

Estimativa de perda de solo na bacia do açude Arneiroz II por ferramentas de geoprocessamento

Estimate of soil loss in the basin of the geoprocessing tools II by Arneiroz

Jose Bandeira Brasil¹(*)
Gilberto Quevedo Rosa²
Jacques Carvalho Ribeiro Filho³
Camilo Vinícius Trindade Silva⁴

Resumo

A erosão do solo é um fenômeno natural que ocorre em todos os ambientes terrestres, mesmo nos mais preservados. Diante dessa temática, objetivou-se com este estudo aplicar a Equação Universal de Perda de solo (USLE) na bacia hidrográfica do açude Arneiroz II, com auxílio de ferramentas de Sistemas Informações Geográficas (SIG) para estimativa da perda de solo. O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do açude Arneiroz II em uma área de 5.407,09 km², inserida na maior bacia de drenagem do estado do Ceará, a do rio Jaguaribe. A perda de solo na bacia foi obtida mediante a multiplicação dos seguintes fatores: R - erosividade da chuva em (MJ mm ha⁻¹ ano⁻¹); K - erodibilidade do solo em (t.ha⁻¹ MJ mm) LS - fator topográfico adimensional; C - adimensional, representando o uso e manejo do solo e P - adimensional, que reflete o uso de práticas conservacionistas. As perdas anuais de solo variaram de (0 a 419,8 t ha⁻¹ ano⁻¹) sendo susceptível a erosão, variando desde erosão baixa até classes de erosão muito alta, estando diretamente relacionada com o fator de uso e manejo do solo (C) e fator topográfico (LS) da bacia. A ferramenta de SIG mostrou-se adequada para a estimativa distribuída da perda de solo através do uso da Equação Universal de Perda de solo (USLE).

Palavras-chave: bacia hidrográfica; erosão; SIG.

Abstract

Soil erosion is a natural phenomenon that occurs in all terrestrial environments, even in the most preserved. On this subject, the aim of this study apply the Universal soil loss Equation (USLE) in the catchment area of the pond II, with the help of Arneiroz tools of geographic information Systems (GIS) for estimation of soil loss. The study was conducted in the catchment area of the dam Arneiroz II in an area of 5,407,09 km² in the largest drainage basin of the State of Ceará, the Jaguaribe River. The soil loss in the

1 Graduado em Tecnologia em Irrigação e Drenagem-IFCE; Mestrando em Engenharia Agrícola na Universidade Federal do Ceará – UFC; Endereço: Avenida da Universidade, 2853 – CEP: 60020-180, Benfica, Fortaleza – Ceará, Brasil; E-mail: josebbrasil@gmail.com (*) Autor para correspondência.

2 Engenheiro Florestal; Mestrando em Engenharia Agrícola na Universidade Federal do Ceará – UFC; Endereço: Avenida da Universidade, 2853 – CEP: 60020-180, Benfica, Fortaleza – Ceará, Brasil; E-mail: gilbertoquevedorosa@gmail.com

3 Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA; Endereço: Avenida Francisco Mota - Presidente Costa e Silva, CEP: 59625-300, Mossoró – Rio Grande do Norte, Brasil; E-mail: camilo.agriambiental@gmail.com

basin was obtained by multiplying the following factors: R-rain erosividade in ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$); K-erodibilidade soil ($\text{t.ha}^{-1} \text{ MJ mm}$) LS-topographic factor (dimensionless); C-dimensionless, representing the use and management of soil and P-dimensionless, which reflects the use of conservation practices. Annual soil losses ranged from (0 to $419,8 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$) being susceptible to erosion, ranging from erosion low to very high erosion classes, being directly related to the use and management of soil and topographic factor (LS) of the basin. The GIS tool proved to be suitable for distributed estimation of soil loss through the use of the Universal soil loss Equation (USLE).

Key words: watershed; erosion; GIS.

Introdução

A erosão do solo é um fenômeno natural que ocorre em todos os ambientes terrestres (ROZOS et al., 2013), mesmo nos mais preservados. A ação antrópica associada a práticas agrícolas em regiões semiáridas tende a interferir nesse processo, muitas vezes de forma negativa, acelerando-o (PRASANNAKUMAR et al., 2012). Nos diferentes ambientes, a erosão do solo, desmarcada, torna vastas áreas economicamente improdutivas (PRASANNAKUMAR et al., 2012), além de atingir os cursos hídricos, causando grandes prejuízos ao meio ambiente (RIBEIRO et al., 2007).

