UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

BRENO DA SILVA OLIVEIRA

PERDAS DE SOLO NA BACIA DO RIO DO VEADO ENTRE OS ANOS DE 1985 E 2022

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO
2024

BRENO DA SILVA OLIVEIRA

PERDAS DE SOLO NA BACIA DO RIO DO VEADO ENTRE OS ANOS DE 1985 E 2022

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO
2024

BRENO DA SILVA OLIVEIRA

PERDAS DE SOLO NA BACIA DO RIO DO VEADO ENTRE OS ANOS DE 1985 E 2022

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Aprovada em 08 de outubro de 2024.

COMISSÃO EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
ROBERTO AVELINO CECILIO
Data: 09/10/2024 09:16:08-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Roberto Avelino Cecílio
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Documento assinado digitalmente
FERNANDA LYRA
Data: 09/10/2024 06:12:22-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Fernanda Lyra
Universidade Federal do Espírito Santo
Avaliador

Documento assinado digitalmente
FRANCIELLE RODRIGUES DE OLIVEIRA
Data: 09/10/2024 09:04:37-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Francielle Rodrigues de Oliveira
Universidade Federal do Espírito Santo
Avaliador

Documento assinado digitalmente
IULO PESSOTTI MORO
Data: 09/10/2024 09:12:07-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Iulo Pessotti Moro
Universidade Federal do Espírito Santo
Avaliador

“Precisamos perseguir nossos mais belos sonhos. Desistir é uma palavra que tem que ser eliminada do dicionário de quem sonha e deseja conquistar. Não se esqueça de que você vai falhar 100% das vezes em que não tentar, vai perder 100% das vezes em que não procurar, vai estacionar 100% das vezes em que não ousar caminhar”.

Augusto Cury

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois até aqui nos permitiu e ajudou o Senhor.

À minha família, em especial minha mãe Rosa e meu irmão Bryan, por todo amor demonstrado em palavras e ações.

A meus sobrinhos, Joaquim, Bella e Bernardo, por me ensinarem como é bom amar.

Ao professor e orientador Roberto, pela oportunidade de pesquisa na fantástica área de bacias hidrográficas, por sempre transmitir esperança, positividade e por sempre trazer soluções.

Aos professores do DCFM, pelo belíssimo trabalho de transformar pedras brutas em joias valiosas.

À equipe do laboratório de manejo de bacias hidrográficas por todo apoio.

Aos meus amigos que por muitas vezes me deram forças nos piores momentos.

A todas amizades que construí durante a graduação.

À empresa “Cultive” - Fabrício, Sarah e Felipe, pelas oportunidades e ensinamentos.

À Universidade Federal do Espírito Santo, por oferecer oportunidades de mudança de vida através do ensino público.

A mim, por não ter desistido.

Por fim, que toda honra e glória seja dada a Deus.

RESUMO

A erosão é uma grave ameaça aos recursos naturais, causando degradação do solo, redução da produtividade agrícola e poluição ambiental. Trata-se de uma das principais consequências relacionadas ao uso e ocupação inapropriados do solo. Devido à para a urgência de se quantificar e controlar as causas do processo erosivo, modelos matemáticos como a Equação Universal de Perda do Solo (USLE) representam importantes instrumentos de investigação sobre esse processo. Portanto, este trabalho teve como objetivo o estudo da evolução da perda do solo da bacia hidrográfica do Rio do Veado entre os anos de 1985 e 2022. Foram utilizadas técnicas de geoprocessamento no software QGIS 3.34.4 para levantamento dos dados e para a aplicação da USLE. Os resultados obtidos na análise temporal da bacia hidrográfica demonstraram maior uso do solo para pastagens, ocupando aproximadamente 48% da área total da bacia hidrográfica. Aproximadamente 63,69% (ano de 1985) e 64,51% (ano de 2022) da área da bacia apresentou taxa de erosão do solo menor ou igual a 1 ton ha^{-1} ano^{-1}, enquanto as perdas maiores do solo, referentes a maior que 50 ton ha^{-1} ano^{-1} referem-se a 7,35% (ano de 1985) e 7,41% (ano de 2022) da área. As áreas que apresentaram mudanças nos valores de perda do solo de 1985 para 2022, são aquelas em que o uso e ocupação do solo foram alteradas, influenciando diretamente na erosão do solo.

Palavras-chave: Erosão hídrica. Equação universal de perda do solo. Conservação do solo. SIG.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 10
1.1 O problema e sua importância 10
1.2 Objetivos 11
1.2.1 Objetivos Geral 11
1.2.2 Objetivos Específicos 11
2 REFERENCIAL TEÓRICO 12
2.1 Bacias Hidrográficas 12
2.2.1 Delimitação de bacias hidrográficas 12
2.3 Erosão do Solo 13
2.3.1 Equação Universal de Perdas de Solo 14
2.3.1.1 Fator Erosividade da chuva (R) 14
2.3.1.2 Fator Erodibilidade do Solo (K) 15
2.3.1.3 Fator Comprimento de Declive (L) e Fator Grau de declive (S) 15
2.3.1.4 Fator Uso e Manejo do Solo (C) e Fator Práticas Conservacionistas (P) 15
2.3 Sistema de Informação Geográfica 15
3 metodologia 17
3.1 Área de Estudo 17
3.2 Criação do banco de dados 18
4 resultados e discussão 20
4.1 Uso e Ocupação do solo 20
4.2 Erosão do Solo 23
5 CONCLUSÕES 27
6 REFERÊNCIAS 28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de Fator C para cada uso do solo 19
Tabela 2 - Uso e ocupação do solo para a bacia hidrográfica do Rio do Veado..... 20
Tabela 3 – Classes de perda do solo na bacia hidrográfica do Rio do Veado, entre 1985 e 2022. 25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bacia Hidrográfica do Rio do Veado. Fonte: o autor. 17
Figura 2 - Uso e ocupação do solo referente ao ano de 1985 para a bacia hidrográfica do Rio do Veado. Fonte: O autor 21
Figura 3 - Uso e ocupação do solo referente ao ano de 2022 para a bacia hidrográfica do Rio do Veado. Fonte: O autor. 21
Figura 4 – Taxas de perda do solo na bacia hidrográfica do Rio do Veado, em 1985. Fonte: o autor..... 23
Figura 5 - Taxas de perda do solo na bacia hidrográfica do Rio do Veado, em 2022. Fonte: o autor..... 24

1 INTRODUÇÃO

1.1 O problema e sua importância

Para minimizar os impactos ambientais negativos sobre o solo, é fundamental compreender as condições do solo na bacia hidrográfica. A identificação de áreas com potencial erosivo e a aplicação de técnicas de conservação e manejo sustentável do solo permitem uma gestão eficiente dos recursos naturais. Tal abordagem contribui para a preservação do solo e a sustentabilidade ambiental da bacia hidrográfica, garantindo a proteção dos ecossistemas e a manutenção da produtividade agrícola.

