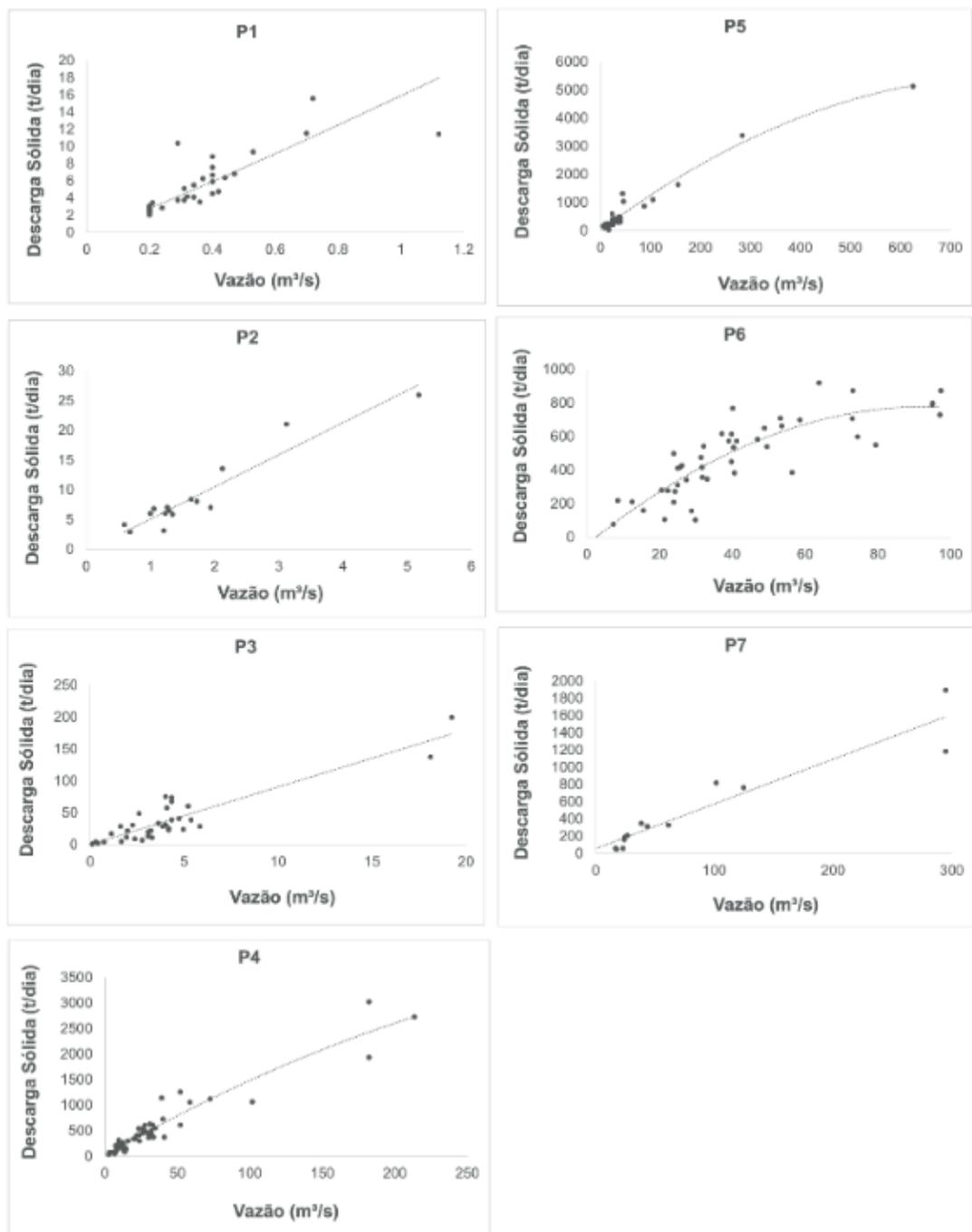


Figura 5. Curvas-chave sedimentológicas das estações analisadas.

A utilização da curva-chave de sedimento decorre do fato de que a realização diária de coleta e análise de amostras é economicamente inviável, assumindo que a vazão é uma boa preditora da concentração de sedimentos, porém, em determinados casos, essa técnica tem se mostrada pouco precisa com um grau de dispersão bastante acentuado (Hicks; gomez; trustrum, 2004) e isto é decorrente dos fatores que influenciam o processo de transporte de sedimentos serem altamente variáveis no espaço e no tempo. Contudo, conforme mostram Córdova e Gonzales (1997), o uso dessa técnica é empregada em bacias maiores, uma vez que as variações entre as vazões médias, máximas e mínimas diárias não são muito significativas.