Uma análise quantitativa é essencial para entender a extensão e a magnitude dos problemas de erosão do solo. A quantificação da perda de solo pelo processo de erosão é importante não apenas para identificação de áreas críticas, mas também para o planejamento conservacionista da unidade de monitoramento. Entre os métodos eficientes de monitoramento, destaca-se: modelo digital de elevação, dados de sensoriamento remoto e Sistema de informações Geográficas (SIG). Eles podem ser utilizados para permitir a rápida avaliação, bem como detalhada dos riscos de erosão (KOULI et al., 2009).

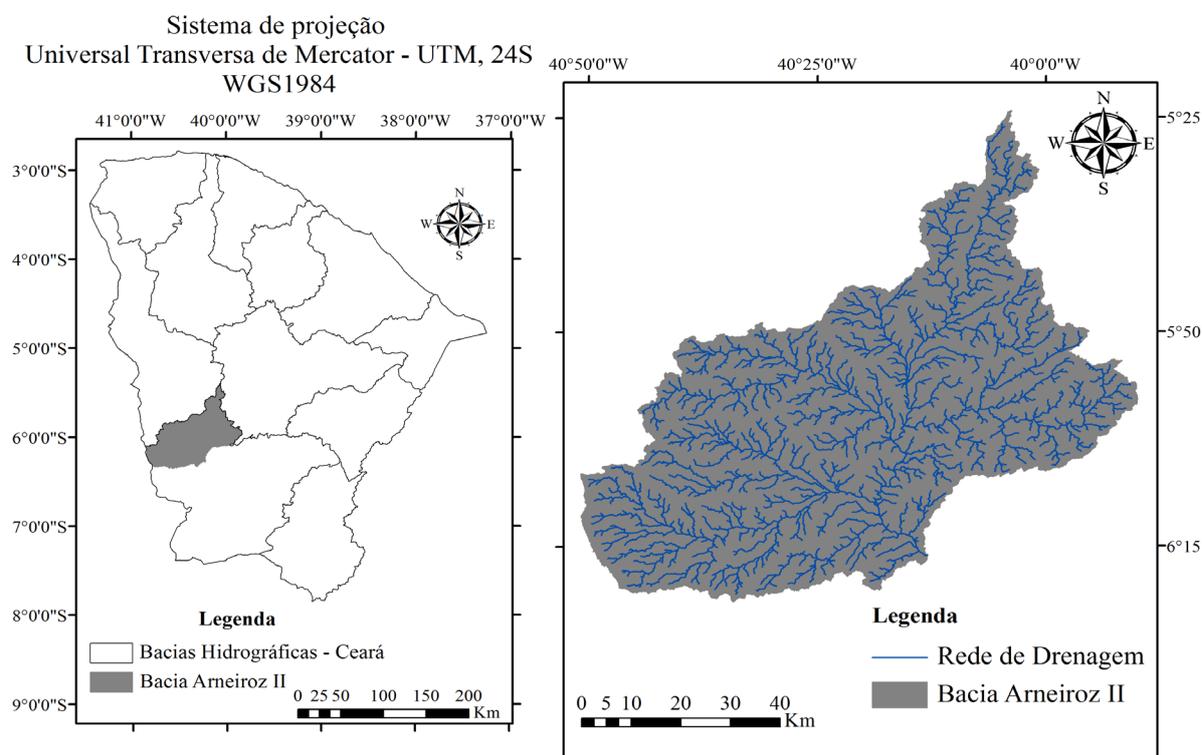
Modelos de simulação, como os de perda de solo são ferramentas importantes para a pesquisa e para a aplicação das práticas agrícolas adequadas. Entre esses modelos, a Equação Universal de Perda de Solos (USLE), proposta por Wischmeier e Smith (1978) é bastante utilizada. Ela foi elaborada visando prever perdas de solos médias em períodos longos e condições específicas. A equação exprime a ação dos principais fatores que influenciam a erosão hídrica, em virtude dos aspectos que representam as características climáticas: propriedades dos solos, topografia e práticas de uso e manejo dos solos.

Atualmente, o uso de técnicas de geoestatísticas em programas de SIG, permite a geração de mapas de isolinhas, identificando regiões homogêneas em relação à erosividade (OLIVEIRA et al., 2015). Os SIGs permitem identificar áreas de maior vulnerabilidade à erosão em uma bacia hidrográfica, de maneira rápida e dinâmica. Diante dessa temática, objetivou-se, com este estudo, aplicar a Equação Universal de Perda de solo (USLE) na bacia hidrográfica do açude Arneiroz II, com auxílio de ferramentas de Sistemas Informações Geográficas (SIG), para estimativa da perda de solo.

