



ESTIMATIVA DA PERDA DE SOLO PELA EROSÃO POTENCIAL OU NATURAL NA ÁREA À MONTANTE DO PARQUE DAS ÁGUAS DO MUNICÍPIO DE CAXAMBU/MG

1 Karine Inácio Magalhães

2 Alisson Souza de Oliveira

3 Felipe Bernardes Silva

Tecnologia Ambiental

Resumo

Conservar o solo de maneira sustentável é medida necessária para manutenção do meio ambiente ecologicamente equilibrado, a fim de evitar uma das causas de maior degradação do solo, a erosão hídrica, influenciada pelas chuvas, a topografia, o tipo de solo e a cobertura vegetal. Por isso, objetiva-se com esse trabalho analisar o potencial natural de erosão (PNE), que estima a perda do solo em área sem cobertura vegetal e sem uso e ocupação do solo, na área à montante do Parque das Águas da cidade de Caxambu/MG, com o auxílio da Equação Universal da Perda de Solo (EUPS) acoplada em ambiente SIG. Para proceder ao cálculo dos fatores que compõe a equação do PNE, os fatores erosividade da chuva, erodibilidade do solo e topográfico, foi utilizada uma imagem extraída do site *Earth Explorer* dos satélite Landsat 5 e 8, sensor TM. Os parâmetros da declividade e comprimento de rampa obteve-se da imagem SRTM. A ferramenta SagaGis e classificação dos solos mineiros disponibilizado pela FEAM foram importantes para obter dados do tipo de solo e elaboração de mapas, com metodologia específica para cada variável. O mapeamento mostra prevalência das classes “moderado a forte” e “muito forte”, com valores respectivos de perda de solo de 801 a 1600 t.ha⁻¹.ano⁻¹ e maior que 2400 t.ha⁻¹.ano⁻¹. Os maiores valores estão inseridos nas áreas de maior declividade e relevo e localizados em tipo de solo propenso à erosão. Conclui-se a imprescindibilidade de realizar e executar um planejamento ambiental conservacionista na área de estudo.

Palavras-chave: Conservação do Solo; Meio Ambiente; Erosão; Perda de Solo; EUPS.

INTRODUÇÃO

Preservar e proteger o meio ambiente no que se refere à conservação do solo de

¹ Universidade Vale do Rio Verde-UNINCOR no curso de Mestrado em Sustentabilidade em Recurso Hídricos. Analista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais. E-mail: karine.magalhaes28@gmail.com

² Professor na Universidade Federal de Uberlândia/MG. Faculdade de Engenharia Civil – FECIV. E-mail: alisson.souza@ufu.br

³ Responsável Técnico e Fundador ad Nexus AgroAmbiente Ltda. E-mail: felipe.bernardes@nexusagroambiente.com.br



maneira sustentável, com o auxílio do poder público e conscientização populacional por meio da educação ambiental, são ações necessárias para a concretização do direito ao meio ambiente equilibrado capaz de proporcionar solo fértil e produtivo (LENSE *et al.*, 2021 e MARTINS *et al.*, 2022).

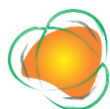
O desequilíbrio dessas ações ocasiona impactos ambientais negativos, tal qual é o caso da erosão hídrica, que é o desprendimento, arraste e deposição das partículas para as partes mais baixas da bacia hidrográfica, geralmente depositadas nos reservatórios. É considerada um dos problemas ambientais de maior degradação do solo, sendo que as chuvas, a topografia, o tipo de solo e a cobertura vegetal são fatores que influenciam o processo erosivo (LENSE, *et al.*, 2021; SIQUEIRA *et al.*, 2022, PRIMAVESI, 2017 e GUERRA; SILVA; BOTELHO, 2015).

Por isso a necessidade em analisar o potencial natural de erosão (PNE), que estima a perda do solo em área sem cobertura vegetal e sem o uso e ocupação do solo, apenas analisando a estimativa da perda por meio das chuvas, tipo de solo e topografia (DURÃES & MELO, 2016 e LENSE, *et al.*, 2019).