Por outro lado, Duvert et al. (2012) argumentam que para bacias menores o

uso da curva-chave não é recomendado, uma vez que pode levar a interpretações equivocadas em função da não linearidade e alta dispersão entre a vazão e a concentração de sedimentos em suspensão. Nesse contexto, Li et al. (2004) propuseram a utilização de um índice de erosividade do escoamento em detrimento à erosividade das chuvas, para estimar a descarga sólida em bacias de até 200 km<sup>2</sup>, enquanto que para Duvert et al. (2010), a vazão de pico exerce uma melhor resposta para estimar essa variável, uma vez que as características de escoamento traduzem de maneira mais eficiente o comportamento da bacia.

Assim, uma alternativa para contornar essas limitações é pelo emprego de modelos multivariáveis que combinem as características físicas e de clima, podem apresentar um melhor ajuste e entendimento do fenômeno, já que o método de regressão tradicionalmente utilizado, apenas o relevo é abordado, sendo fisicamente descrito pelo parâmetro  $\beta$ .

Chella et al. (2005) avaliaram o transporte de sedimentos no Rio Barigui, o qual é uma sub-bacia do Alto Rio Iguaçu e encontraram valores de descarga sólida variando de 10 a 350 t dia<sup>-1</sup> em cinco pontos monitorados, enquadrando-se nas classes Moderada e Alta.

Knapik (2009) avaliou um modelo de qualidade de água a partir de dados mensurados em campo para a BHARI e encontrou valores de concentração de sedimentos variando de 100 a 176 mg L<sup>-1</sup> para os pontos P5, P6 e P7, ressaltando que os valores encontrados são inferiores ao limite de 500 mg L<sup>-1</sup> na classificação CONAMA 375/05, e da mesma forma, neste estudo, os valores observados da concentração de sedimentos variaram de 69,4 a 175,4 mg L<sup>-1</sup> para os pontos analisados, indicando que, embora haja uma relativa ocupação antrópica, os valores ainda estão dentro dos limites toleráveis.

Nesse sentido, os sedimentos são considerados de grande importância na avaliação do nível de contaminação dos recursos hídricos, devido não somente a sua capacidade em acumular metais, mas, também por transportarem possíveis fontes de contaminação, já que podem liberar espécies contaminantes (Froehner; Martins, 2008).

As produções de descarga sólida em suspensão da BHARI variaram de 0,47 a 5,124 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, para as estações analisadas, e de acordo com classificação proposta por Carvalho et al. (2000), a bacia apresenta produção de sedimentos variando de Baixa a Alta. Ainda, para o Estado do Paraná, Bollmann e Marques (2001) obtiveram para a bacia do Rio Cachoeiras, valores de descarga sólida da ordem de 3,6 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Silva Júnior et al. (2011) avaliaram a produção de sedimentos na bacia do Rio Mimoso, em Pernambuco, e encontraram valores variando de 0,91 a 10,91 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em uma área de 194,82 km<sup>2</sup>. Lima Neto, Wiegand e Araujo (2011) avaliaram a produção total de sedimentos em 1,48 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em uma bacia do semiárido brasileiro, com uma área de 20.000 Km<sup>2</sup>.

Considerando a influência da cobertura vegetal e do uso do solo, principalmente

para locais onde há forte presença de urbanização, foi observado que a estação 65013005 (ETE-SANEPAR), localizada à jusante da região metropolitana de Curitiba (RMC), apresentou valor médio de 5,124 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, constituindo o maior valor encontrado para a BHARI. Esse valor se aproxima daqueles encontrados no estudo de Chella et al. (2005), onde para as áreas com menor grau de antropização apresentou valores da ordem de 0,6 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e nas áreas onde o núcleo urbano pertencente à RMC exercia maior influência, os valores encontrados foram de até 4,57 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. No referido estudo, pode-se observar que os maiores valores de produção de sedimentos ocorreram nas seções onde havia maior presença urbana (Sub-bacias 4 e 5), ressaltando-se dessa forma, o papel preponderante dos grandes centros urbanos em potencializar as cargas poluidoras.

Nesse sentido, Scapin, Paiva e Beling (2007) caracterizaram bacias urbanizadas e aplicaram vários métodos de cálculo para avaliar o transporte de sedimentos na cidade de Santa Maria – RS, encontrando valor médio de 0,54 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Embora esses valores sejam inferiores ao encontrado neste estudo para a RMC, deve-se considerar que a área urbanizada no estudo citado é consideravelmente menor.

Esse aumento no transporte de sedimentos em áreas urbanas se deve ao fato de que há uma aceleração do escoamento nas redes de drenagem que cortam os municípios, muitas das quais, retificadas e com rugosidade do canal alterada pela concretagem de margens e do fundo. Portando, áreas metropolitanas não produzem erosão propriamente dita, mas potencializam as cargas poluidoras nos cursos d'água, necessitando de medidas mitigadoras que atenuem esse processo, principalmente em períodos de eventos extremos de precipitação, pois, como demonstram Walling e Webb (1987), parte significativa do transporte de sedimentos ocorre de forma episódica.