Segundo Nadal (2023), a compreensão da dinâmica natural de uma bacia hidrográfica, embasada em evidências científicas, auxilia na formação de políticas públicas e estratégias para a conservação dos recursos naturais, assegurando a qualidade ambiental, a continuidade da produção agrícola e o desenvolvimento sustentável.

A erosão é um fenômeno natural que acomete o solo, resultando em sua perda por meio de processos físicos, como a ação do vento e da chuva, e por processos químicos, através de reações entre os minerais do solo. Esses dois processos podem ocorrer simultaneamente na natureza, contribuindo para degradação ambiental.

De acordo com BAYER (2014), os processos hidrológicos que ocorrem em uma bacia hidrográfica podem sofrer influência de ações humanas sobre a natureza, podendo intensificar ou reduzir a erosão sob determinada área, atividades como a exploração florestal, práticas agrícolas inadequadas e expansão urbana podem alterar o fluxo de água, intensificando o escoamento superficial da água proveniente da chuva e diminuindo a infiltração de água da chuva no solo.

A Equação Universal de Perda de Solo, em inglês denominada *Universal Soil Loss Equation* (USLE), tem sido amplamente reconhecida e utilizada como uma ferramenta eficaz para estimar a perda de solo devido à erosão hídrica. Esta equação oferece uma metodologia quantitativa para calcular a perda anual de solo provocada pela erosão hídrica (Wischmeier & Smith, 1978).

A bacia hidrográfica do Rio do Veado abrange os municípios de Guaçuí e Divino de São Lourenço, localizados no sul do Estado do Espírito Santo. A bacia hidrográfica

do Rio do Veado está inserida na bacia hidrográfica do rio Itabapoana, que possui uma área de drenagem de aproximadamente 2.696 km² (Agência Estadual de Recursos Hídricos - AGERH, 2024). Segundo a AGERH (2018), a antropização da bacia abrange uma área de 572,48 km², o que representa 76,4% da área total. Esse percentual resulta principalmente da atividade agropecuária desenvolvida na região. A Pastagem cobre uma área de 382,54 km² da sub-bacia (51,0%), seguida pela área Florestal (21,8%) e os Cultivos Agrícolas. No caso da tipologia Cultivo Agrícola, essa ocupa uma área de 123,38 km² o que equivale a 16,5% da área. Deste percentual, 14,6% refere-se à monocultura do café e 1,6% a outros cultivos temporários.

É fundamental identificar as áreas mais suscetíveis à erosão do solo, o que serve como base para uma gestão política e ambiental eficaz, promovendo um uso sustentável da terra que favoreça o desenvolvimento econômico regional de forma sustentável.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos Geral

Estimar a perda de solo, aplicando a USLE no período de 1985 e 2022, para a bacia do Rio do Veado, localizada nos municípios de Divino de São Lourenço - ES e Guaçuí - ES.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Aplicação da USLE para estimar a perda do solo nos anos de 1985 e 2022;
- Comparar e avaliar resultados obtidos na aplicação da USLE identificando os principais fatores de influência na erosão hídrica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Bacias Hidrográficas

Bacias hidrográficas são áreas delimitadas pela topografia, através dos divisores de água, onde toda a precipitação escoa para um ponto comum. A lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e define a Bacia Hidrográfica como unidade territorial com o objetivo de implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos e a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Portanto, torna-se imprescindível a compreensão das bacias hidrográficas para uma eficiente gestão ambiental.

De acordo com Coutinho (2010), do ponto de vista ambiental, os principais componentes de uma bacia hidrográfica são a água, solo, fauna, flora, elementos que vivem sob constante interação e que respondem de diversas formas a influências naturais e antrópicas.

De acordo com Lima (2008), o manejo de bacias hidrográficas vai além da proteção e conservação dos corpos d'água e da vegetação nativa, que visam garantir a produção de água de boa qualidade para consumo. Logo, é importante reconhecer que a produção de água não é o único foco do manejo, devendo também abranger o uso e a conservação de diversos recursos naturais.

Sendo assim, pode-se entender que o manejo de bacias hidrográficas é um conjunto de ações que organizam e orientam o uso e ocupação do solo e os recursos que se localizam dentro do limite da bacia hidrográfica, objetivando o desenvolvimento e uso sustentável do solo e da água (Coutinho, 2010).

2.2.1 Delimitação de bacias hidrográficas

A delimitação de bacias hidrográficas consiste na identificação e demarcação de linhas denominadas “divisores de água” (RIBEIRO et al., 2005). Essa delimitação é feita com o uso de um mapa topográfico da região de estudo.

É possível delimitar uma bacia hidrográfica através de imagens de sensoriamento remoto em um ambiente SIG, uma vez que o SIG permite a visualização de diversos elementos necessários para a delimitação da bacia hidrográfica, como a aplicação de mapas de curvas de nível, altitude e elevação.

A delimitação através em ambiente SIG, faz uso da direção do fluxo gerado através de um arquivo *raster* Modelo Digital de Elevação (MDE), utilizando um comando no *software* que faz a identificação das linhas divisoras da bacia hidrográfica.

De Sousa e De Paula (2019), fizeram um estudo na a Bacia Hidrográfica do Rio Coreáu, em ambiente SIG, aplicando a USLE para identificar áreas de maior susceptibilidade à erosão hídrica do solo. No trabalho as informações sobre características físicas do solo, Modelo Digital de Elevação e Imagens de Satélite, subsidiaram a construção do banco de dados, ao qual permitiu a utilização da USLE e obtiveram resultados satisfatórios sobre a perda de solo da bacia hidrográfica alvo de estudo.

Guedes, Viegas e Aguiar (2022), ao abordarem a aplicação da USLE na Bacia Hidrográfica Urbana do Córrego Carneirinhos, localizada em João Monlevade - MG, afirmam que a utilização do software de SIG denominado QGIS demonstrou eficiência na aplicação da Equação, através da interpolação de diferentes dados temáticos e na geração dos mapas, provando eficiência na obtenção do mapa de perda de solo.

