

ANÁLISE DA EROSIÃO LAMINAR NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DA CONTAGEM - DF

Letícia Fontes Borges¹, Wagner Santos De Almeida²

¹ Departamento de Engenharia Ambiental/UnB, leticifontesborges@hotmail.com; ² Departamento de Engenharia Ambiental/UnB, wagnersa_98@yahoo.com

RESUMO

O presente trabalho avalia a análise de erosão laminar na bacia hidrográfica do Córrego da Contagem-DF. A metodologia aplicada envolveu empregar a Equação Universal de Perdas de Solo (USLE), pela fórmula $A = R * K * LS * C * P$, para avaliar a degradação do solo. As variáveis utilizadas nesta equação foram a perda de solo, erosividade da chuva, erodibilidade do solo, fator topográfico, fator uso e manejo do solo e fator de práticas conservacionistas. Neste trabalho, o fator R foi obtido por medições de informações pluviométricas; o fator LS foi obtido por técnicas de Sistema de Informação geográficas (SIG) a partir do modelo de Modelo Digital de Elevação (MDE); o fator K, C e P foram obtidos pela literatura. Os resultados obtidos demonstraram que áreas onde se concentram atividades antrópicas estão mais susceptíveis a uma degradação maior por erosão laminar.

Palavras-chave — Erosão laminar, Equação Universal de Perdas de Solo, Geoprocessamento, Degradação do solo.

ABSTRACT

*The present study evaluates the analysis of laminar erosion in the catchment area of Contagem-DF. The applied methodology involved the use of the Universal Soil Loss Equation (USLE), by the formula $A = R * K * LS * C * P$, to evaluate the soil degradation. The variables used in this equation were soil loss, rain erosivity, soil erodibility, topographic factor, land use and management factor, and conservation practices factor. In this work, the R factor was obtained by measurements of rainfall information; the LS factor was obtained by Geographic Information System (GIS) techniques from the Digital Elevation Model (MDE) model; the factor K, C and P were obtained in the literature. The results obtained demonstrated that areas where anthropic activities are concentrated are more susceptible to a greater degradation due to laminar erosion.*

Key words — Laminar Erosion, Universal Soil Loss Equation, Soil degradation, Geoprocessing.

1. INTRODUÇÃO

Erosão é um processo mecânico que age em superfície e profundidade, em certos tipos de solo e sob determinadas condições físicas. É caracterizado pela desagregação, transporte e deposição de partículas do solo, subsolo e rocha em decomposição pelas águas, ventos ou geleiras [1]. É um processo que ocorre de forma natural no ambiente através de fatores climáticos, declividade do terreno ou vegetação. Outros fatores como desmatamento, criação de áreas de cultivo agrícola e ocupação do solo são ações nas quais é realizada pelo homem que intensifica e acelera os processos erosivos. A erosão acelerada pode aparecer como erosão laminar quando é causada por escoamento difuso das águas das chuvas e resulta na remoção progressiva da superfície do solo [2]. É de difícil percepção, porém pode ser identificada quando há um clareamento do solo, exposição das raízes, coloração da água e a depender do estado da cobertura do solo [2]. A área de estudo é a bacia hidrográfica do Córrego da Contagem, localizado no Distrito Federal (DF), abrange uma área no qual existem diferentes usos do solo, seja áreas naturais de cerrado e mata, até de exploração mineral. O objetivo é analisar como o processo de degradação e perda do solo pela Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) ocorre nos diferentes usos do solo. Essa análise será subsidiada por meio de um Sistema de Informação geográficas (SIG). O SIG permite uma análise da perda de solo por erosão laminar, possibilitando contextualizar os resultados obtidos em função do uso e ocupação do solo [3]. As variáveis que compõe a equação de USLE é caracterizada pelo fator R, que representa o índice de erosividade. Esse índice define a capacidade da chuva em causar uma erosão em uma área sem proteção. Para uma melhor representação de um valor médio do índice de erosividade, obtém-se a relação da precipitação média anual com a média mensal [4]. O fator K é a erodibilidade do solo, que representa as propriedades do solo. Essas propriedades influenciam a erodibilidade e afetam a infiltração, a permeabilidade, a capacidade total de armazenamento de água e aquelas que resistem às forças de dispersão [5]. As diferenças nessas propriedades fazem com que alguns solos sejam mais facilmente erodidos que outros, mesmo quando o declive, a precipitação, a cobertura vegetal e as práticas de controle de erosão sejam as mesmas [6]. O fator C representa o uso e manejo do solo, é a taxa de solo de uma área com cobertura e manejo específico em relação à outra área, com as mesmas