Embora os dados utilizados para a construção da curva-chave sejam oriundos de um banco de dados da ANA e, desse modo, apresentam certa incerteza, observa-se que os valores encontrados tiveram um bom ajuste, principalmente para o ponto P4, onde o valor médio estimado foi próximo ao valor médio observado em estudos anteriores que realizaram monitoramento dos cursos d'água na região.

Estes resultados possibilitaram estimar a TAS, que foi utilizada para explicar a heterogeneidade espacial e temporal do processo de transporte de sedimentos e sua interação com a precipitação e com as características morfológicas das sub-bacias, de modo similar, em termos metodológicos, ao estudo de Wang, Yao e Liu (2008). Pela própria definição, a TAS é um fator de escala usado para acomodar diferenças médias na produção de sedimentos, tendo um valor entre 0 a 1 devido à deposição de sedimentos provocados pelas alterações no regime de escoamento e no armazenamento de reservatórios (Wu et al., 2012).

Com os resultados da produção de sedimentos e da erosão média da bacia, estimada a partir da RUSLE, calculou-se a TAS média para cada sub-bacia (Figura 3 e Tabela 2), estando os valores apresentados na Tabela 8. Observa-se que o valor médio para a bacia foi de 0,284, significando que 28,4 % da perda de solo gerada

é transportada até a seção de controle, resultando semelhante ao encontrado por Chaves (2010) que trabalhou na bacia do Rio Pípiripau e encontrou um valor médio de 0,24. Contudo, este mesmo autor observou uma significativa variação dos valores encontrados em função do tipo de metodologia adotada para estimar a TAS, bem como em função dos ajustes das curvas-chaves. Ressalta-se nesse contexto, que um programa de monitoramento contínuo, permite a obtenção de um universo maior de dados, resultando em ajustes mais precisos dado a qualidade dos dados coletados.

Sub-bacias	Y (t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	A (t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	TAS
sub-1	0,765	3,47	0,220
sub-2	0,469	2,63	0,178
sub-3	0,413	6,29	0,066
sub-4	5,124	5,80	0,883
sub-5	2,584	6,60	0,392
sub-6	0,923	7,77	0,119
sub-7	1,126	8,36	0,135

Tabela 8. Taxa de aporte de sedimentos calculada para a BHARI distribuída por sub-bacias.

Os valores encontrados para a BHARI variam em magnitude entre as sub-bacias de 6,6 a 88,3% (Tabela 8). Esta variabilidade espacial tem sido observada em outros estudos, como o de De Vente et al. (2008), os quais obtiveram TAS variando de 0,03 a 55% para 61 sub-bacias, na Espanha. Ainda neste mesmo sentido, Van Rompaey, Krasa e Dostal (2007) calcularam a TAS para uma bacia de 1.960 km<sup>2</sup> na República Tcheca, obtendo um valor de 28%; Verstraeten, Prosser e Fogarty (2007) reportaram valores de TAS de 20 a 39 % para bacias de 167 à 2.173 km<sup>2</sup> na Austrália; Fryirs e Brierley (2001) estimaram uma TAS de quase 70 % na bacia do Rio Bega, no estado australiano de Nova Gales do Sul, que causou mudanças dramáticas na morfologia fluvial e Alatorre et al. (2012) determinaram uma TAS de aproximadamente 5% para uma bacia experimental de 2,84 km<sup>2</sup> na Espanha.

Em termos de taxa de aporte de sedimentos no Brasil, Silva e Schulz (2007) avaliaram a dinâmica hidrossedimentológica na bacia do ribeirão Água Fria, em Palmas no Tocantins, no período entre fevereiro de 1998 a janeiro de 1999 e obtiveram um valor médio de TAS de 6,2%. Silva, Santos e Silva (2014) encontraram uma TAS de 8% para a bacia do Rio Tapacurá, no Estado de Pernambuco, com uma área de 470 km<sup>2</sup>. Por outro lado, Beskow et al. (2009) encontraram um valor médio para a bacia do alto Rio Grande, em Minas Gerais, de 1,62 %, para uma área de drenagem maior que 6.000 km<sup>2</sup>, enquanto Durães, Mello e Beskow (2016), ao avaliarem a TAS da bacia hidrográfica do Rio Paraopeba, com área de 8.659 km<sup>2</sup>, encontraram valores variando de 8,6 a 66%.

De acordo com Brown et al. (2005), os impactos das alterações no uso do solo na bacia hidrográfica sobre o escoamento superficial podem, de maneira geral, ser

avaliados em termos de vazões máximas médias e mínima. Contudo, esses efeitos estão associados aos processos causados pela erosão hídrica, uma vez que dentro de um contexto de ciclo hidrossedimentológico, a erosão hídrica acarreta na diminuição do volume de solo, o que resulta em uma menor capacidade de armazenamento de água.

