

# MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE:

FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR E CONHECIMENTO CIENTÍFICO



**CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA**  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2023

# MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE:

FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR E CONHECIMENTO CIENTÍFICO



**CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA**  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2023

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena

Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

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

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

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

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

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

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
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. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás  
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

## Meio ambiente e sustentabilidade: formação interdisciplinar e conhecimento científico 3

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b>	
M514	Meio ambiente e sustentabilidade: formação interdisciplinar e conhecimento científico 3 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-0976-2 DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.762230501">https://doi.org/10.22533/at.ed.762230501</a>  1. Sustentabilidade e meio ambiente. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título. CDD 363.7
<b>Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166</b>	

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

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

O e-book: “Meio ambiente e sustentabilidade: Formação interdisciplinar e conhecimento científico 3” é constituído por cinco capítulos de livro que investigaram: *i)* meio ambiente e atividades turísticas; *ii)* desenvolvimento de utensílios a partir de resíduos plásticos e; *iii)* poluentes em organismos aquáticos e seus efeitos deletérios.

O primeiro capítulo apresenta um estudo sobre a importância da pesca esportiva como fonte de geração de recursos econômicos, bem como a oportunidade de se desenvolver um trabalho de conscientização ambiental a partir da análise de alguns parâmetros (número de capturas, identificação da espécie, comprimento do peixe e o esforço pesqueiro). Já o capítulo 2 propõe uma metodologia capaz de quantificar a erosão hídrica a partir do uso de um software com modelagem matemática associado a um Sistema de Informações Geográficas a ser utilizado na gestão de bacias hidrográficas. O terceiro capítulo apresenta e discute a importância do planejamento urbano em municípios litorâneos, em especial na cidade de Ubatuba/SP que procurou entender e correlacionar a legislação vigente ao uso da ocupação de áreas urbanas que afetam o turismo e a manutenção da paisagem do município.


O quarto capítulo apresenta a construção de fogões solares a partir da reutilização de materiais poliméricos que são resíduos de baixo custo e obtenção por famílias carentes da comunidade do Maciço do Baturité/CE. Além disso, os fogões apresentam elevada capacidade no processo de cozimento dos alimentos, na preservação ambiental e no controle de emissão de gases.

O quinto e último capítulo investigou a influência das concentrações de diferentes metais pesados no estresse oxidativo presente nos tecidos de *Donax hanleyanus* que vivem no ecossistema aquático da Praia Grande de São Francisco do Sul/SC.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando de forma a estimular e incentivar cada vez mais pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros, capítulos de livros e artigos científicos.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua



<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
QUE FATORES PODEM GARANTIR O SUCESSO EM TORNEIOS DE PESCA AMADORA?	
Julia Myriam de Almeida Pereira	
Rinaldo Antonio Ribeiro Filho	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7622305011">https://doi.org/10.22533/at.ed.7622305011</a>	
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>18</b>
ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLO POR EROÇÃO HÍDRICA EM BACIA HIDROGRÁFICA	
Mariane Rodrigues da Vitoria	
Klaus de Oliveira Abdala	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7622305012">https://doi.org/10.22533/at.ed.7622305012</a>	
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>29</b>
A PAISAGEM E O PLANEJAMENTO DE CIDADES TURÍSTICAS COSTEIRAS – O CASO DO MUNICÍPIO DE UBATUBA, SP, BRASIL	
Flavio Jose Nery Conde Malta	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7622305013">https://doi.org/10.22533/at.ed.7622305013</a>	
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>35</b>
USO DE ENERGIA SOLAR: COMO CONSTRUIR UM FOGÃO SOLAR CASEIRO COM MATERIAIS POLIMÉRICOS DESCARTADOS	
Aryadna Livia Mendes Araújo	
Carlos Alberto Cáceres	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7622305014">https://doi.org/10.22533/at.ed.7622305014</a>	
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>45</b>
VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA CONTAMINAÇÃO DE METAIS PESADOS E ESTRESSE OXIDATIVO EM <i>Donax hanleyanus</i> (MOLLUSCA, BIVALVIA) NA PRAIA GRANDE, SÃO FRANCISCO DO SUL - SC	
Eduardo Cabral Gonçalves	
Therezinha Maria Novais de Oliveira	
Daniela Delwing de Lima	
Luciano Lorenzi	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7622305015">https://doi.org/10.22533/at.ed.7622305015</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR .....</b>	<b>72</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>73</b>

# ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLO POR EROSÃO HÍDRICA EM BACIA HIDROGRÁFICA

*Data de aceite: 02/01/2023*

**Mariane Rodrigues da Vitoria**

Universidade Federal de Goiás  
Goiânia, Brasil

**Klaus de Oliveira Abdala**

**RESUMO:** Neste trabalho, foi proposta uma metodologia para quantificar a erosão hídrica, ou seja à perda de solo e transporte de sedimentos. Para tal foi utilizado um software de modelagem matemática, baseado na Equação Universal de Perda de Solo, associado a um Sistema de Informações Geográficas. O presente modelo se mostrou eficiente para ser utilizado na gestão de bacias hidrográficas, através da estimativa de solo erodido e carregado até o corpo hídrico. De fato, o aumento progressivo das erosões às margens de recursos hídricos pode causar impactos negativos na qualidade de água de uma região, bem como onerosos custos tais como a retirada de sedimentos por dragagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Erosão hídrica, Bacia hidrográfica, InVEST.

**ABSTRACT:** In this work, a methodology was proposed to quantify water erosion, that

is, soil loss and sediment transport. For that, mathematical modeling software was used, based on the Universal Soil Loss Equation, associated with a Geographic Information System. The present model proved to be efficient to be used in the management of watersheds, through the estimation of eroded soil and carried to the water body. In fact, the progressive increase in erosion on the margins of water resources can cause negative impacts on the water quality of a region, as well as costly shortfalls such as the removal of sediments by dredging.

**KEYWORDS:** Water erosion, Watershed, InVEST.

## 1 | INTRODUÇÃO

Mudanças no uso e ocupação do solo causam impactos que podem ir além da escala local. Um dos maiores problemas gerados pela conversão de terra, principalmente próximo aos afluentes e corpos d'água, é o acúmulo de sedimentos seguido pelo assoreamento (CARVALHO,2000). Altas taxas de erosão e assoreamento em bacias hidrográficas são resultado, principalmente, do

desflorestamento e degradação florestal de encostas e matas ciliares, do uso inadequado de implementos agrícolas (como maquinários), e principalmente, da falta de utilização de práticas conservacionistas (CHAVES, 2013).

A preservação de corpos hídricos, como a bacia hidrográfica Córrego do Bandeira, está relacionada a uma complexa rede de interações denominadas funções ecossistêmicas. Essas funções são fundamentais para a manutenção do bem-estar da sociedade, uma vez que são responsáveis pela criação de um conjunto de bens e utilidades às comunidades usuárias.

A bacia hidrográfica Córrego do Bandeira, é delimitado por uma sub-bacia do Ribeirão João Leite, um dos três principais mananciais de abastecimento de água da cidade de Goiânia, capital do estado de Goiás, esse corpo hídrico vem sendo degradado ao longo dos anos, principalmente devido ao inadequado uso do solo, ocupação desordenada e redução da cobertura vegetal (NASCIMENTO, 1998). Trata-se de um manancial de importância estratégica, responsável atualmente por cerca de 50% do suprimento de água para a RGM (BUMA, 2017).

Neste trabalho, foi proposta uma metodologia para quantificar a erosão hídrica, ou seja à perda de solo e transporte de sedimentos. Para tal foi utilizado um software de modelagem matemática, baseado na Equação Universal de Perda de Solo, associado a um Sistema de Informações Geográficas. Para aplicar tal metodologia, foi proposto um estudo de caso, no qual foi utilizada a bacia hidrográfica do Córrego do Bandeira.

## 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Marco Legal: Premissas Básicas

Ao longo dos anos discursos acerca da importância dos recursos naturais assim como os efeitos gerados pela sua escassez tomam conta de diversas áreas do conhecimento. A tomada de consciência dessa realidade levou à definição de diretrizes e metas em diferentes pactos internacionais, nacionais e municipais, para o bem esta e segurança da população (PDI-RMG, 2017).

Tem-se verificado que o modelo de desenvolvimento tecnológico, científico e econômico em curso, além dos diferentes arranjos sociais, estão em contramão ao conceito do que seria desenvolvimento sustentável. Desta forma, a fim de traçar uma rota de sustentabilidade ambiental foi estabelecida a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável aprovada em 2015 pela ONU. Nesta, preveem-se 17 Objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), ao qual devem ser cumpridos até 2030 (MATTOS, 2015). O documento de 2016, destaca que os assentamentos humanos devem:

- Adotar e implementar a redução e gestão de risco de desastres, reduzam a vulnerabilidade, construam resiliência e capacidade de resposta a perigos naturais e gerados pelo homem, e promovam a mitigação e a adaptação à alteração

climática;

- Proteger, conservar, restaurar e promover seus ecossistemas, água, habitats naturais e biodiversidade, minimizar impactos ambientais, e migrem para padrões de consumo e produção sustentáveis.