2.3 Erosão do Solo

O processo de desgaste do solo causado por agentes naturais, como o vento e chuva, é denominado Erosão do solo. Esse processo pode ser influenciado por aspectos locais, como o relevo e o bioma, e intensificado por atividades humanas. Quando a erosão ocorre de forma acelerada, torna-se especialmente importância, pois pode causar grandes prejuízos ambientais em um curto período de tempo.

A erosão hídrica é o processo de desprendimento das partículas do solo provocado pela ação da chuva, arrastadas pela enxurrada, acelerando o processo erosivo. Esse fenômeno é uma das principais causas da perda de fertilidade do solo.

Os principais tipos de erosão hídrica são: erosão entre sulcos, em sulcos e voçorocas. A erosão entre sulcos acontece de forma uniforme em toda a encosta, sem que haja uma concentração do fluxo de água; a erosão em sulcos consiste naquela em que há uma concentração do fluxo de água da encosta; e erosão em voçorocas, sendo essa a mais intensa, consiste numa grande concentração do fluxo de água, similar a erosão em sulcos, mas de forma mais profunda e significativa. (DA SILVA et al., 1995).

Segundo Coutinho (2010), a erosão hídrica pode ser dividida em três estágios: desprendimento, transporte e deposição. No desprendimento, ocorre a separação das partículas do solo, ocasionado pelo impacto das gotas da chuva, pelo atrito da lâmina de água corrente no solo e pela tensão de cisalhamento da formação de sulcos; o transporte compõe a fase onde há o arraste das partículas do solo; e a deposição é a etapa onde as partículas do solo (sedimentos) são depositados, esta etapa também pode ocorrer durante o transporte, pois dependendo da densidade, forma e tamanho das partículas, estas podem ser depositadas ao longo do trajeto da água durante o transporte.

2.3.1 Equação Universal de Perdas de Solo

A Equação Universal de Perdas do Solo (Equação 1) é um modelo empírico para estimar a perda média anual de solo por erosão hídrica, inicialmente foi desenvolvido para ser aplicada em pequenas áreas de clima temperado, porém pode ser aplicada em regiões tropicais e de escala regional, quantificando a perda de solo, sendo possível assim identificar as áreas de maior ou menor susceptibilidade a erosão (Wischmeier e Smith, 1978).

$$PS = R \times K \times L \times S \times C \times P \qquad (1)$$

2.3.1.1 Fator Erosividade da chuva (R)

O fator R é um índice que quantifica o potencial erosivo da chuva em determinada área, representando a capacidade da chuva de causar erosão no solo, sendo expresso em MJ ha $^{-1}$ mm h $^{-1}$ ano $^{-1}$.

Teixeira (2023), estudou a erosividade da chuva para todo o Brasil, elaborando mapas onde foram apresentadas regiões homogêneas e mapeado o valor da Erosividade da Chuva para todo o Brasil.

2.3.1.2 Fator Erodibilidade do Solo (K)

O fator Erodibilidade do solo representa a susceptibilidade do solo à erosão, é um fator determinado de forma natural, levando em consideração principalmente as propriedades físicas do solo, dado em t ha $^{-1}$ MJ ha $^{-1}$ mm h $^{-1}$ ano $^{-1}$.

O índice de Erodibilidade do Solo (Fator K) foi calculado para todo o Brasil, conforme apresentado por De Faria Godoi et al., (2021), sendo desenvolvido um mapa de alta resolução, com pixel de 250m, apresentando os valores do fator K.

2.3.1.3 Fator Comprimento de Declive (L) e Fator Grau de declive (S)

Os fatores L e S são considerados de forma conjunta pela USLE, ambos fatores exercem influência sobre a erosão através da intensificação do escoamento superficial, afetando diretamente o escoamento superficial da chuva, quanto maior o comprimento de declive e o grau do declive, maiores os efeitos do escoamento superficial da chuva, potencializando a erosão do solo, ambos são fatores adimensionais.

2.3.1.4 Fator Uso e Manejo do Solo (C) e Fator Práticas Conservacionistas (P)

O fator de Uso e Manejo do solo (C) avalia o impacto do uso atual do solo na erosão, com valores adimensionais, valores mais baixos do fator C indicam uma maior proteção do solo, sendo assim, uma maior redução da erosão por parte da vegetação. O fator Práticas Conservacionistas (P), também adimensional, expressa a eficácia das práticas de conservação do solo implementadas para reduzir a erosão hídrica.

2.3 Sistema de Informação Geográfica

De acordo com Coutinho (2010), os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são softwares específicos utilizados para trabalhos com dados espaciais considerando as três dimensões x, y e z. Seus dados são representados de duas formas: Vetorial e Matricial (Raster).

A representação de dados Vetoriais utiliza pontos, linhas e polígonos, permitindo uma representação mais precisa dos seus dados, enquanto a representação de dados Matriciais (Raster), é através da geração de uma malha quadricular, onde se constrói célula por célula o elemento representado, comportando atributos que podem ser identificados pelo programa computacional.

O Software de SIG, apresenta ferramentas capazes de obter, armazenar e transformar dados geográficos em informação. O ambiente de SIG permite que sejam reunidos diversos elementos espaciais que podem ser utilizados para a avaliação ambiental desde que possuam a mesma georreferenciação, procedimento chamado de sobreposição de mapas (Coutinho, 2010).

Segundo Nadal (2023), o SIG tem sido utilizado nos estudos de bacias hidrográficas para descrever quantitativamente e qualitativamente as características espaciais de bacias hidrográficas, com técnicas e ferramentas mais reprodutíveis do que as técnicas manuais tradicionais, tornando a análise digital do terreno mais eficiente e econômica.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de Estudo

A área de estudo consistiu na bacia hidrográfica do Rio do Veado ocupando uma área de 527,196 km², situada nos municípios de Divino de São Lourenço e Guaçuí, ambos no sul do Estado do Espírito Santo (Figura 1).