Os resultados aqui encontrados mostram que alterações na cobertura e uso do solo podem afetar de maneira significativa a dinâmica hidrológica da bacia hidrográfica em termos de escoamento superficial. Essa alteração do escoamento pode levar a um maior aporte de sedimentos, resultante dos processos erosivos de montante, com consequências na diminuição na variabilidade da umidade das camadas profundas do solo, na recarga dos aquíferos, resultando na redução das vazões em períodos de estiagens e seu aumento nos períodos chuvosos em função das alterações nas taxas de infiltração da água no solo.

#### 4 | CONCLUSÕES

O uso do modelo RUSLE associado a um GIS através da álgebra de mapas mostrou ser uma ferramenta efetiva para determinar a vulnerabilidade à erosão hídrica dos solos em escala de bacia hidrográfica, permitindo a identificação das áreas mais susceptíveis.

A classe Gleissolo apresentou as maiores taxas de potencial à erosão hídrica acima de 25 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, correspondendo a 51,44 % de toda sua ocorrência, seguida das classes Cambissolo (50,15%), Argissolo (44,22%) e Organossolo (43,64%).

As sub-bacias 4 e 5, localizadas a jusante da região metropolitana de Curitiba, apresentaram as maiores taxas de produção de sedimentos e da taxa de aporte de sedimentos, demonstrando assim, o papel preponderante dos grandes centros urbanos em potencializar as cargas poluidoras dos cursos d'água.

A TAS varia espacialmente na BHARI em função do uso e cobertura do solo, bem como das características topográficas, as quais tendem a favorecer os processos de sedimentação em áreas com menores declividades, uma vez que favorece esse fenômeno.

Considerando a variação espacial e temporal dos dados de sólidos dissolvidos em suspensão, a metodologia utilizada se mostra como uma importante ferramenta em termos práticos, embora apresente limitações inerentes, o que faz necessário a continuidade de programa de monitoramento da BHARI, que possibilite uma série histórica maior e mais representativa.

## REFERÊNCIAS

- ABDO, H; SALLOUM, J. Spatial assessment of soil erosion in Alqerdaha basin (Syria). **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 3, n. 26, p. 7, 2017.
- AHAMED, T. R. N.; RAO, K. G.; MURTHY, J. S. R. fuzzy class membership approach to soil erosion modelling. **Agricultural Systems**, 63(2):97-110, 2000.
- AHAMED, L. C.; Beguería, S.; Lana-Renault, N.; Navas, A.; García-Ruiz, J. M. Soil erosion and sediment delivery in a mountain catchment under scenarios of land use change using a spatially distributed numerical model. **Hydrology and Earth System Sciences**. v. 16, p. 1321-1334, 2012.
- Araújo, F. S.; Salviano, A. C.; Neto, M. R. H. Estimativa da erodibilidade de latossolos do Piauí. **Scientia Plena**. v. 7, p. 1-6, 2011.
- Arnold, J. G.; SrinivasaN, R.; Muttiah, R. S.; Williams, J. R. Large area hydrologic modeling and assessment part I: model development. **Journal of the American Water Resources Association**. v. 34, p. 73-89, 1998.
- Avanzi, J. C.; Silva, M. L. N. S.; Curi, N.; Norton, L. D.; Beskow, S.; Martins, S. G. Spatial distribution of water erosion risk in a watershed with eucalyptus and Atlantic forest. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 37, p. 427-434, 2013.
- Batalha, R. M. P. **Expectativa de risco de degradação dos recursos hídricos na bacia do rio Jundiá-Mirim**. 2006. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
- Bertoni, J.; Lombard Neto, F. L. **Conservação do solo**. 5a.ed. São Paulo: Ed. Ícone; 2005.
- 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.
- Bollmann, h. A.; Marques, D. M. Gestão ambiental integrada de bacias hidrográficas: Bacia do Rio Cachoeiras – São Mateus do Sul – PR. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 6, p. 45-65, 2001.
- Borges, K. M. R.; Carvalho Júnior, A. O.; Martins, E. S.; Gomes, R. A. T.; Guimarães, R. F. Vulnerabilidade natural: a perda de solo da bacia do rio Carinhanha (MG/BA) usando uma abordagem qualitativa da equação universal de perda de solos. **Geographia**. v. 14, p. 101-125, 2012.
- Botelho et al. Use of USLE/GIS technology for identifying criteria for monitoring soil erosion losses in agricultural areas. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 1, p. 13-21, 2018.
- Brown, A. E.; Zhang, L.; McMahon, T. A.; Western, A. W.; Vertessy, R. A. A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation. **Journal of Hydrology**. v. 310, p. 28-61, 2005.
- Carvalho, N. O.; Filizola Júnior, N. P.; Santos, P. M.; Lima, J. E. F. W. **Guia de práticas sedimentológicas**. Brasília – DF: ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000.
- Castro, W. J.; Lemke-de-Castro, M. L.; Lima, J. O.; Oliveira, L. F. C.; Rodrigues, C.; Figueiredo, C. C. Erodibilidade de solos do cerrado goiano. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**. v. 4, n. 2, p. 305-320, 2011.
- Chaves, H. M. L. Relações de aporte de sedimento e implicações de sua utilização no pagamento por serviço ambiental em bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 34, p. 1469-

1477, 2010.