O uso e manejo adequado da terra em conjunto aos dados de fatores naturais relacionados à chuva, solo e relevo, ajudam na redução da perda de solo. Neste processo os modelos matemáticos também ajudam a compreender, avaliar e analisar as implicações relacionadas ao impacto negativo da erosão hídrica (SIQUEIRA *et al.*, 2022 e LENSE *et al.*, 2019).

Diante da importância na predição do fenômeno da erosão hídrica os modelos matemáticos foram desenvolvidos objetivando estimar a perda de solo, como é o caso da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), que contempla fatores da erosividade da chuva, erodibilidade do solo, condição topográfica, uso e manejo do solo e práticas conservacionistas (RENARD *et al.*, 1997 e SIQUEIRA *et al.*, 2022), e acoplada ao Sistema de Informação Geográficas (SIG), instrumento importantes para o conhecimento da realidade, através de banco de dados que possibilitam o mapeamento de todo o local de interesse.

No caso da cidade de Caxambu/MG, especificamente à montante do Parque das Águas, denominado Doutor Lizandro Guimarães, o estudo dos fatores naturais, são



primordiais para a tomada de decisões de modo a minimizar a degradação do solo e posterior redução e controle do assoreamento de reservatórios, como é o caso da lagoa artificial que se localiza no interior do referido monumento.

Portanto, objetiva-se com este trabalho estimar a perda de solo por meio da erosão potencial ou natural na área à montante do Parque das Águas da cidade de Caxambu/MG, acoplada ao SIG.

METODOLOGIA

Caracterização da área em estudo

A cidade de Caxambu situa-se no Sul de Minas Gerais, apresenta 100,483 km² de área, sob coordenadas geográficas 21°58'20'' S e 44°56'20'' W. Possui uma população estimada de 21.056 habitantes e o bioma é a Mata Atlântica (FOKRO, 2013 e IBGE, 2022).

A área de estudo (Figura 1) localiza-se na região à montante do Parque das Águas de Caxambu, denominado Doutor Lisandro Carneiro Guimarães, tombado pelo Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais e a lagoa artificial, em processo de assoreamento, situa-se no interior do monumento.

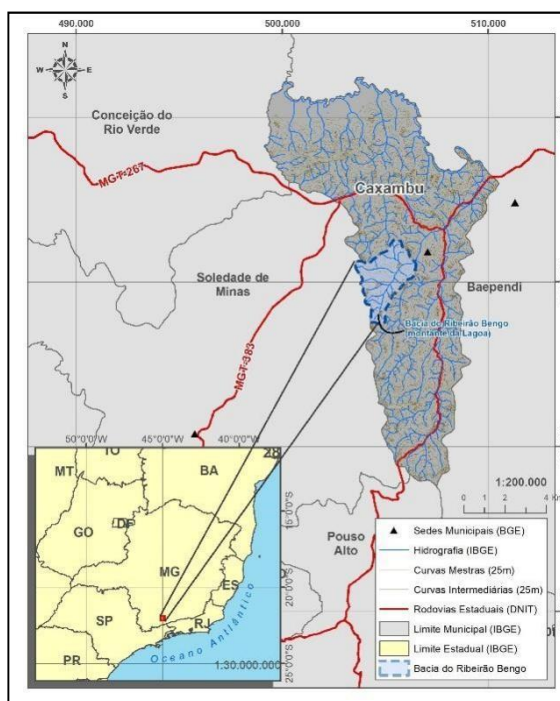


Figura 1 – Localização do Município de Caxambu/MG.

Fonte: Autora, 2020.

Conforme classificação de Köppen e Geiger o clima da região pode ser classificado como CWb, tropical de altitude. Possui temperatura média de 18,7° C, e índice pluviométrico anual correspondente a 11655 mm (CLIMATE, 2023).