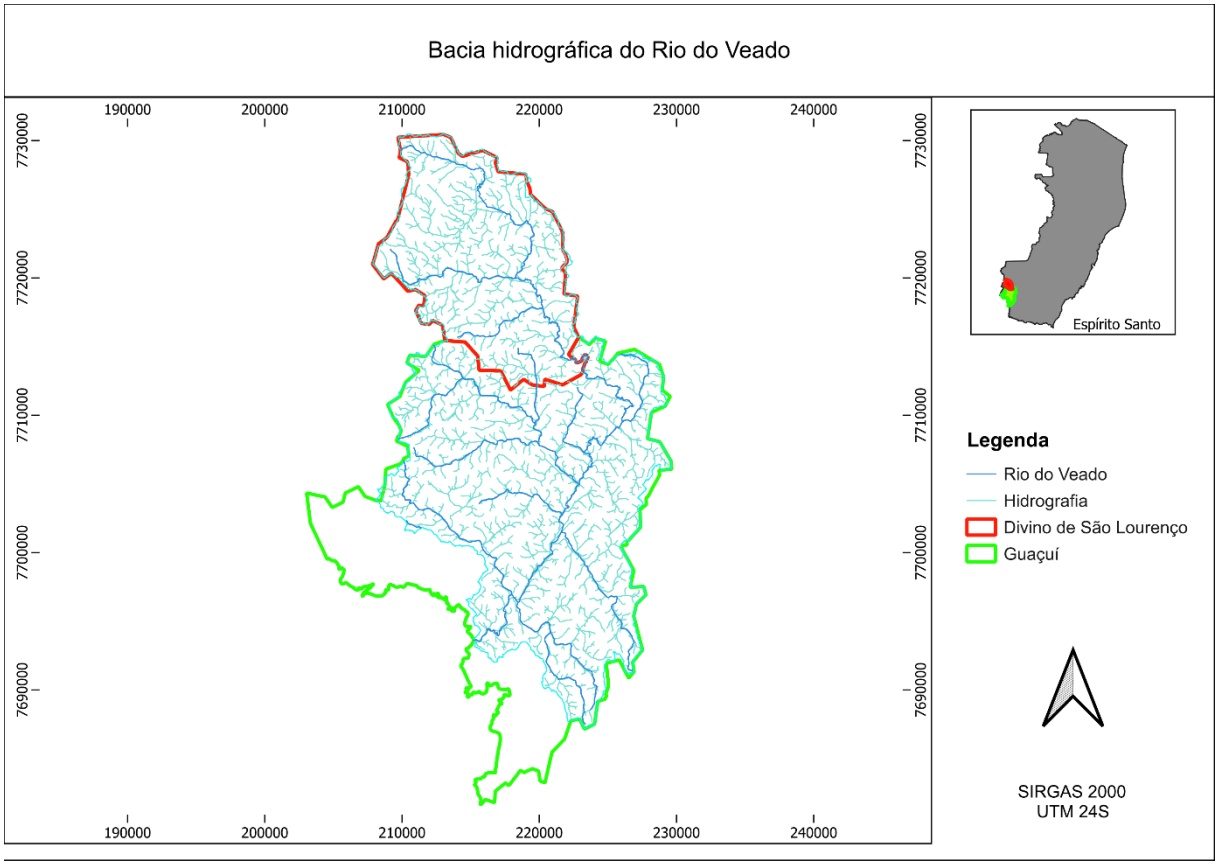

Figura 1 - Bacia Hidrográfica do Rio do Veado.
Fonte: o autor.

A área de estudo apresenta um clima tropical, classificado como Cwa segundo a classificação de inverno de Köppen classificação de koppen (Alvares et al., 2013). Essa classificação indica que a região possui verões quentes e chuvosos, além de secos e mais frios, características típicas das regiões tropicais de altitude. A média

anual varia entre 1.400 mm e 1.500 mm para o município de Guaçuí, e entre 1.400 mm e 1.600 mm para o município de Divino de São Lourenço (INCAPER, 2024)

3.2 Criação do banco de dados

A elaboração de mapas e sobreposição dos arquivos *raster* foram realizadas utilizando o software QGIS, versão 3.34.4. O Modelo Digital de Elevação (MDE) do Satélite Alos Palsar, com resolução espacial de 10m foi obtido através do mecanismo de busca de dados Vertex, disponível no site Alaska Satellite Facility (ALASKA SATELLITE FACILITY, 2024). Utilizou-se o banco de dados a coleção 8 do projeto MapBiomas (2023) para dados de uso e ocupação do solo, abrangendo os anos de 1985 e 2022. A bacia hidrográfica foi delimitada de forma automática a partir do MDE, com a utilização do QGIS.

Para a execução da Equação Universal de Perda de Solo (Equação 1), foram utilizados dados do Fator R, obtidos por Teixeira (2023), interpolados para a área de estudo através do método Inverso do Quadrado da Distância (IDW), método que se baseia na correlação entre os valores de pontos próximos, afirmando que quanto mais próximo um ponto do outro, maior a correlação.

O mapa referente ao Fator Erodibilidade (K) foi obtido em De Faria Godoi et al. (2021), o mapa gerado foi com uma resolução espacial de 250m. Para garantir o alinhamento com os outros mapas, este foi ajustado para a resolução do MDE de 10m

A fim de se obter o mapa do fator LS, é realizado o preenchimento dos pixels que representam as depressões no MDE, tornando o MDE hidrologicamente consistente. A partir do MDE hidrologicamente consistente, é obtido o mapa do fator LS de forma automática em ambiente SIG.

Para a geração do mapa com o Fator CP, foram atribuídos pesos a cada tipo de uso do solo (Tabela 1) e para o Fator P, foi considerado que não há práticas conservacionistas do solo, portanto foi adotado o valor 1 (Coutinho, 2010).

Tabela 1 - Valores de Fator C para cada uso do solo

Uso do Solo	Fator C
Afloramento Rochoso	0,00001
Área Urbanizada	0,00001
Café	0,37
Formação Florestal	0,02
Formação Savânica	0,02
Mosaico de usos	0,2
Outras Áreas Não Vegetadas	0,00001
Lavouras Perenes	0,25
Lavouras Temporárias	0,25
Pastagem	0,25
Rio, Lago e Oceano	0,00001
Silvicultura	0,047

Fonte: Adaptado de ANA (2024); Martins et al. (2010); Lombardi Neto (1998) apud Poloni (2010).

Os valores adotados para Afloramento Rochoso, Área Urbanizada e Rio, Lago e Oceano foram de 0,00001 representando que não há erosão do solo nesse tipo de uso, pois, não há solo para que ocorra a erosão. Através da função de calculadora Raster no software QGIS, foi feita a execução da equação da USLE (Equação 1).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Uso e Ocupação do solo

Os valores referentes ao uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do Rio do Veado estão apresentados na Tabela 2. O mapa de uso e ocupação do solo obtidos pelo projeto MapBiomas para o ano de 1985 e 2022, são apresentados nas Figuras 2 e 3, respectivamente.