Dentre outros pontos.

Neste enfoque, diversos estados a exemplo de, Goiás, tem cumprido as metas de melhorias em atendimento aos requisitos ao desenvolvimento sustentável, promovendo a qualidade de vida da população. Dentre as ações à gestão integrada dos recursos hídricos merece destaque.

Uma vez, que a escassez de água para consumo humano pode ser considerada preocupante. A utilização indiscriminada, o desperdício, poluição e processos de assoreamento dos corpos hídricos têm provocado, em períodos de estiagem, sérios problemas de restrição de água para consumo (CONCEIÇÃO, 2017).

Assim, em 2015, o Governo Estadual de Goiás divulgou o Plano Estadual de Recursos Hídricos, onde há, relevantes esforços no sentido de articular ações de proteção aos recursos hídricos, dentre os quais se destaca a constituição da APA do Ribeirão João Leite, visando à preservação do reservatório de água que abastece parte da RMG.

## 2.2 Solo e Erosões às Margens de Recursos Hídricos

O solo é responsável por diversos processos ambientais, que vão desde a ciclagem e o armazenamento de nutrientes, até a reserva de água para o abastecimento do lençol freático e de aquíferos (MONTANARELLA, 2015). Pode ser classificado em contexto ambiental como um serviço ecossistêmico de suporte, definido como aquele necessário para a produção de todos os outros serviços ecossistêmicos sendo, incluso nessa categoria como exemplo a formação de solo (ALARSA, 2018).

Porém, ao longo do tempo esse rico material vem sendo degradado. Conforme dados da FAO, devido à erosão, a cada ano se perdem cerca de 20 bilhões de toneladas de solos no mundo, o que equivale a mais de três toneladas de solo por pessoa (PRADO, 2016).

O termo erosão, proveniente do latim erodere, pode ser definido como “um conjunto de processos pelos quais os materiais terrosos e rochosos da crosta terrestre são desagregados, desgastados ou dissolvidos e transportados pela ação dos agentes erosivos” (IPT, 1986; CRUVINEL, 2016; DINIZ, 2017).

Trata-se, pois, de um processo que ocorre por intermédio de diversos agentes, que podem ser naturais (clima, relevo, geologia e vegetação) ou podem ocorrer por ações antrópicas, políticas, econômicas, sociais, tecnológicos e institucionais (MONEGATI, 1991, SHIFERAW, 2011).

Em relação à classificação (figura 1), processos erosivos podem ser classificados em erosão hídrica (pluvial, fluvial, de subsuperfície e marinha), eólica e glacial (JESUS,

2013). Em regiões com clima tropical, como o Brasil, onde os totais pluviométricos são bem mais elevados do que em outras regiões do mundo, os processos erosivos causados pela água da chuva (fator climático) têm abrangência em quase toda a superfície terrestre (AZEVEDO, 2017). Além disso, em muitas dessas áreas, as chuvas concentram-se em certas estações do ano, o que agrava ainda mais a erosão (GUERRA et al., 1999). Jesus (2013) cita que a erosão hídrica, talvez, não seja o tipo de erosão mais comum, mas, com certeza, é um dos mais (senão o mais) impactante.

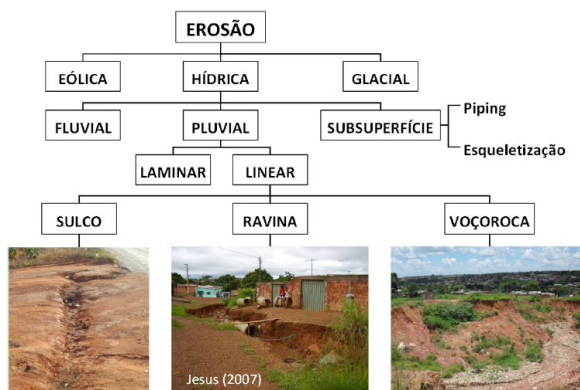


Figura 1: Classificação dos processos erosivos.

Fonte: Jesus (2013).

Nesse sentido, o aumento progressivo das erosões às margens de recursos hídricos pode causar impactos negativos na qualidade de água de uma região. Quanto aos impactos, tem-se o assoreamento de riachos, rios, e reservatórios, o aumento da concentração de nutrientes ou elementos tóxicos nas água gerado pelo transporte de sedimentos. (KHWLIE et al., 2002; CHAVES et al., 2012; FROTA & NAPPO, 2012 e CRUVINEL, 2016).