condições, sem cobertura. [7]. Este fator é a relação entre a perda de solo em um terreno cultivado e um terreno desprotegido. O fator LS é o fator topográfico, do qual é a distância horizontal do ponto mais alto da bacia hidrográfica, onde começa o fluxo superficial até o ponto mais baixo onde começa a deposição desse fluxo que irá fluir pelo no canal [8]. A perda de solo intensifica conforme aumenta o comprimento de rampa e o grau de declividade, uma vez que esse aumento proporciona uma velocidade maior do fluxo d'água na superfície [9]. O fator P representa as práticas conservacionistas, é o impacto em que as práticas de conservação do solo fazem sobre a erosão [10]. Trata-se da relação entre a intensidade esperada de perda de solo com determinada prática conservacionista ou quando a cultura está disposta no sentido do declive [3]. Quando uma área está sem cobertura vegetal, está desprotegida, indica que ela está mais susceptível à erosão do que uma área que possui uma cobertura de vegetação, pois o crescimento da vegetação se associa à sequência de culturas e ao manejo. Esse índice varia de zero a um, sendo zero um sistema no qual o cultivo conservacionista está presente e 1 aquele sistema de cultivo do qual não apresenta práticas conservacionistas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para estimar a erosão laminar, foi necessário calcular a perda de solo pela Equação de Perda de Solo conforme literatura [7], no qual está descrita na Equação 1:

$$A = R * K * LS * C * P \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

A= perda de solo em $t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$; R= fator de erosividade da chuva, em $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$; K= fator de erosividade do solo, em $t \text{ h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$; LS= fator topográfico, integração do fator L, comprimento de rampa, e o fator S, declividade, (adimensional); C= fator de uso e manejo do solo (adimensional); e, P=fator de práticas conservacionistas (adimensional).

Primeiramente foi calculado o fator R pela metodologia que adapta as equações de erosividade de acordo com cada região do Brasil [4] e que no caso, foi aplicado a Equação relativa ao Cerrado, demonstrada pela Equação 2.

$$EL_{30} = 36,849 * \left(\frac{M^2}{P}\right)^{1,0852} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

EL30 = média mensal do índice de erosividade, em $\text{MJ.mm}/(\text{ha.h})$; M = média do total mensal de precipitação, em mm; P = média do total anual de precipitação, em mm.

Para determinar o fator R, foram utilizados dados disponibilizados [11] de medições das estações pluviométricas do DF. Os valores de erosividade mensal EL_{30j} de cada estação foram somados para determinar os valores de R conforme Equação 3.

$$R = \sum_{j=1}^{12} EL_{30j} \quad \text{Equação 3}$$

A quantidade de valores de R variou conforme os dados das estações utilizadas. Foram selecionados 6 pontos de medição próximos a bacia, porém somente três desses influenciavam

na área de estudo, no qual foi demonstrado por análise hidrológica no método de Thiessen. Porém, dessas três estações, somente duas delas possuíam dados com informações, logo, uma estação não possuía dados. Sendo assim, somente duas estações pluviométricas foram utilizadas, que foram: Estações da Contagem e Estação Contagem Ria do Mato. Ambas estão inseridas dentro da área de estudo, a bacia do Ribeirão da Contagem. A primeira estação possuía 38 anos de medição, enquanto a segunda apenas 9 anos de dados registrados. Pela diferença de quantitativo de dados e pela bacia ser pequena (área 9179,16 ha), decidiu-se fazer uma média ponderada entre esses dois valores para que não fosse prejudicado o resultado pela falta de dados. Foi atribuído o peso de 0,9 para a estação Contagem, pois possuía maior quantitativo de dados, sendo esses, mais representativos, e para a estação Contagem Rua do Mato, peso de 0,1 em virtude dos poucos dados. Feito isso, foi gerado um valor que foi usado diretamente na Equação 1. Para obter o fator LS, utilizou-se a metodologia [12] pelas equações da Tabela 1.