Material e Métodos

O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do açude Arneiroz II (Figura 1), localizado na cidade de Arneiroz no estado do Ceará. Possui capacidade de armazenamento de 197.060 (hm³), sendo o maior reservatório da Região dos Inhamuns e Sertão Central de Crateús, e responsável pela perenização de 113 km, abastecendo as comunidades em seu entorno e a jusante, sendo as sedes das cidades de Saboeiro e Jucás atendidas, atualmente, pela perenização (OLIVEIRA FILHO, 2013).

Figura 1 - Bacia hidrográfica do açude Arneiroz II, localizado na Sub-bacia do Alto Jaguaribe



Fonte: os autores.

A bacia hidrográfica do açude Arneiroz II possui área de 5.407,090 km² e está dividida politicamente entre três municípios: Parambu, Tauá e Arneiroz. A bacia hidrográfica do açude corresponde a aproximadamente 21,9% da Sub-bacia hidrográfica do Alto Jaguaribe, a qual, por sua vez, faz parte da maior bacia de drenagem do estado do Ceará, a do rio Jaguaribe. A região apresenta pouca pluviosidade ao longo do ano, temperatura média de 25,8 °C e clima BSh, de acordo com Köppen.

A delimitação da bacia do açude Arneiroz II foi realizada utilizando-se o *software ArcMap* 9.3 e dados da *Missão Topográfica Radar Shuttle* (SRTM), usando-se o Datum WGS 84, Projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), Zona 24S (Figura 1).

Foram determinados os parâmetros da Equação Universal de Perda de solo (USLE), que é um modelo matemático utilizado para estimar a perda de solo por unidade de área e tempo. Esse modelo foi descrito por Wischmeier e Smith (1978) sendo expresso pela (Equação 1).

$$E_L = R * K * LS * C * P \quad (1)$$

Em que: E_L - erosão localizada ($t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$); R - fator de erosividade da chuva em ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$); K - fator de erodibilidade do solo em ($t \cdot \text{ha}^{-1} \text{ MJ mm}$); LS = fator topográfico (adimensional) - função dos fatores LR (comprimento de rampa) e Sd (declividade); C - fator que expressa o uso e manejo do solo e características da cultura (adimensional) e P - fator que reflete o uso de práticas conservacionistas (adimensional).

Os valores dos parâmetros R, K, LS e C, foram estimados a partir de mapas temáticos elaborados com ferramentas de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Os *softwares* utilizados no SIG foram o ArcMap 9.3, e o Global Mapper 11.

Para a obtenção do fator de erosividade (R), selecionaram-se 12 estações pluviométricas localizadas nas proximidades dessa bacia: Mombaça, Tauá, Parambu, Altamira, Bom nome, Catarina, Independência, Mineirolândia, Novo oriente, Arneiroz, Quiterianópolis e Saboeiro. Os dados foram coletados do sítio da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME.

A partir dos dados de precipitação diária, calculou-se a média mensal e anual de cada posto. Em seguida, determinou-se a erosividade mensal por meio da (Equação 2).

$$R = 67,355 * \left(\frac{P_m^2}{P_a}\right)^{0,85} \quad 2$$

Em que: R - erosividade da chuva ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$); P_m - precipitação total média mensal (mm); P_a - precipitação total média anual (mm).

Com os dados de erosividade mensal, foi determinada a erosividade anual média de cada posto (Tabela 1).

Tabela 1 - Precipitação e erosividade anual média dos postos da bacia do açude Arneiroz II

Posto	X*	Y	P (mm)	R ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)
Mombaça	430982	9363112	751,33	6435,64
Tauá	355284	9335320	503,49	4963,34
Parambu	311602	9312630	629,29	7011,52
Altamira	374633	9364143	399,23	5052,39
Bom nome	332338	9264685	595,24	5772,34
Catarina	403117	9321710	588,70	5263,97
Independência	354596	9403651	559,25	6317,70
Mineirolândia	429857	9384622	861,08	6973,75
Novo oriente	304290	9388127	645,25	7535,09
Arneiroz	371800	9300640	612,53	6294,85
Quiterianópolis	311055	9346915	558,12	6849,92
Saboeiro	394965	9277776	586,93	5617,70

Fonte: os Autores.

Nota: * X e Y - Coordenadas de cada posto (UTM); P – Precipitação média anual; R – Erosividade média anual

Com os valores anuais médios de cada posto, gerou-se um mapa de erosividade de acordo com a distribuição das chuvas. As classes de erosividade foram classificadas de fraca até muito forte (Tabela 2), de acordo com a classificação proposta por (CARVALHO, 2008). Foram gerados os mapas de erosividade usando-se o método de interpolação Inverso do Quadrado da Distância.