Chella, M. R.; Fernandes, V. S.; Fermiano, G. A.; Fill, H. D.; Santos, I. Avaliação do transporte de sedimentos no rio Barigui. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 10, p. 105-111, 2005.

CÓRDOVA, J. R.; GONZALES, M. Sediment yield estimation in small watersheds based on streamflow and suspended sediment discharge measurements. **Soil Technology**. v. 11, p. 57-65, 1997.

De Vente, J.; Poesen, J.; Verstraeten, G.; Van Rompaey, A.; Govers, G. Spatially distributed modelling of soil erosion and sediment yield at regional scales in Spain. **Global Planet Change**. v. 60, p. 393-415, 2008.

DURÃES, M. F.; COELHO FILHO, J. A. P.; OLIVEIRA, V. A. Water erosion vulnerability and sediment delivery rate in upper Iguazu river basin – Paraná. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n. 4, p. 728-741, 2016.

Durães, M. F.; Mello, C. R. Hydrosedimentologic disturbance index applied to watersheds of Minas Gerais State. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 38, p. 61-67, 2014.

DURÃES, M. F.; MELLO, C. R.; BESKOW, S. Sediment yield in Paraopeba river basin – MG, Brazil. **International Journal of River Basin Management**. 2016. Doi: 10.1080/15715124.2016.1159571

DUVERT, C.; GRATIOT, N.; EVRARD, O.; NAVRATIL, O.; NÉMERY, J.; PRAT, C.; ESTEVES, M. Drivers of erosion and suspended sediment transport in three headwater catchments of the Mexican Central Highlands. **Geomorphology**. v. 123, p. 243-256, 2010.

DUVERT, C.; NORD, G.; GRATIOT, N.; NAVRATIL, O.; NADAL-ROMERO, E.; MATHYS, N.; NÉMERY, J.; REGUES, D.; GARCIA-RUIZ, J. M.; GALLART, F.; ESTEVES, M. Towards prediction of suspended sediment yield from peak discharge in small erodible mountains catchments (0.45-22km<sup>2</sup>) of France, Mexico and Spain. **Journal of Hydrology**. v. 454-455, p. 42-55, 2012.

ESRI. Environmental Systems Research Institute – ESRI. **ArcGIS: getting started with ArcGIS**. Redlands, 2004.

Froehner, S.; Martins, R. F. Avaliação da composição química de sedimentos do rio Barigui na região metropolitana de Curitiba. **Química Nova**. v. 31, p. 2020-2026, 2008.

Fryirs, K.; Brierley, G. J. Variability in sediment delivery and storage along river courses in Bega catchment, NSW, Australia: implications for geomorphic river recovery. **Geomorphology**. v. 38, p. 237-265, 2001.

Gassman, P. W.; Reyes, M. R.; Green, C. H.; Arnold, J. G. The soil and water assessment tool: historical development, applications, and future research directions. **Transactions of the ASABE**. v. 50, p. 2111-1250, 2007.

GUERRERO, M.; NONES, M.; SAURRAL, R.; MONTROULL, N.; SZUPIANY, R. N. Parana river morphodynamics in the contexto of climate change. **International Journal of River Basin Management**. v. 11, p. 423-437, 2013.

Hicks, D.; Gomez, B.; Trustrum, N. A. Event suspended sediment characteristics and the generation of hyperpycnal plumes at river mouths: east coast continental margin, North Island, New Zealand. **The Journal of Geology**. v. 112, n. 4, p. 471-485, 2004.

HOYOS, N.; WAYLEN, P. R.; JARAMILLO, A. Seasonal and spatial patterns of erosivity in a tropical watershed of the Colombian Andes. **Journal of Hydrology**. v. 314, p. 177-191, 2005.

HRABALÍKOVÁ, M.; JANEČEK, M. Comparison of different approaches to LS factor calculations based on a measured soil loss under simulated rainfall. **Soil and Water Resources**, v.12, n. 2, p. 69-77, 2017.

Hui, L.; Xiaoling, C.; Lim, K. J.; Xiaobin, C.; Sagong, M. Assessment of soil erosion and sediment yield in Liao watershed, Jiangxi province, China, using USLE, GIS and RS. **Journal of Earth Science**. v. 21, n. 6, p. 941-953, 2010.

KARYDAS, C. G.; PANAGOS, P.; GITAS, I. Z. A classification of water erosion models according to their geospatial characteristics. **International Journal of Digital Earth**, 7:229-250, 2014.

Knapik, H. G. **Reflexões sobre monitoramento, modelagem e calibração na gestão de recursos hídricos: estudo de caso da qualidade da água da bacia do Alto Iguaçu**. 2009. 197f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

Knapik, H. G.; Fernandes, C. V. S.; Bassanesi, K.; Porto, M. F. A. Qualidade da água da bacia do rio Iguaçu: diferenças conceituais entre os modelos QUAL2E e QUAL2K. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 16, p. 75-88, 2011.