Os sedimentos, por sua vez, são componentes naturais integrantes dos cursos hídricos (OLIVEIRA, 2013). Todavia, a depender da quantidade e da qualidade dos sedimentos aportados na bacia, haverá a possibilidade de manifestação de diversos fenômenos prejudiciais à sua qualidade (SANTOS, 2010).

Por fim, para análise de degradação de uma bacia, estudos de assoreamento de rios e reservatórios, bem como para diversas outras pesquisas ambientais são um importante mecanismo na tomada de decisões, quanto ao planejamento de atividades na bacia, uma vez, que a quantidade de sedimento está diretamente ligada ao uso do solo (CARVALHO, 2000).

### 2.3 Modelagem de perda de solo - Universal Soil Loss Equation (USLE)

A modelagem realizada pelo software Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs -INVEST tem como base para o cálculo da perda anual do solo a USLE.

Dessa forma, faz-se necessária uma abordagem acerca dos parâmetros que compõem a Universal Soil Loss Equation.

Este modelo de predição de erosão foi desenvolvido por Wischmeier e Smith (1965), sendo um dos modelos de erosão empíricos mais utilizados no mundo, pois permite estimar a perda anual de solo com base em dados de precipitação, características do solo, do terreno e uso e manejo do solo (OLIVEIRA, 2010).

A Equação Universal de Perda de Solo (USLE) está inserida no conceito de modelagem e é um subsídio importante para tomadas de decisões que envolvem questões ambientais, principalmente em relação à bacia hidrográfica (SILVA et al., 2010). Diniz (2017) ressalta que a USLE se caracteriza como uma ferramenta ideal para estudos de processos erosivos e de assoreamento nas bordas de reservatórios.

Diversos autores têm utilizado o modelo a fim de estimar processos erosivos por diversos fatores, dentre estes, está a grande demanda por informações acerca de impactos ambientais, além da facilidade de cálculo da USLE (Equação 1) e suas derivações utilizando Sistemas de Informações Geográficas – SIG (ZANIN, 2017).

USDA (1996) indica que o modelo foi projetado para gerar um resultado de predição anual da perda de solo; porém, possui como um de seus aspectos negativos a inadequação a estimativas de eventos pluviométricos específicos, uma vez que, para este parâmetro, são utilizados dados de precipitação média anual.

A Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) é definida como:

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

Onde,

A= perda de solo, em [ton.(ha..ano)-1];

R= fator erosividade da chuva, em [(MJ.mm). (ha. h. ano)-1];

K= fator erodibilidade do solo, em [(ton. h.). (MJ..mm)-1];

LS= fator topográfico, integração do fator L, comprimento de rampa, e o fator S, declividade [adimensional];

C= fator uso e manejo do solo [adimensional]; e

P= fator práticas conservacionistas [adimensional].

Por fim, o resultado dessa equação prediz a perda de solo em ton ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em uma determinada área.

## 3 | METODOLOGIA

### 3.1 Área de estudo

A área de estudo compreende o Córrego do Bandeira (figura 2), por sua vez, é delimitado por uma sub-bacia do Ribeirão João Leite, apresentando área aproximada de 22 km<sup>2</sup>, e subdivide sua área nos municípios de Goiânia e Nerópolis - GO.

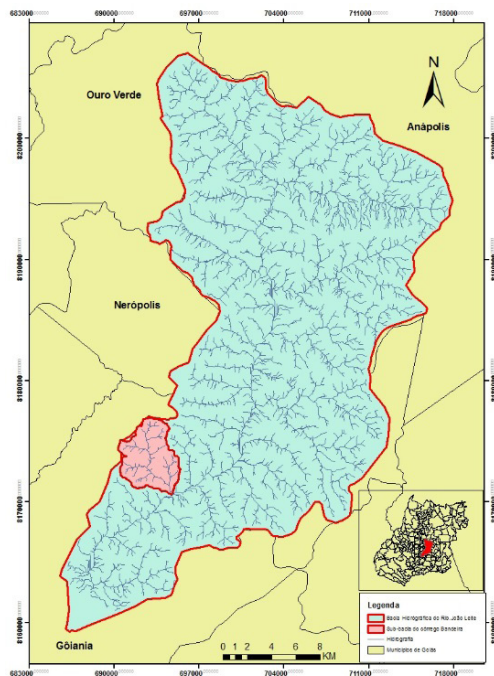


Figura 2: Em destaque área de estudo.

Fonte: O autor.

### 3.2 Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs – InVEST

No presente trabalho foi proposta uma metodologia para quantificar a erosão hídrica, referente à perda de solo e transporte de sedimentos. Para tal foi utilizado um software de modelagem matemática (InVEST), baseado USLE, associado a um Sistema de Informações Geográficas.