Tabela 2 - Uso e ocupação do solo para a bacia hidrográfica do Rio do Veado

Uso do Solo	**1985**		**2022**	
	Área (km²)	**Área (%)**	**Área (km²)**	**Área (%)**
Pastagem	254,2922	48,2375	255,5244	48,4715
Formação Florestal	132,1477	25,0675	128,4388	24,3641
Mosaico de usos	86,073	16,3275	80,0025	15,176
Café	50,0652	9,497	52,8475	10,0248
Silvicultura	0,8461	0,1605	5,0099	0,9503
Área Urbanizada	1,6371	0,3105	3,5984	0,6826
Lavouras Temporárias	1,2985	0,2463	0,7347	0,1393
Afloramento Rochoso	0,5068	0,0961	0,6082	0,1153
Outras Áreas Não Vegetadas	0,0779	0,0147	0,2002	0,0379
Rio, Lago e Oceano	0,1926	0,0365	0,1432	0,0271
Lavouras Perenes	0,0284	0,0054	0,0511	0,0096
Formação Savânica	-	-	0,0041	0,0007

Fonte: O autor.

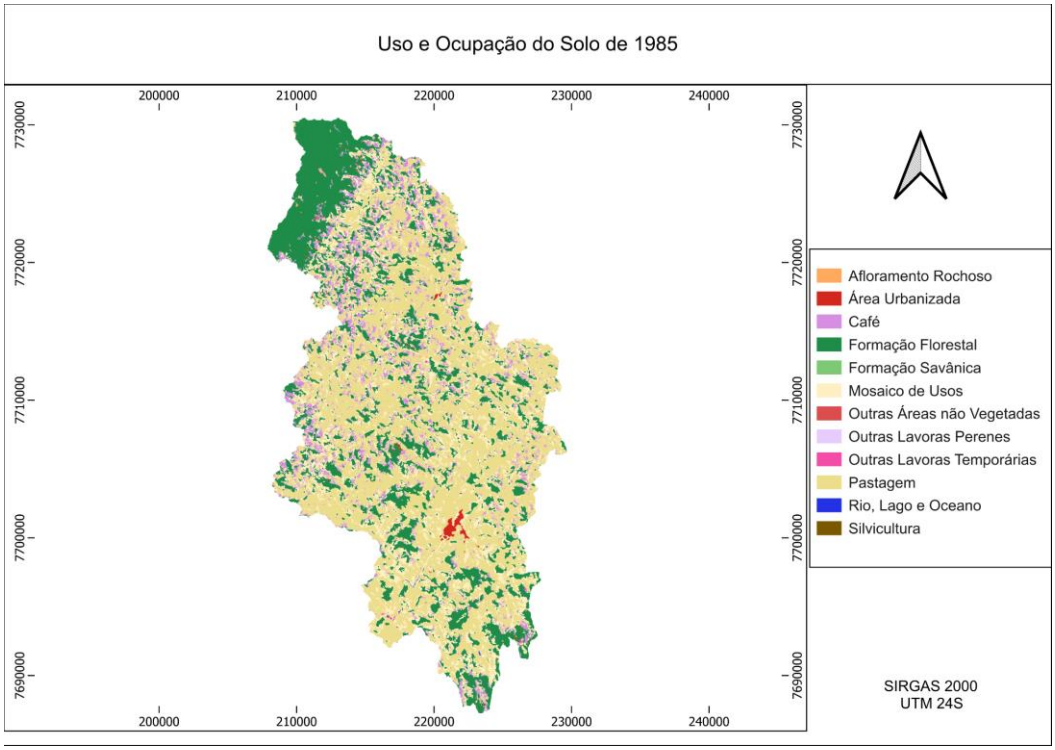

Figura 2 - Uso e ocupação do solo referente ao ano de 1985 para a bacia hidrográfica do Rio do Veado.
Fonte: O autor

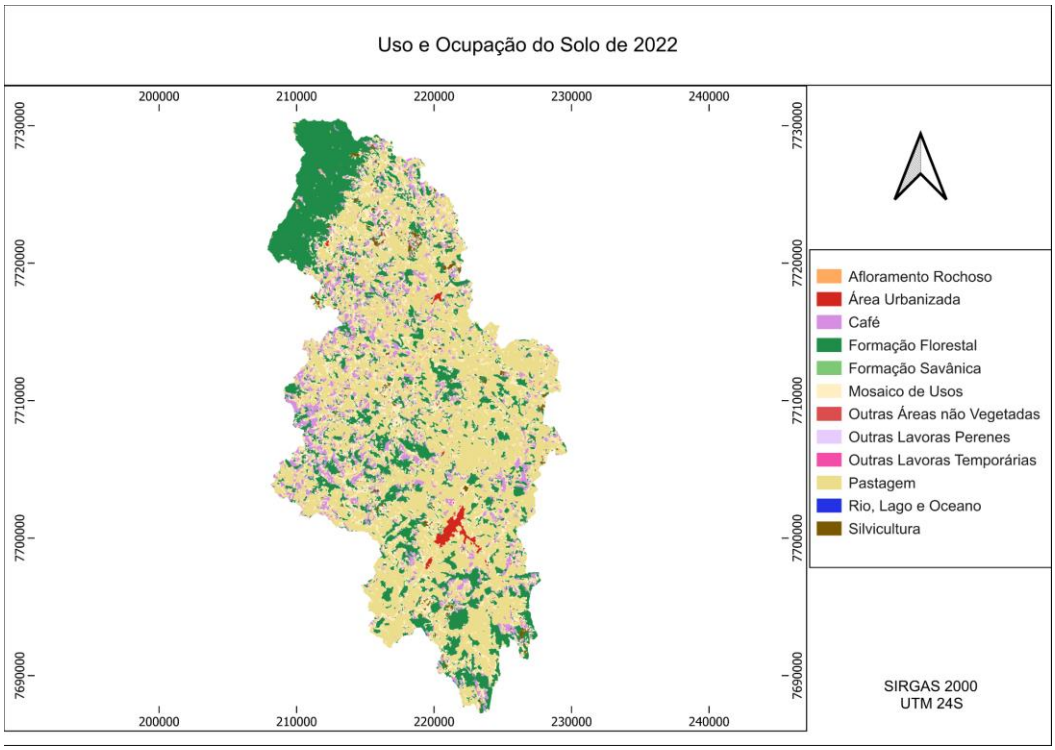

Figura 3 - Uso e ocupação do solo referente ao ano de 2022 para a bacia hidrográfica do Rio do Veado.
Fonte: O autor.