LEE, G.; LEE, K. Determining the sediment delivery ratio using the sediment-rating curve and a geographical information system-embedded soil erosion model on a basin scale. **Journal of Hydrologic Engineering**. v. 15, p. 834-843, 2010.

LI, Z.; LI, P.; LU, K.; ZHENG, L.; GUO, Y. Development and application of the runoff erosivity for sediment yield prediction on watershed scale. In: **Proceedings of the 13th International Soil Conservation Organization (ISCO) Conference**, Brisbane, Paper No. 668. 2004.

Lima Neto, I. E.; Wiegand, M. C.; Araujo, J. C. Sediment redistribution due to a dense reservoir network in a large semi-arid Brazilian basin. **Hydrological Sciences Journal**. v. 56, n. 2, p. 319-333, 2011.

Mannigel, A. R.; Carvalho, M. P.; Moretti, D.; Medeiros, L. R. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum Agronomy**. v. 24, p. 1335-1340, 2002.

Marques, J. J. G. S. M.; Curi, N.; Ferreira, M. M.; Lima, J. M.; Silva, M. L. N.; Sá, M. A. C. Adequação de métodos indiretos para estimativa da erodibilidade de solos com horizonte B textural no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 21, p. 447-456, 1997.

Martins, S. G.; Silva, M. L. N.; AVANZI, J. C.; Curi, N.; Fonseca, S. Fator cobertura e manejo dos solos e perdas de solo e água em cultivo de eucalipto e em mata atlântica nos tabuleiros costeiros do estado do Espírito Santo. **Scientia Forestalis**. v. 38, n. 87, p. 517-526, 2010.

MELLO, C. R.; ÁVILA, L. F.; VIOLA, M. R.; CURI, N.; NORTON, L. D. Assessing the climate change impacts on the rainfall erosivity throughout the twenty-first century in the Grande River Basin (GRB) headwaters, Southeastern Brazil. **Environmental Earth Sciences**. v. 73, p. 8683-8698, 2015.

Mello, C. R.; Viola, M. R.; Beskow, S.; Norton, L. D. Multivariate models for annual rainfall erosivity in Brazil. **Geoderma**. v. 202-203, p. 88-102, 2013.

Moore, I. D.; Burch, G. J. Modeling erosion and deposition: Topographic effects. **Transactions of the ASAE**. v. 29, p. 1624-1640, 1986.

Nearing, M. A.; Lane, L. J.; Lopes, V. L. **Modeling soil erosion**. In: Lal R, editor. Soil Erosion: research methods. Saint Lucie: Delray Beach; 1994. p. 127-135.

NEL, W.; REYNHARDT, D. A.; SUMMER, P. D. Effect of altitude on erosive characteristics of

concurrent rainfall events in the northern Kwazulu-Natal Drakensberg. **Water SA**. v. 36, p. 509-512, 2010.

NUNES, J. F.; ROIG, H. L. Análise e mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia do Alto do Descoberto, DF/GO, por meio de classificação automática baseada em regras e lógica nebulosa. **Revista Árvore**, v. 39, n. 1, p.25-36, 2015.

OLIVEIRA, V. A.; DURÃES, M. F.; MELLO, C. R. Assessment of the current soil erosion in Piranga river basin, Minas Gerais state. **Water Resources and Irrigation Management**, 3(2):57-64, 2014.

Oliveira, V. A.; Mello, C. R.; Durães, M. F.; Silva, A. M. Soil erosion vulnerability in the Verde river basin, Southern Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 38, p. 262-269, 2014.

Pandey, A.; Chowdary, V. M.; Mal, B. C. Identification of critical erosion prone áreas in the small agricultural watershed using USLE, GIS and remote sensing. **Water Resources Management**. v. 21, p. 729-746, 2007.

Pradhan, B.; Chaudhari, A.; Adinarayana, J.; Buchroithner, M. F. Soil erosion assessment and its correlation with landslide events using remote sensing data and GIS: a case study at Penang Island, Malaysia. **Environmental Monitoring and Assessment**. v. 184, n. 2, p. 715-727, 2012.

Renard, K. G.; Foster, G. R.; Weesies, G. A.; Porter, P. J. RUSLE: revised universal soil loss equation. **Journal of Soil and Water Conservation**. v. 46, p. 30-33, 1991.

Ribeiro, L. S.; Alves, M. G. Análise de susceptibilidade à erosão laminar no município de Campos dos Goytacazes/RJ através de técnicas de geoprocessamento. **Estudos Geográficos**. v. 6, n. 1, p. 89-100, 2008.

RODRIGUES et al. Estimativa da vulnerabilidade dos solos à erosão hídrica na bacia hidrográfica do rio Cervo – MG. **Geociências**, 36(3):531-542, 2017.