Obtenção da base de dados

Todos os mapas produzidos foram confeccionados em ambiente SIG por meio do *software* SagaGis, referenciados ao Sistema de Referência Geodésica SIRGAS 2000, projeção UTM Zona 23 Sul.

As imagens da localidade foram extraídas do site “*earthexplorer*” na versão corrigida, escolhida a missão satélite Landsat 5, anos de 1985 (data de 19/10) e 2000 (data 21/08), e Landsat 8, ano de 2015 (data 31/08).

De modo a obter importantes parâmetros, tal como a declividade e comprimento de rampa (HIPÓLITO & VAZ, 2017), obteve-se a imagem do MDE extraída da plataforma *Earth Explorer*, formato *raster*, via missão espacial SRTM (Missão Topográfica Radar *Shuttle*), com resolução espacial de 90 metros, conforme Figura 2.

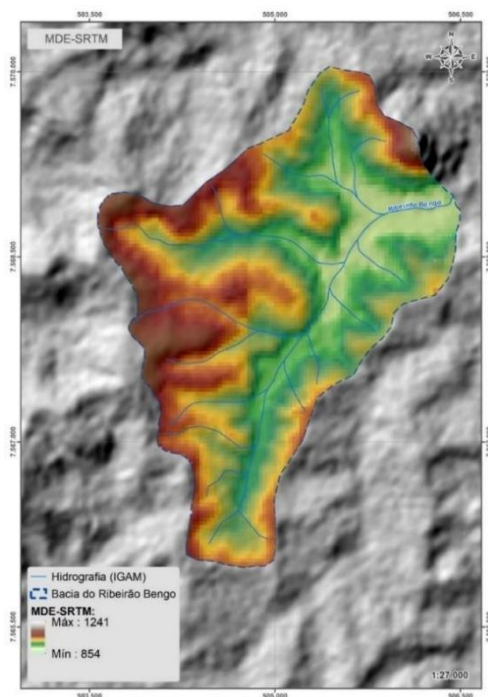


Figura 2 - Modelo Digital de Elevação da área de estudo.

Fonte: Autora, 2021.

Modelagem das Perdas de Solo

A estimativa da perda de solo para averiguar a erosão potencial foi embasada na Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) adotada por Smith e Wishmeier (1978), que assim expressa na Equação 1:

$$A = R \times K \times LS \times CP$$

Em que: A = perda de solo ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$); R = fator erosividade da chuva ($MJ\ mm\ ha^{-1}\ ano^{-1}\ h^{-1}$); K = fator erodibilidade do solo ($t\ ha^{-1} / MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$); L = fator comprimento de rampa; S = fator declividade de encosta, C = fator uso e manejo do solo e P = fator práticas conservacionistas.

A partir da EUPS, para o cálculo da Potencial Natural de Erosão (PNE), aplicou-se a classificação adaptada de Valério Filho (1994) e Durães e Mello (2016), que excluem os fatores C e P da EUPS e subsequente multiplicação dos fatores R, K, e LS, a partir da álgebra de mapas em ambiente SIG, através da seguinte Equação 2:

$$PNE\ ou\ EP = R \cdot K \cdot LS$$

Em que: PNE = potencial natural de erosão ($t.ha^{-1}.ano^{-1}$) EP = erosão potencial ($t.ha^{-1}.ano^{-1}$); R = fator erosividade da chuva ($MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$); K = fator erodibilidade do solo ($t\ hMJ^{-1}\ mm^{-1}$); LS = fator topográfico (adimensional).