Tabela 1. Equações utilizadas para encontrar o fator LS

$L = \left(\frac{\lambda}{22,13}\right)^m$ Equação 4	$F = \frac{\sin \beta / 0,0896}{3 \sin \beta^{0,8} + 0,56}$ Equação 6
$m = \frac{F}{(1+F)}$ Equação 5	$L_{(i,j)} = \frac{(A_{(i,j)} + D^2)^{m+1} - A_{(i,j)}^{m+1}}{x^m + D^{m+2} * (22,13)^m}$ Equação 7

Em que $L_{(i,j)}$ = fator de comprimento de vertente de uma célula com coordenadas (i,j); $A_{(i,j)}$ = área de contribuição de uma célula com coordenadas(i,j) (m^2); D = tamanho da grade de área de células (m); $x_{(i,j)}$ = valor da direção do fluxo; e , m: coeficiente dependente da declividade.

Como o fator L considera a área de contribuição superficial por unidade de largura. Essa largura depende da direção do fluxo que foi representada pela equação 8.

$$S_m = 10,8 \text{ sen } \theta + 0,03 \quad (S > 9\%) \quad \text{Equação 8}$$

Sendo S a inclinação do declive calculada, β = o quociente entre a erosão em sulcos e entre sulcos e θ = ângulo em graus da encosta. Em relação ao fator C, existem dificuldades em determinar esse índice para o território brasileiro, uma vez que as relações consideradas, como a cobertura do solo, tipos de sistemas de cultivo e o tipo de solo na área normalmente é morosa e onerosa [9]. Logo, para determinar o valor do fator K foi baseado pela literatura [13], [14] e [15]. Para determinar o fator C e P, utilizou-se o mapa de uso e cobertura do solo [19] (Figura 1) e para determinar os valores de cada classe de uso, foi baseado na literatura [16], [17], [18]. O mapa de erosão laminar final foi realizado por ferramentas de ArcGis, no qual utilizou-se o *raster calculator* para calcular a perda de solo, representada na Equação 1.

3. RESULTADOS

Os valores do fator K atribuídos pela literatura ilustrados na Tabela 1 e Figura 2.

Tabela 1. Valores atribuídos para o fator K.

Pedologia	Valor K
Cambissolo Haplico	0,0237
Nitossolo Vermelho	0,0197
Latossolo vermelho amarelo	0,0171
Latossolo vermelho	0,0263
Argissolo vermelho eutrofico + chernossolo Haplico	0,0197
Espodosolo ferriluvico	0,059
Plintossolo petrico	0,019

Para o cálculo do fator LS, foram consideradas as Equações 4 a 8 e pelo *raster calculator* do ArcGis, foram gerados os valores de cada variável. Vale ressaltar que o valor de β adotado foi com $S = >9\%$ e $D = 30$. Os outros parâmetros resultaram em arquivos raster. O mapa final do fator LS pode está representado pela Figura 3. A avaliação do fator R pelas duas estações pluviométricas, demonstrou que para a Estação da Contagem a erosividade mensal foi de 15.211,85 e para Estação Contagem Rua do Mato foi de 333,89. Pela média dos pesos aplicados nas estações, o resultado final de erosividade foi de 6862,3, demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2. Valores finais do fator R.

MÊS	Estação Contagem		Estação Contagem Rua do Mato	
	CHUVA	EI30	CHUVA	EI30
JAN	286,33	2811,00	29,28	43,74
FEV	236,07	1848,94	24,31	29,20
MAR	280,62	2690,63	49,45	136,41
ABR	139,35	588,91	16,66	12,86
MAI	41,37	42,21	2,55	0,22
JUN	8,67	1,42	1,74	0,10
JUL	8,57	1,38	0,10	0,00
AGO	18,68	7,52	2,48	0,21
SET	52,16	69,80	3,53	0,44
OUT	192,25	1184,08	25,91	33,55
NOV	276,69	2609,53	27,42	37,92
DEZ	310,71	3356,43	29,13	43,24
TOTAL	1.851,48	15.211,85	212,57	337,89

Não foi gerado um mapa para o fator R pois se tratava de apenas um valor para toda a bacia hidrográfica, logo, o valor de 6862,3 foi adicionado diretamente à Equação 1, sem interferir no resultado final. A variável do fator C e P variam de 0 a 1, sendo os valores de C mais próximos a 0 representam pouca perda de solo e valores mais próximos a 1 grandes perdas de solo. Para o fator P, o valor 0 representa que a área possui práticas conservacionistas e 1 uma área que não se aplicam essas práticas. A determinação para todas as classes do fator P ser igual a 1 foi obtido da literatura e pelo fato de que a área não possui agricultura, que é fator determinante para utilizar ou não essas práticas. Esses fatores (C e P) são variáveis adimensionais, das quais estão demonstrados na

Tabela 3. Os mapas do fator C está representado pela Figura 4 e o fator P pelo Figura 5.