Tabela 2 - Classificação da erosividade das chuvas pelo índice R

Erosividade (MJ mm ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Classificação da erosividade
R ≤ 2452	Erosividade fraca
2452 < R ≤ 4905	Erosividade moderada
4905 < R ≤ 7357	Erosividade moderada a forte
7357 < R ≤ 9810	Erosividade forte
R > 9810	Erosividade muito forte

Fonte: Carvalho (2008).

A distribuição espacial do fator K está diretamente relacionada à variabilidade dos solos, tendo em vista que a erodibilidade é uma propriedade inerente ao tipo de solo. Para os solos da região Nordeste do Brasil, destacam-se os trabalhos de (FARINASSO et al., 2006; SILVA et al., 2009). Associaram-se os valores encontrados por esses autores às respectivas classes de solo encontradas na bacia em estudo. Utilizando-se as funções do SIG, gerou-se um raster com os fatores de erodibilidade e determinou-se um mapa temático da erodibilidade dos solos da bacia. Foram encontrados os seguintes tipos de solo: Argissolos, Luvisolos, Planossolos, Neossolos litólicos e Latossolo. Os valores da erodibilidade dos solos existentes na bacia hidrográfica do açude Arneiroz II estão apresentados na (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores de erodibilidade dos solos na bacia hidrográfica do açude Arneiroz II

Tipos de solos	Fator K
Argissolo	0,034
Luvisolo	0,042
Planossolo	0,057
Neossolo litólicos	0,046
Latossolo	0,028

Fonte: os Autores.

O fator topográfico (LS) da área de estudo foi gerado a partir da (Equação 3) de acordo com a metodologia proposta por Bertoni e Lombardi Neto (2008), que relaciona comprimento de rampa versus declividade da bacia.

$$LS = 0,00984 \cdot \lambda^{0,63} \cdot D^{1,18}$$

3

Onde: LS = fator topográfico; L = comprimento de rampa (m); e D = declividade do terreno (%).

O processamento da imagem foi realizado na ferramenta *Map Algebra*, no ArcGis 9.3. Após a multiplicação, obteve-se o valor do LS da bacia.

Para a determinação das classes declividade da bacia do açude Arneiroz II, utilizou-se a classificação proposta pela (EMBRAPA 1999), (Tabela 4).

Tabela 4 - Classificação da declividade

Declividade (%)	Discriminação
0 a 3	Relevo plano
3 a 8	Relevo suavemente ondulado
8 a 20	Relevo ondulado
20 a 45	Relevo fortemente ondulado
45 a 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo fortemente montanhoso

Fonte: Embrapa (1999).

Para a determinação do fator que expressa o uso e o manejo do solo (C), utilizou-se uma imagem Landsat 8 sensor TM, na página da USGS, do projeto Earth Explorer. Primeiro, foi feita a classificação da imagem via processamento no software ArcGIS 9,3. Foram definidas 4 categorias de usos do solo dentro da bacia, a saber: Caatinga Densa, caatinga Aberta, Agricultura/Solo exposto e água. Após a classificação, foi realizada a atribuição de valores para espacialização, de acordo com a proposta de (PRUSKI, 2009) (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores do fator C (adimensional) para vários tipos de uso do solo

Valor do fator C	Uso do Solo
0,00	Água
0,01	Caatinga Densa
0,26	Caatinga Aberta
0,43	Agricultura/Solo exposto

Fonte: Pruski (2009).

O valor adotado para o fator P de práticas conservacionista foi igual a 1, presumindo que não há práticas de controle do processo erosivo, pois na região é comum o plantio no estilo morro abaixo. Na tabela 6 são apresentados alguns valores de (P) para as práticas conservacionistas mais utilizadas para controlar a erosão.

Tabela 6 - Valores de (P) para algumas práticas conservacionistas

Práticas conservacionistas	Valor de P
Plantio morro abaixo	1,0
Plantio em contorno	0,5
Alternância de capinas + plantio em contorno	0,4
Cordão de vegetação permanente	0,2

Fonte: Pruski (2009).

Visando avaliar o enquadramento dos resultados obtidos de perda de solo com suscetibilidade à erosão (Tabela 7), adotou-se a classificação proposta pela FAO (1980), que relaciona o grau de erosão a partir de quatro classes de perdas de solo.