Referente à interpretação para a erosão potencial ou natural foi extraída do trabalho de Durães e Mello (2016), aplicando-se a classificação adaptada de Valério Filho (1994), com divisão das classes de perda de solo em fraco, moderado, moderado e forte, forte e muito forte, conforme Tabela 1:

Tabela 1. Interpretação para perda de solo na erosão potencial ou natural

Classes de interpretação	Valores de perda de solo ($t.ha^{-1}.ano^{-1}$)
Fraco	< 400
Moderado	400 a 600
Moderado a forte	801 a 1600
Forte	1601 a 2400
Muito forte	> 2400

Fonte: Valério Filho (1994) e Durães e Mello (2016)

Para o fator R optou-se pela aplicação da metodologia desenvolvida por Mello *et al.*, (2013), modelo multivariado que calcula a erosividade média anual com base na regressão linear múltipla, em função da latitude, longitude e altitude (BARROS *et al*, 2018). Expresso pela seguinte Equação 3:

$$EI_{30} = - 399433 + 420,49 \times A - 78296 \times LA - 0,0178 \times A^2 - 1594,04 \times LA^2 + 195,84 \times LO^2 + 17,77 \times LO \times A - 1716,27 \times LA \times LO + 0,1851 \times LO^2 \times A + 1,002 \times 10^{-5} \times LO^2 \times A^2 + 1,389 \times LO^2 + LA^2 + 0,01364 \times LA^2 \times LO^3,$$

Em que: EI_{30} = representa o fator R (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹); LA= latitude, graus decimais negativos, LO= longitude, graus decimais negativos e A= altitude (m).

Para a interpretação da erosividade da chuva, utilizou-se da interpretação proposta por Carvalho (1994), apud Matos (2015). A Tabela 2 demonstra a referida interpretação:

Tabela 2. Classe de interpretação da erosividade da chuva

Fator R (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹)	Classes de interpretação
< 2452	Baixa
2452 a 4905	Média
4095 a 7357	Média- Forte
7357 a 9810	Forte
>9810	Muito Forte

Fonte: Carvalho, 1994, apud Matos, 2015.

A avaliação do fator K fez-se uso do mapa disponibilizado pela FEAM (2010). O valor de K para o tipo de solo foi extraído da literatura com relação a região mineira, especificamente na Bacia Hidrográfica do Rio Verde, sul de Minas Gerais, como sendo 0,033(t ha⁻¹ / MJ mm ha⁻¹h⁻¹) para o tipo de solo argissolo (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

A partir da obtenção dos dados extraídos do mapeamento disponibilizado pela FEAM (2010), por meio da Universidade Federal de Viçosa, e com acesso às informações no banco de dados realizou-se a tabela do tipo e estrutura do solo (Tabela 3), bem como o recorte da área em ambienteSIG averiguando um tipo de solo, qual seja, argissolo vermelho distrófico

típico.

Tabela 3. Sigla, tipo e estrutura do solo da área de estudo

Sigla	Tipo de solo	Estrutura do solo
PVd	ARGISSSOLO VERMELHO distróficotípico A	Moderado/fraco textura média/argilosa. Fase floresta subperenifolia, relevo forteondulado.

Fonte: FEAM/UFV, 2010

O valor de erodibilidade do solo ($t\ ha^{-1} / MJ\ mm\ ha^{-1}h^{-1}$) foi interpretado utilizando-se o método desenvolvido por Carvalho (1994), apud Matos (2015), extraído do trabalho de Lima, Ferreira e Ferreira (2018), conforme Tabela 4:

Tabela 4. Classificação da erodibilidade

Fator K ($t\ ha^{-1} / MJ\ mm\ ha^{-1}h^{-1}$)	Classes de interpretação
< 0,0198	Baixa
0,019 a 0,040	Média
>0,040	Alta

Fonte: Carvalho (1994), apud Matos, 2015

O fator topográfico LS foi calculado com o auxílio do *software* SAGA GIS a partir do MDE e metodologia empregada por Smith e Wishmeier (1978). A equação do fator LS utilizada e processada pelo SAGA foi desenvolvida por Smith e Wishmeier (1978) assim expressada pela Equação 3:

$$LS = (L / 22,13)^m (65,41 \text{ sen }^2\alpha + 4,56 \text{ sen } \alpha + 0,065)$$

Em que: L = comprimento do declive ou comprimento da encosta; α = ângulo de inclinação; m = 0,5 se a inclinação percentual for 5 % ou mais, 0,4 em declives de 3,5 a 4,5 %, 0,3 em declives de 1 a 3 % e 0,2 em gradientes uniformes de menos de 1 %.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto aos fatores naturais, os valores da erosividade da chuva encontrados a partir da aplicação da Equação 3, variam de $6 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ a $7.244,97 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Figura 3). Referidos valores nos mostram que os locais com maior altitude (cores avermelhadas) identificam fator R mais elevados, o que pode ser devido a influência orográfica.