Ruhoff, A. L.; Souza, B. S. P.; Giotto, E.; Pereira, R. S. Avaliação dos processos erosivos através da equação universal de perda de solos, implementada com algoritmos em LEGAL. **Geomática**, v. 1, p. 12-22, 2006.

Sá, M. A. C.; Lima, J. M.; Curi, N.; Massaroto, J. A.; Marques, J. J. G. S. M. Estimativa da erodibilidade pela desagregação por ultra-som e atributos de solos com horizonte B textural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 39, p. 691-699, 2004.

Scapin, J.; Paiva, J. B. D.; Beling, F. A. Avaliação de métodos de cálculo do transporte de sedimentos em um pequeno rio urbano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 12, p. 5-21, 2007.

Silva Júnior, V. P.; Montenegro, A. A. A.; Silva, T. P. N.; Guerra, S. M. S.; Santos, E. S. Produção de água e sedimentos em bacia representativa do semiárido pernambucano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 15, p. 1073-1081, 2011.

Silva, A. M.; Alvares, C. A. Levantamento de informações e estruturação de um banco de dados sobre a erodibilidade de classes no estado de São Paulo. **Geociências**, v. 24, p. 33-41, 2005.

Silva, A. M.; Schulz, H. E. Hydrosedimentological dynamic on Água Fria watershed. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v. 50, n. 5, p. 861-870, 2007.

Silva, A. M.; Silva, M. L. N.; Curi, N.; Avanzi, J. C.; Ferreira, M. M. Erosividade da chuva e erodibilidade de Cambissolo e Latossolo na região de Lavras, sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 33, p. 1811-1820, 2009.

- Silva, F. M.; Lermen, V. K.; Nery, J. T. Variabilidade interanual da precipitação na bacia do rio Iguaçu. **Acta Scientiarum**. v. 23, n. 6, p. 1439-1444, 2001.
- Silva, R. M.; Montenegro, S. M. G. L.; Santos, C. A. G. Integration of GIS and remote sensing for estimation of soil loss and prioritization of critical sub-catchments: a case study of Tapacurá catchment. **Natural Hazards**. v. 62, p. 953-970, 2012.
- Silva, R. M.; Santos, C. A. G.; Silva, A. M. Predicting soil erosion and sediment yield in the Tapacurá catchment, Brazil. **Journal of Urban and Environmental Engineering**. v. 8, n. 1, p. 75-82, 2014.
- Silva, V. Estimativa da erosão atual da bacia do rio Paracatu (MG/GO/DF). **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 34, p. 147-159, 2004.
- STEINMETZ et al. Assessment of soil loss vulnerability in data-scarce watersheds in southern Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, 42(6):575-587, 2018.
- SUDERHSA. **Sistema de Informações Geográficas para Gestão de Recursos Hídricos no Alto Iguaçu – Relatório Final**. Curitiba: SUDERHSA; 2004.
- Van Rompaey, A.; Krasa, J.; Dostal, T. Modelling the impact of land cover changes in the Czech Republic on sediment delivery. **Land Use Policy**. v. 24, p. 576-583, 2007.
- Vemu, S.; Pinnamaneni, U. B. Estimation of spatial patterns of soil erosion using remote sensing and GIS: a case study of Indravati catchment. **Natural Hazards**. v. 59, p. 1299-1315, 2011.
- Verstraeten, G.; Prosser, I. P.; Fogarty, P. Predicting the spatial patterns of hillslope sediment delivery to river channels in the Murrumbidgee catchment, Australia. **Journal of Hydrology**. v. 334, p. 440-454, 2007.
- Walling, D. E. The sediment delivery problem. **Journal of Hydrology**. v. 65, p. 209-237, 1983.
- Walling, D. E.; Webb, B. W. Material transport by the world's rivers: evolving perspectives. In: Rodda, J. C.; Matalas, N. C. Water for the future: Hydrology in Perspective. **Proc. Rome Symposium**, 1987. p. 313-329.
- Wang, G. Q.; Hapuarachchi, H.; Ishidaira, H.; KIEM, A. S.; TAKEUCHI, K. Estimation of soil erosion and sediment yield during individual rainstorms at catchment scale. **Water Resources Management**. v. 23, p. 1447-1465, 2009.
- Wang, L. L.; Yao, W.Y.; Liu, Y. L. China's research progress in sediment delivery ratio of watershed. **Yellow River**. v. 30, p. 36-45, 2008.
- Wischmeier, W. H.; Smith, D. D. **Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning, Agricultural Handbook 537**. U.S. Department of Agriculture, Science and Education Administration, Washington, DC; 1978.
- Wu, L.; Long, T. Y.; Liu, X.; Mmereki, D. Simulation of soil loss processes based on rainfall runoff and the time factor of governance in the Jialing river watershed, China. **Environmental Monitoring and Assessment**. v. 184, p. 3731-3748, 2012.
- Xavier, A. P.; Silva, A. M.; Silva, R. M. Mudanças espaço-temporais da variabilidade da precipitação e perdas de solo na bacia do rio Mamuaba, Brasil. **Cadernos do Logepa**. v. 8, p. 79-102, 2013.
- ZHANG, H.; YANG, Q.; LI, R.; LIU, Q.; MOORE, D.; HE, P.; RITSEMA, C. J.; GEISSEN, V. Extension of a GIS procedure for calculating the RUSLE equation LS factor. **Computers & Geosciences**. v. 52, p. 177-188, 2013.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Júlio César Ribeiro** - Doutor em Agronomia (Ciência do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ); Mestre em Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal Fluminense (UFF); Engenheiro Agrônomo pela Universidade de Taubaté-SP (UNITAU); Técnico Agrícola pela Fundação ROGE-MG. Possui experiência na área de Agronomia com ênfase em ciclagem de nutrientes, nutrição mineral de plantas, cultivos em sistemas hidropônicos, fertilidade e poluição do solo, e tecnologia ambiental voltada para o aproveitamento de resíduos da indústria de energia na agricultura. E-mail para contato: jcragronomo@gmail.com