Tabela 3. Valores atribuídos para o fator e P.

Classe de uso e cobertura do solo	Fator C	Fator P
Campo	0,04	1
Cerrado	0,04	1
Mata de Galeria	0,04	1
Mineração	0,25	1
Solo exposto	0,2	1
Urbano	0	1

Por fim, o mapa de erosão laminar final ilustrado na Figura 5 foi obtido pelo *raster calculator* do ArcGis aplicando a Equação 1, que integra todas as variáveis. Os valores de erosão laminar variaram de 0 até 45 t ha⁻¹ ano⁻¹. Vale ressaltar que os espaços vazios apresentados no mapa final de erosão laminar são áreas correspondentes as várzeas, pois no início do processamento essas áreas foram desconsideradas, uma vez que são áreas sujeitas à deposição de sedimentos [9], e portanto, foram excluídas da estimativa de perda do solo para que não influenciasses no resultado final.

4. CONCLUSÕES

A aplicação do USLE em conjunto com técnicas de sensoriamento remoto possibilitou a análise de uma quantidade maior de informações sem necessitar realizar pesquisas de campo ou em inventário. Isso possibilitou uma obtenção de dados mais precisa e uma economia de custos e tempo. Esse método e ferramentas utilizados, possibilitaram alcançar o objetivo do presente estudo. O mapa de erosão laminar final demonstra uma erosão mais acentuada na área em que está localizada atividade de mineração, conforme ilustra o mapa de uso e cobertura do solo. A erosão em áreas de mineração aparece em estágios avançados de degradação, isto é, quando se retira a cobertura vegetal por completo e deixa o solo totalmente exposto em áreas no qual as cavas de exploração já estão esgotadas. A erosão em atividades de mineração ocorre por intervenções como desmatamentos, escavações instáveis, desmontes de rochas e modificação da paisagem. O impacto dessa atividade intensifica a degradação do solo. Cabe uma maior atenção e acompanhamento de órgãos ambientais nessa atividade, para que haja a erosão causada não se expanda e prejudique ainda mais o equilíbrio do meio ambiente.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Magalhães, R. A. Erosão: definições, tipos e formas de controle. VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Goiânia-GO, 3. 2001.
- [2] Soubhia, P.F.; Bianchini, U.C. Erosão e assoreamento em áreas urbanas. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, PHD 2537 – Águas em Ambientes Urbanos. 2014.
- [3] Alves, M. Estimativa da perda de solo por erosão laminar na bacia do rio São Bartolomeu-DF, usando técnicas de geoprocessamento. São José dos Campos: INPE, 33. 2000.

[4] Da silva, A. M. Rainfall erosivity map for Brazil. *Catena*, v. 57, n. 3, p. 251-259, 2004.

[5] Bertoni, J. E Lombardi neto, F. Conservação do Solo. 3ª edição, Ícone, Editora, São Paulo.1993.

[6] Silva, F. D. G. B. D., Minotti, R. T., Lombardi neto, F., Primavesi, O., & Crestana, S. Previsão da perda de solo na Fazenda Canchim-SP (EMBRAPA) utilizando geoprocessamento e o USLE 2D. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 15(2), 141-148. 2010.

[7] Wischmeier, W. H.; Smith, D. D. Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning. *Agriculture Handbook*, n. 537, U.S. Department of Agriculture, Washington, 1978.

[8] Quintero, A. F. C., Salazar, L. A. L., & Melo, O. R. Determinación del riesgo a la erosión potencial hídrica en la zona cafetera del Quindío, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(1), 17-26. 2017.

[9] Olivetti, D. Modelagem temporal e espacial da erosão hídrica na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Caçúis, Alfenas, MG. 2014.

[10] Lemos M. F. L. Determinación de la erosión hídrica y la producción de sedimentos en la cuenca del río Pixacayá aplicando herramientas SIG. *Revista 32 de la Universidad del Valle de Guatemala*, 105 – 116. 2016.

[11] Hidroweb – Agência Nacional de Águas - ANA. Dados hidrológicos. Maio de 2018. Disponível em <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>>. acessado em 04 de maio de 2018.

[12] Velásquez, S. Erosión de suelos utilizando la EUPSR (RUSLE). Coronado, Costa Rica: Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. 2008.