As maiores estimativas de erosividade correspondem às regiões mais elevadas. Esse padrão é reconhecido em Minas Gerais devido a presença da serra da Mantiqueira (MELLO *et al.*, 2013), local onde a cidade de Caxambu/MG está localizada, a 1.241 metros de altitude máxima, conforme MDE (Figura 2), um dos fatores que elevam o valor do fator R, como dito, decorrência das chamadas chuvas orográficas ou chuvas de relevo (FORGIARINI; VENDRUSCOLO; RIZZI, 2013).

Quanto à classe de interpretação da erosividade da chuva, proposta por Carvalho (1994), apud Matos, (2015), os valores aqui encontrados estão na classe compreendida como “média forte”, já que está entre 4905 a $7357 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Na área de estudo, considerando que os valores variam de $6.921,39 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ a $7.244,97 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ verifica-se que o valor do fator R é considerado alto, significando que a variável no município de Caxambu tem maior potencial em provocar erosão hídrica. Por isso, a importância da biomassa vegetal sobre o solo, contribuindo para uma maior infiltração da água, redução do escoamento superficial e consequentemente diminuição de partículas arrastadas para o fundo de rios e lagoas, cujos sedimentos provocam o assoreamento.

Partindo-se da interpretação da erodibilidade do solo proposta por Carvalho (1994) apud Matos (2015), verifica-se a classe de potencial à erodibilidade como “média”, enquadrado no parâmetro de $0,0198$ a $0,040$.

O tipo de solo existente na localização do estudo, argissolo vermelho distrófico, é propenso em locais com relevo ondulado. Ele também apresenta baixa fertilidade e acidez elevada, implicando na infiltração nos horizontes o que leva a ser mais suscetível à degradação do solo, exigindo manejo adequado, com adoção de correção, adubação e práticas conservacionistas (SANTOS *et al.*, 2018, LENSE, *et al.*, 2019, SIQUEIRA, *et al.*, 2022).

Conforme informa o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, os argissolos possuem textura que variam de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito

argilosa no horizonte B (SANTOS *et al.*, 2018).

A partir do MDE (Figura 2) e Equação 04, obteve-se resultados associados ao fator LS, indicando valores variando de 0,0650195 a 179,547 (valores adimensionais) para a área estudada. Identifica-se que os menores valores encontrados estão distribuídos nas áreas de menor altitude (cor marrom), ao passo que os maiores quantitativos estão localizados nas áreas de maior altitude (roxas), e correspondem maior comprimento de rampa, resultando na interpretação que a energia da água é capaz de desagregar e arrastar sedimentos quando se movem no sentido do declive.

Logo, quanto maior o comprimento da rampa, mais água se acumula e a maior energia resulta na mais grave degradação do solo, a erosão hídrica. Logo a imprescindibilidade do uso de práticas conservacionistas nas localidades de maior perda de solo, que estão identificadas na zona de maior altitude, tal como terraceamento ou cordões de vegetação permanente (LENSE, *et al.*, 2021; LENSE *et al.*, 2019; BERTONI & LOMBARDI NETO, 2017 e GUERRA, SILVA & BOTELHO, 2015).