De acordo com o Natural Capital Project<sup>1</sup>, InVEST é um sistema de processamento de informações de acesso livre e de código aberto que utiliza um conjunto de modelos parametrizados. Esses modelos podem ser executados de forma independente ou como ferramentas. O design modular multisserviço do InVEST fornece ferramentas que permitem equacionar objetivos ambientais e econômicos de diversos setores, possibilitando aos tomadores de decisão a escolha de *tradeoffs* associados a alternativas viáveis. Permite identificar áreas onde o investimento destinado a conservação do capital natural podem melhorar o bem-estar humano (NATURAL CAPITAL PROJECT, 2019).

<sup>1</sup> <https://www.naturalcapitalproject.org/>

### 3.3 Submodelo de Exportação de Sedimentos (Sediment delivery model – SDR)

De acordo com Natural Capital Project (2019), o objetivo do modelo de entrega de sedimentos é mapear a geração e a entrega de sedimentos por via terrestre para o fluxo (cursos hidrográficos). Em um contexto de mudanças em relação ao uso/cobertura da terra e eventos climáticos diversos, essas informações são necessárias para modelar o serviço de retenção de sedimentos em uma bacia hidrográfica e são de particular interesse para a gestão dos recursos hídricos.

As saídas do modelo de sedimentos incluem a carga de sedimentos fornecida ao fluxo em uma escala de tempo anual, bem como a quantidade de sedimentos erodidos na bacia e retidos por vegetação e características topográficas. Ou seja: a quantidade de solo que se desprende do seu local original e o aporte de sedimentos, que seria a quantidade de solo erodido que chega aos corpos d'água, em diferentes cenários de uso do solo (CAPITAL NATURAL PROJECT, 2019).

### 3.4 Parâmetros e Dados de Entrada Modelo - (Sediment delivery model – SDR)

Para o modelo de exportação de sedimentos, os dados geográficos de entrada requeridos (tabela 1) são: delimitação da bacia hidrográfica de interesse, modelo digital de elevação (MDE), mapa de uso e cobertura do solo, mapa de erodibilidade do solo e mapa de erosividade da chuva. Em relação aos dados tabulares requeridos, são os fatores C e P, (uso / manejo do solo e práticas conservacionistas), respectivamente, que são os parâmetros dependentes do uso e cobertura do solo.

DADOS DE ENTRADA	FORMATO	FONTE	DESCRIÇÃO
Modelo Digital de Elevação (MDE)	Raster	<i>Earth Explorer</i>	Mapa raster com o valor de elevação para cada célula.
Índice de Erosividade da Chuva (R)	Raster	Almeida (2015)	Mapa raster com o valor do índice de erosividade para região.
Erodibilidade do Solo (K)	Raster	Almeida (2015)	Mapa raster com o valor de erodibilidade.
Uso e Cobertura do Solo	Raster	MapBiomás	Mapa raster com os usos e coberturas da região de estudo.
Bacias Hidrográficas de Interesse (Watersheds)	Shapefile	Elaborado pela autora	Mapa com a delimitação das sub-bacias hidrográficas, analisadas.
Tabela Biofísica C/P	Arquivo CSV	Literatura específica	Tabela com os usos e coberturas dos solos.

Tabela 1: Relação de dados a serem inseridos no software InVEST para a predição, produção e retenção de sedimentos.

Fonte: Elaborado pelo autor. Adaptado de Zanella (2016).



## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Estimativa de Fluxos Hidro - Sedimentológicos

A fim, de verificar os resultados gerados pelo InVEST, o modelo, calculou inicialmente a quantidade de sedimento erodido (USLEi), em seguida, o sedimento exportado (SDRi) que é a proporção de perda de solo que realmente alcançaria o exutório da bacia. Após adição dos dados, os resultados foram aferidos no ArcGIS 10.2.2. através da tabela de atributos do arquivo. Também foram analisados os mapas gerados pelo software.

#### 4.1.1 Produção de Sedimentos (USLE)

De acordo com a modelagem realizada o valor referente a perda total de solo (USLE) foi de 1.485 (ton/ km<sup>2</sup>/ ano). As áreas escuras (figura 3) foram as que apresentaram uma maior perda de solo, ou seja, sedimentos que poderiam chegar ao curso hídrico a depender das condições locais.