Tabela 7 - Suscetibilidade do solo à erosão utilizados neste estudo

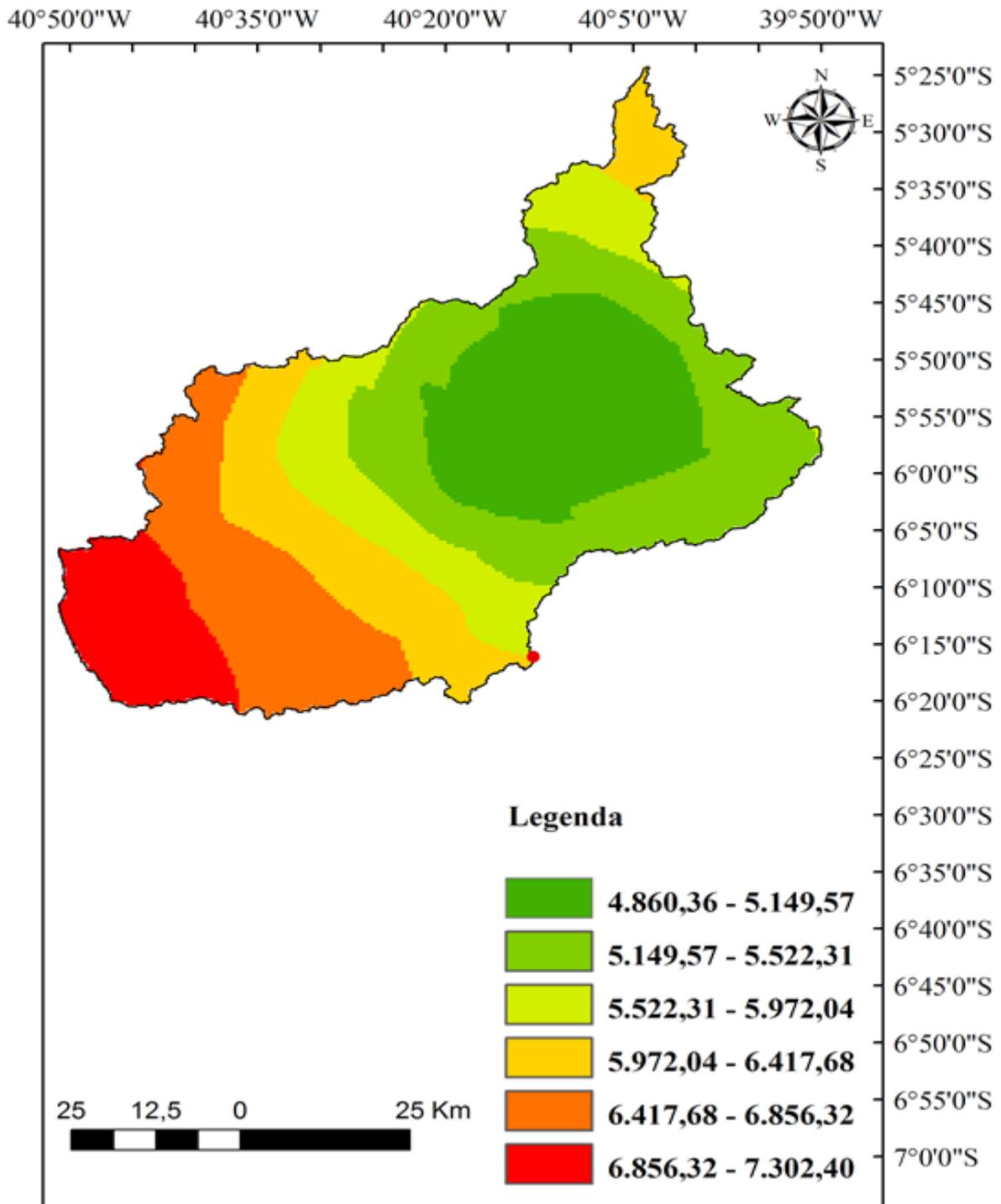
Perda de solo ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$)	Grau de Erosão
< 10	Baixa
10 - 50	Moderada
50 - 200	Alta
> 200	Muito baixa

Fonte: Fao (1980)

Resultados e Discussão

Analisando a erosividade das chuvas na bacia do Arneiroz II, observa-se grande variação sazonal do fator erosividade das chuvas (R) (Figura 2). A erosividade, na bacia do açude Arneiroz II, tem valores mínimos em torno de 4.963,34 ($MJ\ mm\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) na parte leste da bacia (município de Tauá), onde a precipitação esteve próxima de 503 mm (FUNCEME, 2016). Esta aumenta à medida que se aproxima do extremo oeste da bacia (município de Novo Oriente), com erosividade próxima a 7.535 ($MJ\ mm\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) e precipitação em torno de 645 mm.