[13] Gurgel, R. S., De Carvalho Júnior, O. A., Gomes, R. A. T., Guimarães, R. F., Câmara, J. F. A., Sobrinho, D. A., & Dos Santos Braga, A. R. Identificação das áreas vulneráveis à erosão a partir do emprego da eups–equação universal de perdas de solos no município de riachão das Neves-ba. *Geografia ensino & pesquisa*, 15(3), 93-112. 2011.

[14] Farinasso, M., Carvalho Júnior, O. A. D., Guimarães, R. F., Gomes, R. A. T., & Ramos, V. M. Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar grandes áreas por meio da EUPS-Equação Universal de Perdas de Solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba-PI-MA. 2006.

[15] De Sousa Moraes, R. C., & Sales, M. C. L. Estimativa do Potencial Natural de Erosão dos Solos da Bacia Hidrográfica do Alto Gurguéia, Piauí-Brasil, com uso de Sistema de Informação Geográfica/ *Caderno de Geografia*, 27(1), 84-105. 2007.

[16] De Souza, L. A., & Sobreira, F. G. A avaliação da geração de sedimentos ao longo da bacia hidrográfica do ribeirão do carmo. *Potencial natural de erosão, feições morfológicas e cicatrizes de movimentos de massa. Geociências (São Paulo)*, 36(2), 285-299. 2017.

[17] Cavalcante da Silva, V. Estimativa da erosão atual da bacia do Rio Paracatu (MG/GO/DF). *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 34(3). 2004.

[18] Almeida, W. S. ; Diniz, M. S. ; Silva, L. S. ; Camapum de Carvalho, J. ; Silva Junior, E. E. A. ; Souza, N. M. ; Farias, R. J. C. Vulnerabilidade e modelagem ambiental em bacias hidrográficas. In: Maurício Martines Sales, José Camapum de Carvalho, Márcia Maria dos Anjos Mascarenha, Marta Pereira da Luz, Newton Moreira de Souza, Renato Resende Angelim. (Org.). *Erosão em bordas de reservatórios*. 1ed.Goiania: Universidade Federal de Goiás, v. 3, p. 287-322. 2017.

[19] Borges, L.F. Avaliação de impactos ambientais causados pela expansão da exploração mineral na bacia hidrográfica do córrego da

contagem- área de Proteção Ambiental de Cafuringa – DF. Brasília, DF. 2018

6. ILUSTRAÇÕES, GRÁFICOS E FOTOGRAFIAS

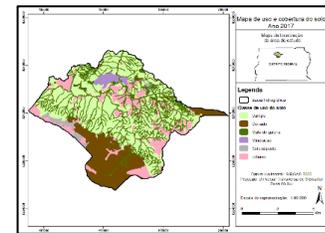


Figura 1. Mapa do uso e cobertura do solo

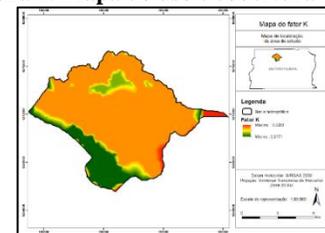


Figura 2. Mapa do fator K

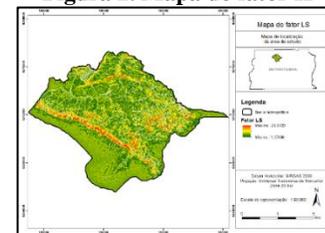


Figura 3. Mapa do fator LS

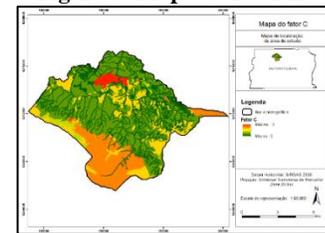


Figura 4. Mapa do fator C

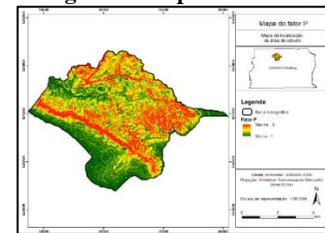


Figura 5. Mapa do fator P

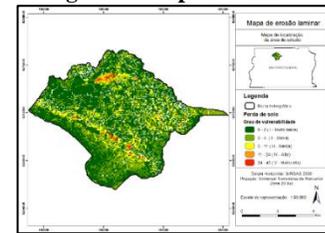


Figura 6. Mapa de erosão laminar