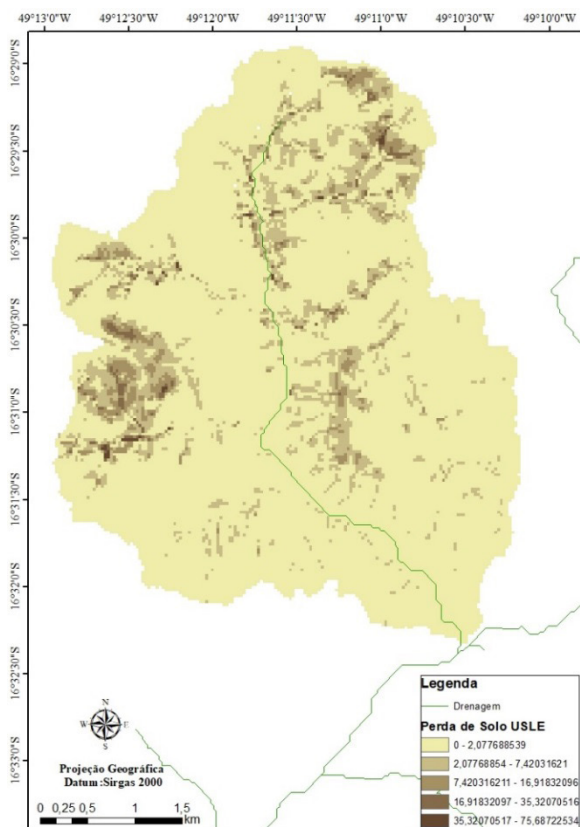


Figura 3: Sedimentos produzidos (USLEi),.

Fonte: autor (gerado no software InVEST).

### 4.1.2 Sedimento Exportados

Após calculada a quantidade de sedimentos produzidos (USLEi), posteriormente, o programa, calculou a quantidade de sedimento exportado (SDRi), que é a proporção de perda de solo que realmente alcança o exutório das bacias (figura 4). Desta forma, observa-se que a quantidade de sedimentos exportados 29 (ton/ km<sup>2</sup>/ ano), sofre influência do resultado obtido anteriormente, ou seja, da quantidade de sedimentos produzidos (USLE). Ressalta-se que o índice de exportação, representa de fato um valor absoluto em toneladas/ano do aporte de sedimento, oriundo dos processos de erosão (MONTALVÃO, 2016).

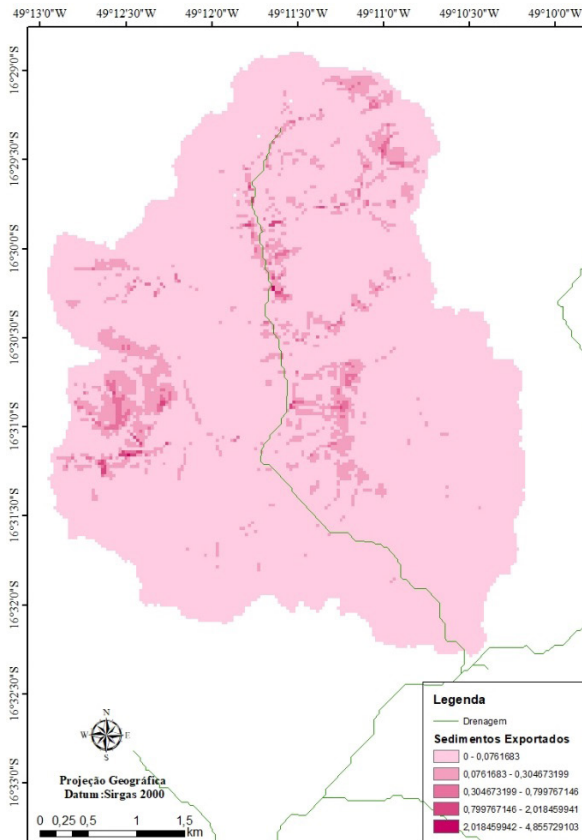


Figura 4: Sedimentos Exportados 2017.

Fonte: autor (gerado no software InVEST).

## 5 | CONCLUSÕES

O presente modelo se mostrou eficiente para ser utilizado na gestão de bacias hidrográficas, assim como na escolha de bacias consideradas como prioritárias para

projetos de conservação e mitigação, através da estimativa de solo erodido, carregado até o corpo hídrico. Além disso, com essas estimativas seria possível realizar algumas valorações econômicas, tais como o custo gasto com dragagem para a retirada de sedimentos no local.