Figura 2 - Mapa de distribuição de classes de erosividade da chuva (R) na bacia do açude Arneiroz II



Fonte: os Autores.

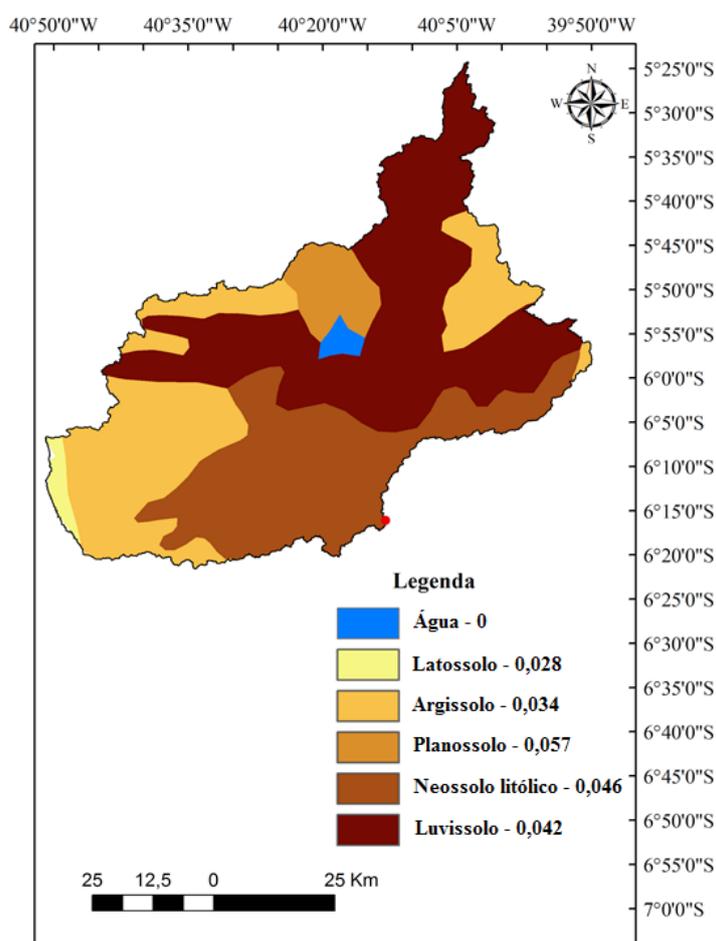
Estudando a variabilidade da erosividade das chuvas nos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí-PI, Santos; Aquino (2015) encontraram valores variando na ordem de 6460 a 7600 ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), respectivamente. Essa maior erosividade encontrada nesses municípios é justificada em função de as chuvas se concentrarem nos meses de janeiro a abril, influenciadas pela

Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), responsável pelas precipitações de fevereiro a abril. No semiárido brasileiro, Lopes et al. (2011) encontraram valores médios na ordem de $6.328 \text{ (MJ mm ha}^{-1} \text{ ano}^{-1})$ para uma bacia de $70,73 \text{ Km}^2$, aferindo, assim, que a precipitação pluviométrica influencia mais do que o tamanho da bacia no fator de erosividade (CABRAL et al., 2014).

Os resultados obtidos de erosividade (Figura 2) foram classificados de acordo com as classes propostas por Carvalho (2008), as quais variaram desde erosividade moderada até erosividade moderada a forte. As maiores erosividades foram para os postos de Parambu e Novo Oriente (Tabela 1). Em estudo conduzido no Ceará, Batista et al. (2015) encontraram valores de (R) na ordem de $4.500 \text{ a } 7.700 \text{ (MJ mm ha}^{-1} \text{ ano}^{-1})$, assemelhando aos valores de R obtidos neste estudo. Os valores de R encontradas por Batista et al. (2015) variaram desde erosividade moderada a forte, sendo justificada pelo efeito das precipitações orográficas, em função da serra do Maciço de Baturité.

Observou-se, na bacia hidrográfica do Arneiroz II, a predominância de Argissolo $K = 0,034$ em $(\text{t.ha}^{-1} \text{ MJ mm})$, representando $26,8\%$ da área total estudada, Luvisolo $K = 0,042$ em $(\text{t.ha}^{-1} \text{ MJ mm})$ representando $38,7\%$ da área da bacia, e Neossolos Litólicos $K = 0,046$ em $(\text{t.ha}^{-1} \text{ MJ mm})$ com $27,3\%$ (Figura 3). Os demais valores de K representam apenas $6,33\%$ de toda a bacia. Resultados semelhantes foram encontrados por Lopes et al. (2011) e Serio et al. (2008), em estudo conduzido no semiárido Cearense, onde os valores de K variam de acordo com a região estudada.