Observou-se que, em 1985, a maior parte da área era utilizada para pastagem, totalizando 48,23%, enquanto as culturas perenes representavam apenas 0,0054%. Em 2022, a situação se manteve semelhante, com a pastagem ocupando 48,47% da área, mas com uma leve alteração nas culturas perenes, que aumentou para 0,0096%. Notou-se também uma redução na porcentagem de corpos hídricos, que passou de 0,0365% em 1985 para 0,0271% em 2022. Essa diminuição pode ser atribuída a vários fatores, incluindo a expansão da agricultura e da urbanização, que frequentemente levam à impermeabilização do solo e ao desmatamento nas margens dos cursos d'água. Além disso, práticas de manejo do solo, como o cultivo em áreas próximas a corpos hídricos, podem resultar em erosão e sedimentação, prejudicando a qualidade e a quantidade de água disponível (Silva et al., 2016).

Da mesma forma, a área com formação florestal também registrou uma diminuição, passando de 25,06% para 24,36% do total. Por outro lado, houve um aumento na área dedicada ao cultivo de café, que subiu de 9,49% para 10,02%, e um crescimento nas atividades de silvicultura, que passou de 0,16% para 0,95% da área total.

É possível observar um aumento na área urbanizada de ambos os municípios. Além disso, houve uma mudança nas áreas que, em 1985, eram dedicadas ao uso da formação florestal e passaram a ter outro uso do solo, evidenciando o aumento da área utilizada para o cultivo do café. Observa-se uma maior concentração de formação florestal em áreas que antes eram mais fragmentadas. No entanto, em algumas regiões, a vegetação florestal foi reduzida em favor do uso de pastagem, e as áreas anteriormente utilizadas para pastagem foram convertidas para o cultivo de café.

Dessa forma, os impactos das mudanças no uso do solo são importantes e merecem atenção especialmente em relação à erosão do solo. A intensificação do cultivo de café, por exemplo, pode aumentar a compactação do solo e a exposição à erosão, especialmente se não forem adotadas práticas de manejo sustentável. A utilização de insumos químicos e da monocultura, quando mal implementadas, pode reduzir a cobertura do solo e da biodiversidade, levando à liberação da estrutura do solo e à perda de nutrientes (Passos et al., 2021). Além disso, a expansão das áreas urbanizadas envolve, geralmente, uma impermeabilização do solo, resultando em

maior escoamento superficial e, consequentemente, aumentando a erosão nas áreas adjacentes. Essa dinâmica pode agravar os processos erosivos e comprometer a qualidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Veado.

4.2 Erosão do Solo

Através do software QGIS foram gerados os seguintes mapas referentes à perda de solo para o ano de 1985 (figura 4) e para o ano de 2022 (figura 5) da Bacia hidrográfica do Rio do Veado:

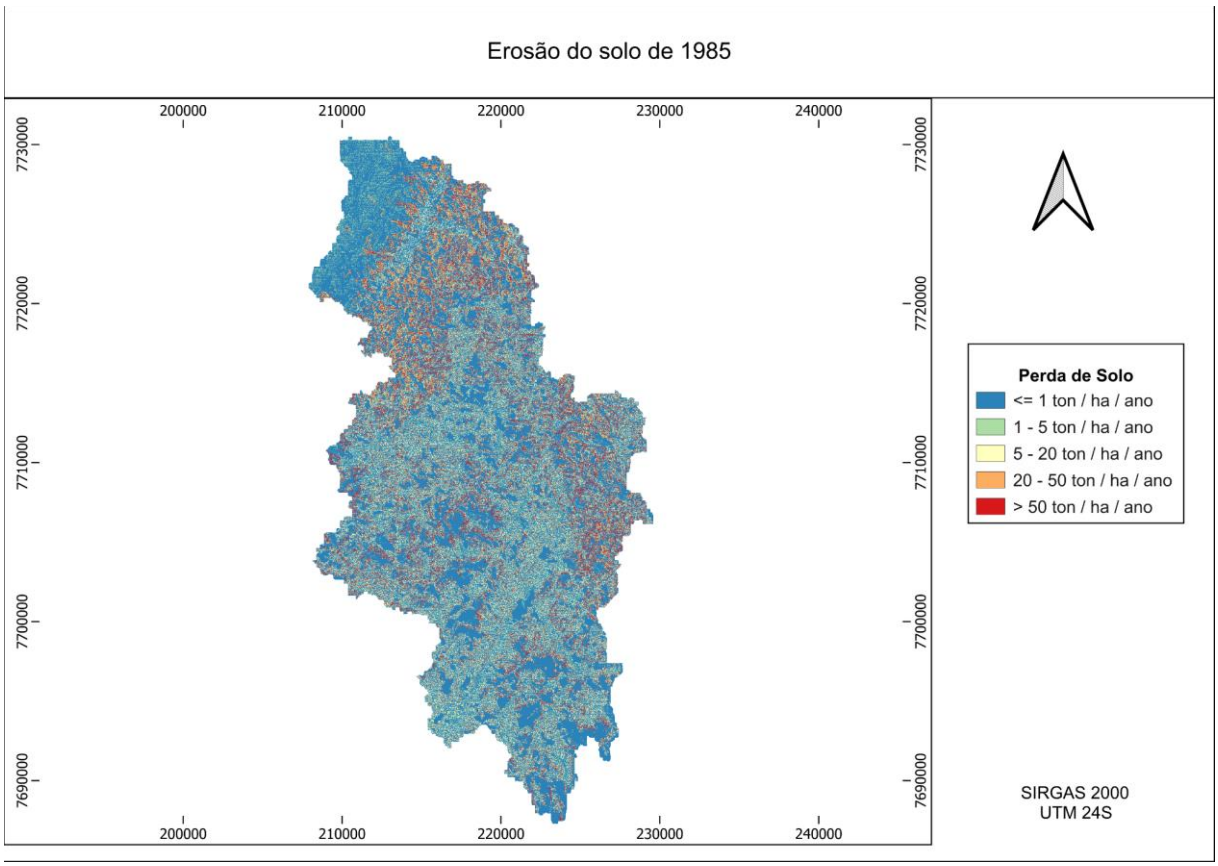

Figura 4 – Taxas de perda do solo na bacia hidrográfica do Rio do Veado, em 1985.
Fonte: o autor.