De fato, o aumento progressivo das erosões às margens de recursos hídricos pode causar impactos negativos na qualidade de água de uma região. Quanto aos impactos, tem-se o assoreamento de riachos, rios, e reservatórios, o aumento da concentração de nutrientes ou elementos tóxicos nas águas (vindos por meio dos sedimentos transportados ou mesmo diluídos na água de escoamento). Por conseguinte, isso resultará na diminuição da qualidade da água – seja para consumo humano/animal, para a irrigação ou mesmo para o uso na geração de energia elétrica –, além do aumento da escassez em períodos de estiagem a exemplo na RGM.

Por fim, sobre o InVEST, entre as principais limitações do modelo está sua dependência do USLE. Neste sentido, se reconhece uma fragilidade acerca da estimativa da perda de solos por erosão, necessitando de uma maior calibração, tema que será estudado em trabalhos futuros.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Rherison Tyrone Silva et al., Influência dos dados e métodos no mapeamento do uso e da cobertura da terra. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, v. 43, p. 7-22, 2018.

ALARSA, Cecilia; FURLAN, Sueli Angelo; COLÂNGELO, Antonio Carlos. Aspectos do Meio Físico no Cenário dos Serviços Ecossistêmicos. *Revista do Departamento de Geografia*, p. 184-195, 2018.

AZEVEDO, Lícia Maria Nunes de. Calibração, validação e aplicação do modelo invest para a estimativa de benefícios aos serviços ecossistêmico na bacia do Ribeirão Pipiripau (DF/GO) Dissertação Mestrado UnB, 2017.

BUMA, Eni Liudmiliza Leite et al., Identificação e distinção de fonte de poluição fecal na Bacia hidrográfica Ribeirão João Leite, por metodologias moleculares. 2017.

CARVALHO, N. de O. et al. (2006) Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios. Agência Nacional de Energia Elétrica. Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas.

CHAVES, H.M.L. & PIAU, L.P. Efeito da variabilidade da precipitação pluvial e do uso e manejo do solo sobre o escoamento superficial e o aporte de sedimento de uma bacia hidrográfica do Distrito Federal. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32 p. 333-343, 2008.

CONCEIÇÃO, José Roberto da. Metodologia para identificação de áreas prioritárias para redução da erosão hídrica em bacias de mananciais de abastecimento público do Paraná: Estudo de caso bacia do Passaúna. 2017.

CRUVINEL, Karla Alcione da Silva et al. Avaliação da variabilidade de qualidade ambiental de bacias de mananciais de abastecimento público com a aplicação de um índice para o estado de Goiás. 2016.

DINIZ, Mariana dos Santos. Estudo da vulnerabilidade e modelagem ambiental para previsão de processos erosivos no entorno de reservatórios: O Estudo de Caso do Ribeirão Sarandi–UHE Corumbá IV, GO. 2016.

FROTA, Patrícia Vasconcelos; NAPPO, M. E. Processo erosivo e a retirada da vegetação na bacia hidrográfica do açude Orós-CE. Revista geonorte, v. 4, n. 4, p. 1472-1481, 2012.

GUERRA, A. J. T., silva, a. S. D e botelho, r. G. M. Erosão e conservação dos solos : conceitos, temas e aplicações Bertrand Brasil, Rio de janeiro, 339 p, 1999.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SAO PAULO. (1990). Orientações para o combate à erosão no estado de São Paulo, Bacia do Pardo Grande. São Paulo, 3v. (IPT). Relatório, 28:184.

JESUS, Andrelisa Santos de. Investigação multidisciplinar de processos erosivos lineares: estudo de caso da cidade de Anápolis-GO. 2013.

MONEGATI, C. Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó (SC): Ed. Do autor, 1991.

MONTALVÃO, Maria Tereza Leite. Modelagem dos serviços hidroambientais resultantes de práticas conservacionistas na Bacia do Córrego Taquara-DF. 2016.

MONTANARELLA, Luca et al. Status of the world's soil resources: main report. Embrapa Solos-Livro científico (ALICE), 2015.

OLIVEIRA, P. T. S.; Sobrinho, T. A.; Rodrigues, D. B. B. Mapeamento Do risco a erosão na Área de Proteção Ambiental do córrego Lageado, MS. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal, Brasil. p. 4133-4140. 2009.

OLIVEIRA, Wellington Nunes de et al., Avaliação da qualidade ambiental da paisagem da bacia hidrográfica e do reservatório do Ribeirão João Leite, . 2013.

PIRES, E. G. Caracterização ambiental de uma micro-bacia localizada em áreas de cerrado – solos e hidrologia. 2009. Dissertação (Mestrado), UFT, Palmas, 2009.

PRADO, Rachel Bardy et al. Current overview and potential applications of the soil ecosystem services approach in Brazil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 51, n. 9, p. 1021-1038, 2016.