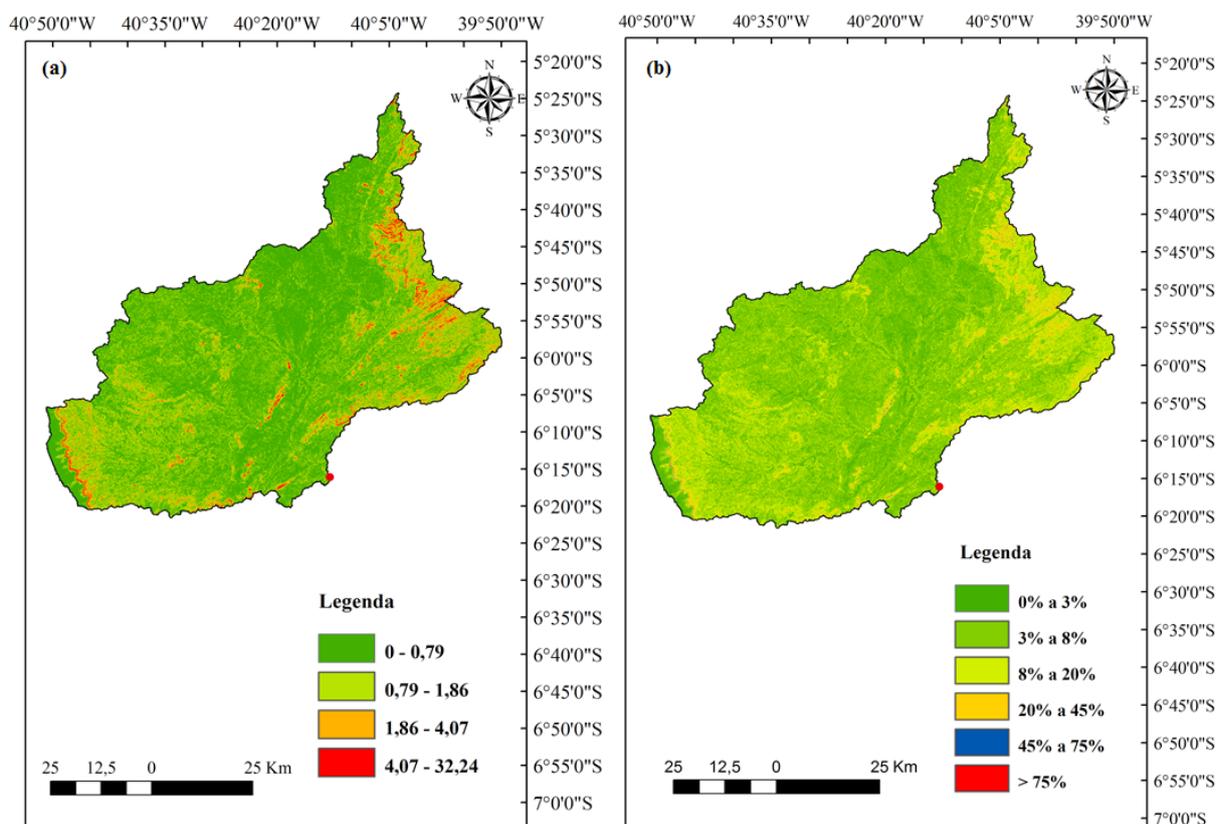
Figura 3 - Mapa de solos e valores médios do fator erodibilidade do solo (K) na bacia do açude A



Fonte: os Autores açude Arneiroz II.

O mapa com valores do fator LS, o qual representa o Potencial Topográfico de Erosão, possui valores variando de 0 a 32,24, com predominância de valor zero (Figura 4a). Tal característica contribui para menores taxas de escoamento superficial, desfavorecendo a perda de solo em uma bacia hidrográfica.

Figura 4 - Mapa do fator topográfico (LS) da Bacia do açude Arneiroz II (a) e declividade em % (b)