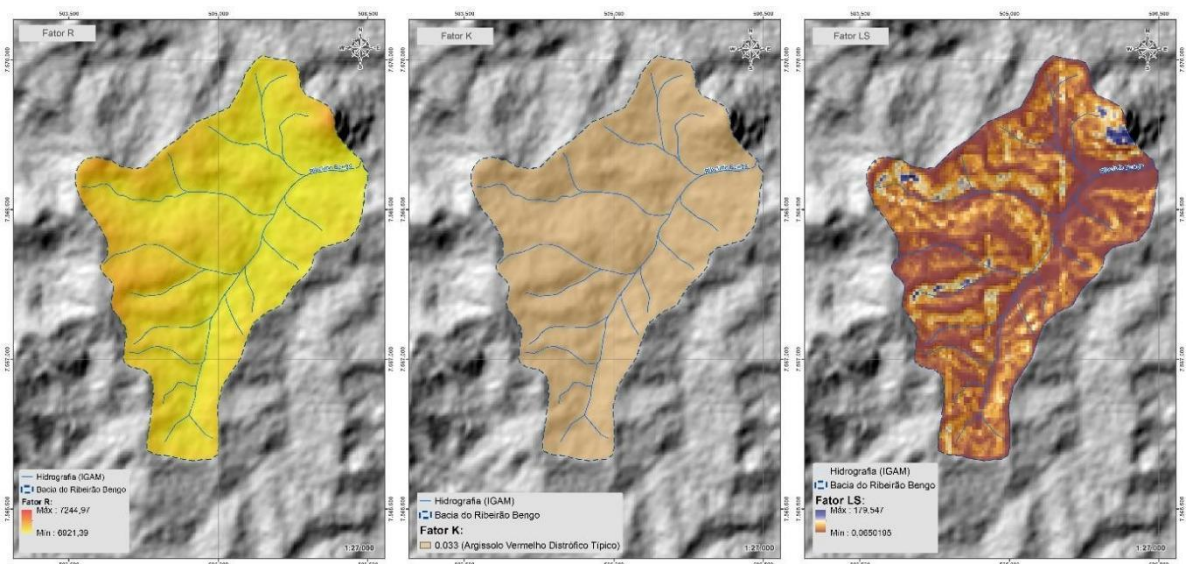


Figura 3. Mapas dos fatores R, K e LS.

Fonte: Autora, 2021.

A Tabela 2 mostra que ao aplicar a metodologia desenvolvida por Valério Filho (1994), e subsequente multiplicação dos valores dos fatores R, K e LS, identificou-se três classes de interpretação, sendo “moderada a forte”, “forte” e “muito forte”. Ao gerar os

resultados conforme equação da erosão potencial (Equação 2), o valor mínimo encontrado foi de 900 t.ha⁻¹.ano⁻¹, razão pela qual não foram identificadas as classes de interpretação “fraco” e “moderado”.

Tabela 2. Interpretação da erosão hídrica potencial

Classes de Interpretação	Valores de perda de solo (t.ha⁻¹.ano⁻¹)
Moderada a forte	801 a 1600
Forte	1601 a 2400
Muito forte	>2400

Fonte: Valério Filho (1994), adaptado pela Autora, 2020

Ilustrando os dados, gerou-se o mapa da erosão potencial, conforme Figura 4.

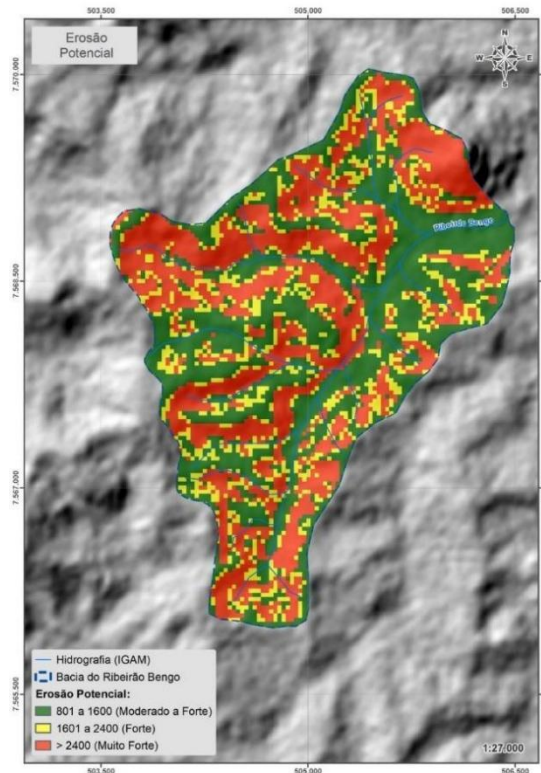


Figura 4. Mapa da erosão natural ou potencial à montante do Parque das Águas de Caxambu/MG.