SILVA, A. M.; Camargo, P. B.; Schulz, H.E. Erosão E Hidrossedimentologia Em Bacias Hidrográficas. São Carlos-Sp. 140p. 2004.

STEIN, D. P.; Donzelli, P. L.; Gimenez, A. F.; Ponçano, W. L.; Lombardi Neto, F. Potencial De Erosão Laminar, Natural E Antrópica Na Bacia Do Peixe-Parapanema. In: Simpósio Nacional De Controle De Erosão, 4., 1987. Marília. Anais. São Paulo: Departamento Técnico De Água E Energia Elétrica, 1987. P. 105-135.

TALLIS, H. T. et al. InVEST 2.1 beta user's guide. the natural capital project. 2011.

WISCHMEIER, Walter H. et al. Predicting rainfall erosion losses-a guide to conservation planning. Predicting rainfall erosion losses-a guide to conservation planning., 1978.

ZANIN, Paulo Rodrigo; Bonumá, Nadia Bernardi; Minella, Jean Paolo Gomes. Determinação Do Fator Topográfico Em Bacias Hidrográficas. Revista Brasileira De Geomorfologia, V. 18, N. 1, 2017.

**A**

- Ação antrópica 45
- Ambientes aquáticos 46
- Ambientes naturais 29, 30
- Ambientes turísticos 29, 33
- Assoreamento 18, 20, 21, 22, 27

**B**

- Bacia hidrográfica 3, 16, 18, 19, 22, 24, 27, 28
- Bioacumulação 46, 47, 66
- Biodegradáveis 46
- Bioindicadores 46, 68

**C**

- Corpos d'água 18, 24
- Córrego do Bandeira 18, 19, 22
- CPUE (captura por unidade de esforço) 1, 2, 5, 8, 12

**D**

- Desenvolvimento sustentável 19, 20, 29, 31, 44
- Donax hanleyanus* 45, 46, 47, 66, 68, 69
- Dragagem 18, 27

**E**

- Ecosistema marinho 45
- Efeito estufa 36, 37, 38
- Eficiência energética 35
- Energias renováveis 36
- Erosão hídrica 18, 19, 20, 23, 27
- Estresse oxidativo 45, 46, 47, 49, 55, 62, 63, 66, 68

**F**

- Fogão solar 35, 36, 37, 39, 40, 43, 44

**G**

- Grilagem 32, 33
- Guaporé 1, 3, 4, 12, 15

**I**

*InVEST (Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs)* 18, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28

**M**

Manancial 19

Meio ambiente 1, 2, 3, 10, 12, 35, 36, 45

Metais pesados 45, 46, 47, 49, 50, 55, 56, 57, 59, 61, 62, 63, 65, 66, 68

Moluscos 46, 47, 65, 66

Municípios litorâneos 29, 30

**P**

Paisagem 3, 28, 29, 30, 31, 32, 33

Pesca amadora 1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10

Planejamento urbano 29, 30, 33

PNDPA (Programa Nacional de Desenvolvimento da Pesca Amadora) 3

Porto Rolim de Moura 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 14

Preservação ambiental 35, 36

**R**

Recursos hídricos 18, 20, 21, 24, 27, 68

Recursos pesqueiros 1, 2, 3, 4, 13, 14, 15

Região Amazônica 1, 10

Resíduos 37, 46, 50, 72

**S**

Sedimentos 18, 19, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 64, 67

SIG (Sistema de Informações Geográficas) 22

Sustentabilidade ambiental 19

**T**

Turismo 1, 4, 10, 17, 29, 30, 31, 32, 33

**U**

Ubatuba 29, 30, 31, 32, 33, 34

USEPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos) 49, 70

USLE (Equação Universal de Perda de Solo) 21, 22, 23, 26, 27

**Z**

ZEE (Zoneamento Ecológico Econômico) 30, 32, 33

# MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE:

FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR E CONHECIMENTO CIENTÍFICO



 [www.arenaeditora.com.br](http://www.arenaeditora.com.br)  
 [contato@arenaeditora.com.br](mailto:contato@arenaeditora.com.br)  
 [@arenaeditora](https://www.instagram.com/arenaeditora)  
 [www.facebook.com/arenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/arenaeditora.com.br)


  
Ano 2023



# MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE:

FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR E CONHECIMENTO CIENTÍFICO



 [www.arenaeditora.com.br](http://www.arenaeditora.com.br)  
 [contato@arenaeditora.com.br](mailto:contato@arenaeditora.com.br)  
 [@arenaeditora](https://www.instagram.com/arenaeditora)  
 [www.facebook.com/arenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/arenaeditora.com.br)

  
Ano 2023