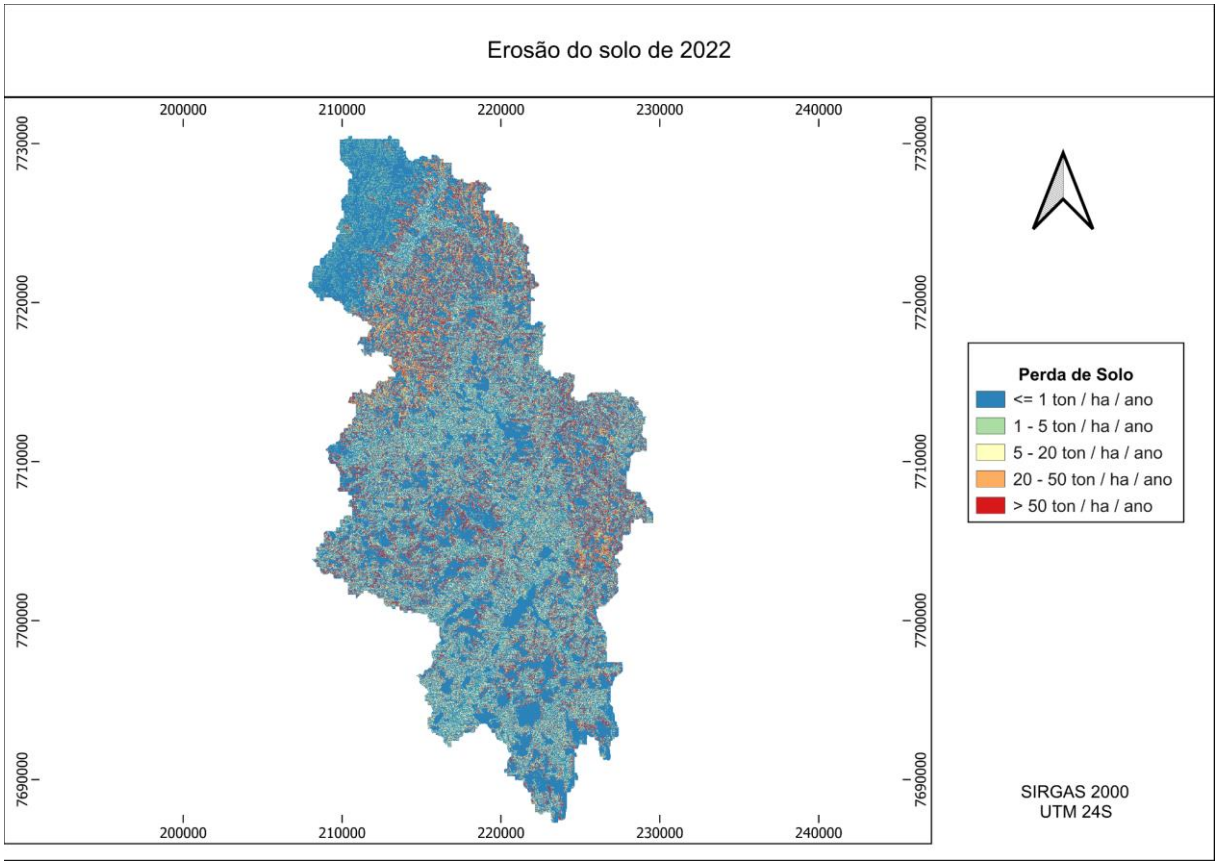

Figura 5 - Taxas de perda do solo na bacia hidrográfica do Rio do Veado, em 2022.
Fonte: o autor.

Observa-se uma concentração da perda de solo de categoria <= 1 ton/ha/ano principalmente em áreas onde há formação florestal. Assim como no mapa de uso e cobertura do solo de 1985 e 2022, as mudanças do uso do solo impactaram na perda do solo, sendo possível observar que onde há um aumento da formação florestal no mapa de uso do solo (Figuras 2 e 3), há também o aumento da presença da categoria <=1 ton/ha/ano.

Os valores de perda do solo (Tabela 3) obtidos demonstram que houve um aumento na área com os menores valores de erosão (63,69% para 64,51%) e um aumento nas áreas dos grupos com maiores valores de erosão do solo. O grupo de 20 - 50 ton/ha/ano aumentou de 9,36%, no ano de 1985, para 9,39%, no ano de 2022 e o grupo de >50 ton/ha/ano aumentou de 7,35%, no ano de 1985 para 7,41%, no ano de 2022.

Tabela 3 – Classes de perda do solo na bacia hidrográfica do Rio do Veado, entre 1985 e 2022.

Perda de solo (ton/ha/ano)	**1985**		**2022**	
	Área (km²)	**Área (%)**	**Área (km²)**	**Área (%)**
<= 1	332,6608	63,69	336,9384	64,51
1 - 5	41,8168	8,01	38,0315	7,28
5 - 20	60,5340	11,59	59,5649	11,40
20 - 50	48,8999	9,36	49,0474	9,39
> 50	38,3762	7,35	38,6951	7,41

Fonte: O autor.

Maior parte da bacia hidrográfica apresenta a menor perda de solo em ambos anos em estudo, é observado que há uma redução na área total que se enquadra nos grupos de perda do solo de 1 - 5 e 5 - 20 ton/ha/ano, reduzindo de 8,01% em 1985 para 7,28% em 2022 e 11,59% em 1985 para 11,40% em 2022, respectivamente.

Costa (2013), identificou um aumento em até 5 vezes na perda de solo da Bacia Experimental do Riacho Guanabara em valores que podem chegar até 50 ton/ha/ano. Esse aumento pode estar relacionado ao desmatamento de áreas com declives acentuados, onde altas perdas de solo, acima de 20 ton/ha/ano, concentravam-se nas regiões de cultivo de cana-de-açúcar e solo exposto.

A alteração dos valores da perda de solo entre os anos de 1985 e 2022 é uma resposta ao uso e cobertura do solo e suas alterações, porque o uso do solo influencia

diretamente na USLE. O aumento da área dedicada ao uso do café, à formação florestal, à pastagem e à silvicultura, ocasionou o aumento da área onde há pouca erosão do solo e aumento da área de muita erosão do solo. Isso ocorre porque atividades do uso e ocupação do solo, como formação florestal e silvicultura, apresentam propriedades que reduzem a erosão hídrica e consequentemente a perda do solo, bem como as atividades de pastagem e café, principalmente quando mal implementadas, causam pouca redução na erosão hídrica.