Fonte: Autora, 2021.

O mapeamento mostra prevalência das classes “moderado a forte” e “muito forte”, com valores respectivos de perda de solo de 801 a 1600 t.ha⁻¹.ano⁻¹ e maior que 2400 t.ha-

¹.ano⁻¹, sendo certo que os maiores valores localizam-se em áreas de maior declividade e relevo, aliado ao fato de estarem localizadas em tipo de solo propenso à erosão. Dadas as estimativas verifica-se a necessidade de proceder a um planejamento ambiental conservacionista.

CONCLUSÕES

A identificação da erosão potencial ou erosão natural, em que são considerados apenas os fatores da erosividade da chuva, erodibilidade do solo e topografia, sem considerar o uso e manejo da terra também é capaz de auxiliar no planejamento ambiental, e teve prevalência das classes de interpretação “moderada a forte” e “muito forte”. No caso em análise, denota-se que a área de estudo demonstrou alta probabilidade de causar degradação do solo e que o uso e manejo regular da terra é o principal fator capaz de reduzir o impacto ambiental negativo de perda de solo gerado pela erosão hídrica.

REFERÊNCIAS

BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do solo**. 7 ed. Ícone: São Paulo, 2017, p. 355.

CLIMATE-DATA. **Clima de Caxambu/MG**. Disponível em: <https://fr.climate-data.org/amerique-du-sud/bresil/minas-gerais/caxambu-24936/?amp=true#>. Acesso em: jun. 2023.

DURÃES, Matheus Fonseca; MELLO, Carlos Rogério de. Distribuição espacial da erosão potencial e atual do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí, MG. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v 21, n 04, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016121182>. Acesso em: 10 ago.2020.

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 160 p., 2008.

FOKRO. Ambiental e Engenharia Ltda. **Relatório de Impacto Ambiental**: desassoreamento da lagoa localizada no parque das águas, Caxambu/MG. 184p., 2013.

. Ambiental e Engenharia Ltda. **Estudo de Impacto Ambiental**: desassoreamento dalagoa localizada no parque das águas, Caxambu/MG. 191p., 2013.

FORGIARINI, Francisco Rossarolla; VENDRUSCOLO, Daniel Secretti; RIZZI, Elias Silveira. Análise de chuvas orográficas no centro do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**. v 13,p. 107-119, 2013. Disponível em:

<https://revistas.ufpr.br> > revistaabclima > article > download. Acesso em: nov., 2019.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Mapa de solos do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: FEAM, 2010. Disponível em: <http://www.feam.br/noticias/1/949-mapas-de-solos-do-estado-de-minas-gerais>. Acesso em: 19 nov. 2020.

GUERRA, Antônio José Teixeira; SILVA, Antonio Soares da; BOTELHO, Rosângela Garrido Machado (organizadores). **Erosão e conservação dos solos**. 10 ed., Rio de Janeiro: BertrandBrasil, 340p., 2015.

HIPÓLITO, João Reis; VAZ, Álvaro Carmo. **Hidrologia e recursos hídricos**. 3 ed. Lisboa: IST Press.795p., 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geologia e Estatística, **Cidade de Caxambu/MG**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/caxambu.html>. Acesso em: jun., 2023.

LENSE, Guilherme Henrique Expedito; PARREIRAS, Taya Cristo; MOREIRA, Rodrigo Santos; AVANZI, Júnior Cesar; MINCATO, Ronaldo Luiz. *Estimates of soil losses by the erosion potential method in tropical latosols*. **Revista Ciência e Agrotecnologia**. v 43, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1413-7054201943012719>. Acesso em: jun., 2023.