**Carlos Antônio dos Santos** - Engenheiro Agrônomo formado pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica-RJ; Especialista em Educação Profissional e Tecnológica pela Faculdade de Educação São Luís, Jaboticabal-SP; Mestre em Fitotecnia pela UFRRJ. Atualmente é Doutorando em Fitotecnia na mesma instituição e desenvolve trabalhos com ênfase nos seguintes temas: Produção Vegetal, Horticultura, Manejo de Doenças de Hortaliças. E-mail para contato: carlosantoniokds@gmail.com

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acerola 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15  
Alimento funcional 122, 123, 134  
Apis mellifera 80, 81, 82, 84, 87, 88  
Área foliar 62, 65, 66, 67, 70, 99, 104

### B

Barra de cereal 122, 130, 131  
Biorreguladores 62

### C

Capacitação 175  
Caruncho 43, 45  
Conservação 2, 3, 4, 35, 91, 110, 111, 112, 115, 135, 138, 145, 146, 162, 163, 199, 210, 217  
Consumo 52, 88, 122, 123, 156, 162, 198  
Continuidade na educação 164

### D

Desmatamento 29, 98  
Diagnóstico rápido 1, 2, 6, 7

### E

Educação profissionalizante 164  
Estrutura dinâmica 1  
Extratos alternativos 54

### F

Flores 62, 63, 64, 65, 67, 68, 70, 77  
Fruteira nativa 73

### G

Germinação 43, 48, 49, 50, 51, 55, 61, 96  
Glycine max 47, 62, 63, 64, 70

### H

Hospedeiros 43, 46, 47, 48, 51

### I

Informática 175  
Interdisciplinaridade 171, 175  
Inversão 89, 91, 94, 95

Irrigação 12, 14, 23, 37, 42, 55

Isolamento 89, 91, 93

## M

Malus domestica 137, 138

Mata Atlântica 29, 30, 35, 108, 210, 219

Melhoramento vegetal 73

Modelos simplificados 23

## O

Osmose 136, 145

## P

Palinologia 80, 82

Penman-Monteith 23, 24, 25, 26, 27

Perfil do aluno 164, 166, 168

Phaseolus vulgaris 43, 44, 45, 46, 51, 52, 63, 71

Pólen apícola 80, 83, 85, 86, 87

Processamento 79, 101, 109, 122, 124, 125, 135, 162, 177, 206

Produção 8, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 32, 36, 37, 38, 40, 41, 47, 49, 51, 54, 56, 57, 61, 62, 63, 64, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 82, 85, 86, 87, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 110, 111, 113, 120, 122, 135, 142, 156, 157, 161, 162, 165, 181, 186, 188, 189, 190, 195, 196, 197, 200, 203, 207, 211, 213, 214, 216, 220, 222

Produção de mudas 8, 15, 54, 56, 57, 61, 74

Progênies 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78

Propagação vegetativa 8, 9, 54, 60, 61

## Q

Qualidade do solo 1

## R

Rendimento 70, 89, 95

## S

Sensoriamento remoto 29, 97, 98, 99, 108, 109

Spondias tuberosa L. 54, 55

Substrato 7, 8, 9, 10, 11, 12, 17, 18, 19, 20, 21, 48, 55, 57, 91, 192

## T

Theobroma grandiflorum 72, 73, 78, 79

## U

Ultrassom 136, 137, 138, 139, 142, 143, 144, 146, 147, 148, 151, 152, 153

Umidade 6, 24, 47, 75, 82, 107, 122, 126, 128, 134, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 160, 216

## V

Vagens 62, 63, 64, 65, 68, 69, 70, 71

Viabilidade 16, 17, 18, 90, 91, 92, 93, 155, 157

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**