Nadal (2023), investigou por meio de índices de representação de relevo, a fim de obter uma orientação para uma proposta de ordenamento territorial da bacia hidrográfica do Rio Barreiro. Neste trabalho, foram levantados dados sobre o uso do solo e sua erosão real, concluindo que atividades agrícolas e pecuária, se desenvolvidas sem o manejo adequado do solo, podem acarretar processos de degradação ambiental nas bacias hidrográficas. Assim o cuidado com o solo é uma estratégia para a sustentabilidade ambiental, conciliando a preservação da natureza com o desenvolvimento econômico e social.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos a partir do estudo ambiental da bacia hidrográfica do Rio Veado permitiram concluir que maior parte do uso e cobertura do solo da região é destinado à pastagem. As alterações do uso e cobertura do solo foram, principalmente, substituição de locais onde havia formação florestal para o uso de pastagem e cultivo de café, enquanto locais anteriormente dedicados à pastagem foram convertidos para formação florestal e silvicultura.

A bacia hidrográfica do Rio Veado apresenta a maior área de perda de solo referente a menor classe de perda de solo, sendo essa menor ou igual a 1 ton/ha/ano. A perda de solo do ano de 1985 e 2022 também demonstrou que há pequenas diferenças nas classes de perda de solo, acompanhando a evolução do uso e cobertura do solo. Em 1985, onde havia uma apresentava maior concentração de formação florestal, observou-se uma menor perda do solo. Com as alterações no uso e cobertura do solo em 2022, que resultaram na remoção da formação florestal para dar lugar à pastagem e ao café, houve um aumento na perda de solo. Por outro lado, nas áreas que se transformaram de pastagem para silvicultura, registrou-se uma menor perda de solo. O presente estudo contribui para uma boa compreensão ambiental da bacia hidrográfica, permitindo que gestores ambientais e formuladores de políticas públicas desenvolvam estratégias mais eficazes para o desenvolvimento sustentável. No entanto, um estudo comparando a perda do solo real com a perda de solo se houvesse a adoção das áreas de preservação permanente (APP) contribuiria melhor para tomada de decisão.

6 REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Manual Operativo do Programa Produtor de Água*. Brasília: ANA, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/ana. Acesso em: 1 jun. 2024.

AGERH - Agência Estadual de Recursos Hídricos. “Diagnóstico e Prognóstico das condições de uso da água nas Bacias Hidrográficas dos Rios Itabapoana”. Relatório Etapa A. Vitória, 2018. Disponível em: https://agerh.es.gov.br/Media/agerh/Documenta%C3%A7%C3%A3o%20CBHs/Itabapoana/Plano%20de%20Bacia/REA_DiagnosticoPrognostico_CCBH%20Itabapoana.pdf . Acesso em: 01 out. 2024

AGERH - Agência Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em: https://agerh.es.gov.br/ccbh-itabapoana. Acesso em: 20 jun. 2024.

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen’s climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALASKA SATELLITE FACILITY. **ASF services: Data discovery**. 2024. Disponível em: https://asf.alaska.edu/how-to/data-basics/asf-services-data-discovery/. Acesso em: 29 mai. 2024.

BAYER, Débora Missio. Efeitos das mudanças de uso da terra no regime hidrológico de bacias de grande escala. 2014.

COSTA, Samir Gonçalves Fernandes. Análise da Evolução do Uso e Ocupação do Solo e das perdas de solo na Bacia Experimental do Riacho Guaraíra. 2013. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

COUTINHO, Luciano Melo. Impacto das áreas de preservação permanente sobre a erosão hídrica na bacia hidrográfica do Rio da Prata, Castelo-ES. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) — Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Jerônimo Monteiro, 2010.

DA SILVA, Maria Sonia Lopes et al. **Estudos da erosão**. EMBRAPA-CPATSA, 1995.

DA SILVA, Renato Ferreira; SANTOS, Vanderson Aguiar; GALDINO, Sanndy Maria Gonçalves. Análise dos impactos ambientais da Urbanização sobre os recursos hídricos na sub-bacia do Córrego Vargem Grande em Montes Claros-MG. **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 47, p. 966-978, 2016.

DE FARIA GODOI, Raquel et al. High-resolution soil erodibility map of Brazil. **Science of The Total Environment**, v. 781, p. 146673, 2021.

DE SOUSA, Francisco Rodrigo Cunha; DE PAULA, Davis Pereira. Análise de perda do solo por erosão na bacia hidrográfica do Rio Coreaú (Ceará-Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 3, 2019.

GUEDES, Flávio Cota; VIEGAS, Jean Aparecido; AGUIAR, Maisa Comar Pinhotti. Aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (USLE) na Bacia Hidrográfica Urbana do Córrego Carneirinhos, na cidade de João Monlevade–MG. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 7, p. e40411730094-e40411730094, 2022.

INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. *Atlas Climatológico do Espírito Santo*. Disponível em: https://meteorologia.incaper.es.gov.br/clim_prec_atlas. Acesso em: 25 jun. 2024.

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicado ao manejo de bacias hidrográficas** 2. ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2008. 245p.

NADAL, Karla. **Proposta de ordenamento territorial da bacia hidrográfica do Rio Barreiro baseada em índices de representação do relevo**: alternativa para o desenvolvimento comunitário. 2023. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Comunitário) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Desenvolvimento Comunitário, Irati, 2023.

MAPBIOMAS. Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso do Solo do Brasil. Projeto MapBiomas. Disponível em: https://mapbiomas.org/. Acesso em: 20 jun. 2024.

MARTINS, Sérgio Gualberto et al. Fator cobertura e manejo do solo 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.

POLONI, Diogo Medici. Desenvolvimento e aplicação de procedimento metodológico em suporte ao planejamento participativo para redução de perda de solos em pequenas bacias hidrográficas com emprego da EUPS. 2010. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória ES, 2010.

RIBEIRO, Carlos Antonio Alvares Soares et al. O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. **Revista Árvore**, v. 29, p. 203-212, 2005.

TEIXEIRA, David Bruno de Sousa. Rainfall erosivity in Brazil. 2023. 119 f. Tese (Doutorado em Meteorologia Aplicada) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2023.

WH, Wischmeier. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. **USDA Agriculture Handbook**, v. 537, 1978.