LENSE, Guilherme Henrique Expedito; PARREIRAS, Taya Cristo; MOREIRA, Rodrigo Santos; AVANZI, Júnior Cesar; MINCATO, Ronaldo Luiz. *Effect of spacial temporal variation of land use and land cover on soil erosion*. **Rev Caatinga**. V 34, n. 1, p. 90-98, 2021. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/1983-21252021v34n110rc>. Acesso em ago., 2023.

LIMA, Gabriella Santos Arruda de; FERREIRA, Nilson Clementino; FERREIRA, Manuel Eduardo. Modelagem da perda superficial de solo para cenários de agricultura e pastagem na região metropolitana de Goiânia. **Revista Brasileira de Cartografia**, v 70, n 4, p. 1510-1536, 2018. Disponível em: DOI: 10.14393/rbcv70n4-46513. Acesso em: set., 2019.

MARTINS, Daniel Von Rondon; ROCHA, Joedison; SILVA, Tassio Moreira; CAMPIOLO, Sofia. Avaliando a relação entre a qualidade e os custos de tratamento de água e a alteração do uso do solo em múltiplas escalas espaciais: um caso de estudo de bacias hidrográficas do sul da Bahia, Brasil. **Engenharia Sanitária Ambiental**. v 27, n 4, p. 773-782, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220200132>. Acesso em ago., 2023.

MATOS, Thiago Vieira da Silva. **Determinação de áreas de vulnerabilidade à erosão hídrica com base na equação universal de perda de solo (USLE)**, 2015, 116 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUBD-A3FETB>. Acesso em: jul., 2020.

MELLO, Carlos Rogério de; VIOLA, Marcelo Ribeiro; BESKOW, Samuel; NORTON, Llyod Darrell. *Multivariate models for annual rainfall erosivity in Brazil*. **Geoderma**, Amsterdam, v. 202/203, p. 88-102, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.03.009>. Acesso em: abr., 2020.

OLIVEIRA, Vinícius Augusto de; MELLO, Carlos Rogério de; DURÃES, Matheus Fonseca; DA SILVA, Antônio Marciano. Vulnerabilidade dos solos à erosão hídrica na bacia hidrográfica do

Rio Verde, sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 38, n 3, Lavras, 2014.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000300006>. Acesso em: jan. 2020.

PRIMAVESI, Ana Maria. **Manejo Ecológico do Solo: a agricultura em regiões tropicais**. 1 ed, Nobel, 552 p., 2017.

RENARD, K. G.; FOSTER, G. R.; WEESIER, G. A.; MCCOOL, D. K.; YODER, D. C. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Washington: **United States Department of Agriculture**, 1997. 407 p. Disponível: https://www.ars.usda.gov/arsuserfiles/64080530/rusle/ah_703.pdf. Acesso em mai.2021.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K.T; ANJOS, LH. C. A; OLIVEIRA, V. A. O; LUMBRERAS, J.F; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. A.; ARAÚJO FILHO, J.C; OLIVEIRA, J. B. O; CUNHA, J.F.C. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. 5 ed., rev. e ampl., Brasília/DF: Embrapa, 2018.

SIQUEIRA, Hygor Evangelista; PEREIRA, Gener Tadeu; PISSARRA, Teresa Cristina Tarié; MARTINS FILHO, Marcílio Vieira e CAMPOS, Carlos Alberto Araújo. Estimativa de perdas de solo na área de proteção ambiental do rio Uberaba. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 3, p. 1205-1226, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509841259>. Acesso em ago. 2023.

SMITH, D. D.; WISHMEIER, W. H. **Predicting Rainfall Erosion Losses: a guide to conservation planning**. U.S. Departamento g Agriculture, p. 67, 1978.

VALÉRIO FILHO, M. **Técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicadas ao estudo integrado de bacias hidrográficas**. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Eds) Solos altamente suscetíveis à erosão. Jaboticabal: FCAV. P. 223-242, 1994.