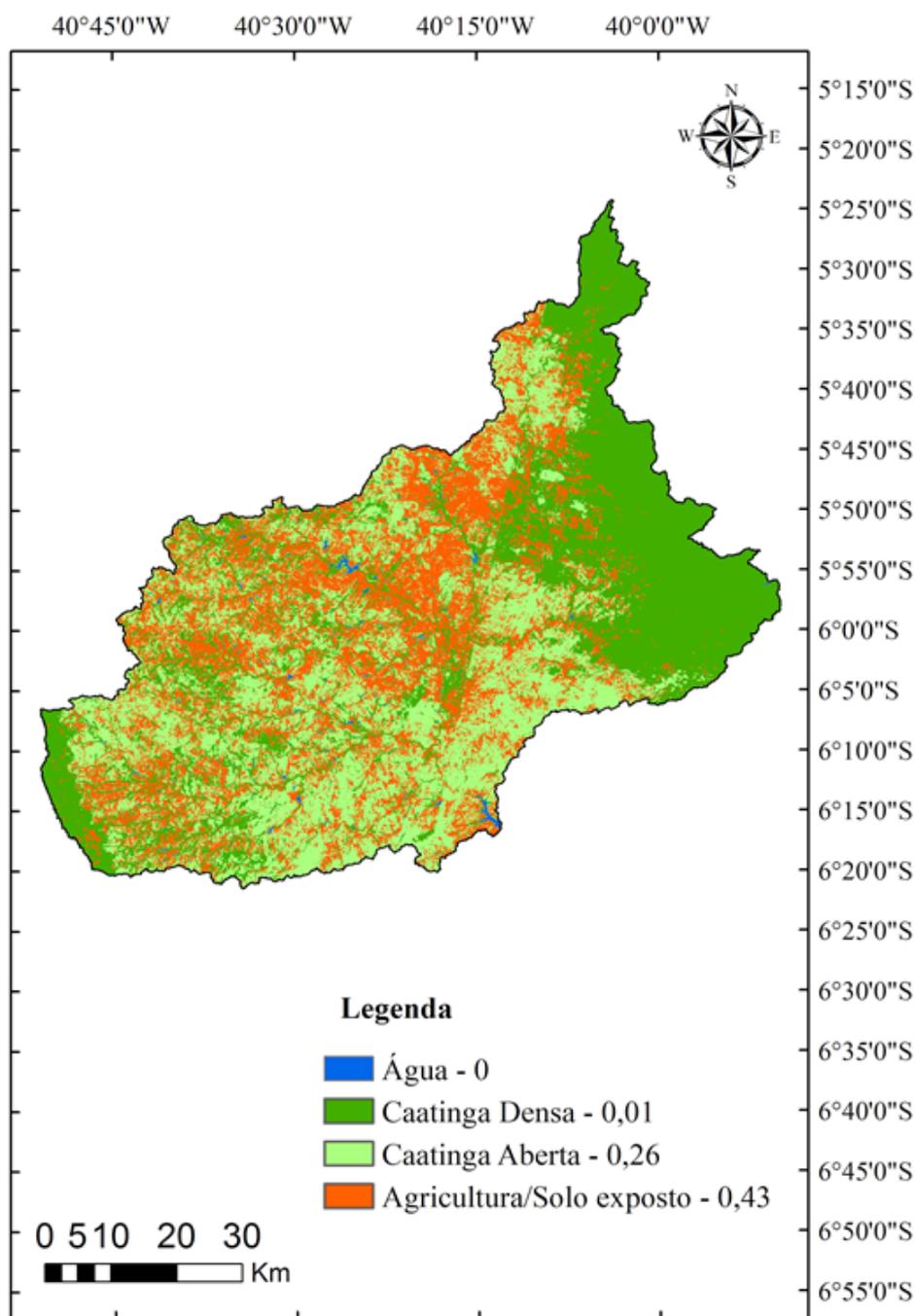


Fonte: os Autores.

Os menores valores do fator topográfico (LS) são verificados nas partes centrais da bacia variando de 0 a 1,86 (Figura 4a). Por outro lado, os maiores valores de LS estão situados nos extremos da bacia, onde nascem os cursos d'água com valor máximo de 32,24. Vale ressaltar que o fator LS constitui um parâmetro de difícil avaliação em vista da diversidade de situações topográficas e de manejo do local (Figura 4a). Valores semelhantes foram encontrados por Lopes et al. (2011), para a bacia do Riacho Varjota, no semiárido cearense, onde as menores declividades apresentaram baixos valores de LS. Esses maiores valores de LS estão de acordo com os encontrados no mapa de declividade da bacia (Figura 4b). A mesma relação foi constatada por Coutinho et al. (2014) para a bacia do Rio da Prata-ES. De acordo com Lopes et al. (2011) os maiores valores de LS foram identificados distantes dos divisores topográficos, nas convergências de fluxos e nas declividades acentuadas, tendo relação direta com o mapa de perda de solo da bacia. A bacia do açude Arneiroz II apresenta relevo plano a ondulado, predominando em mais de 90% da área, com classes de declividade variando de 0 a 20% (Figura 4b). As perdas de solos podem ser mais sensíveis com mudanças de declividade (OLIVEIRA et al., 2010).

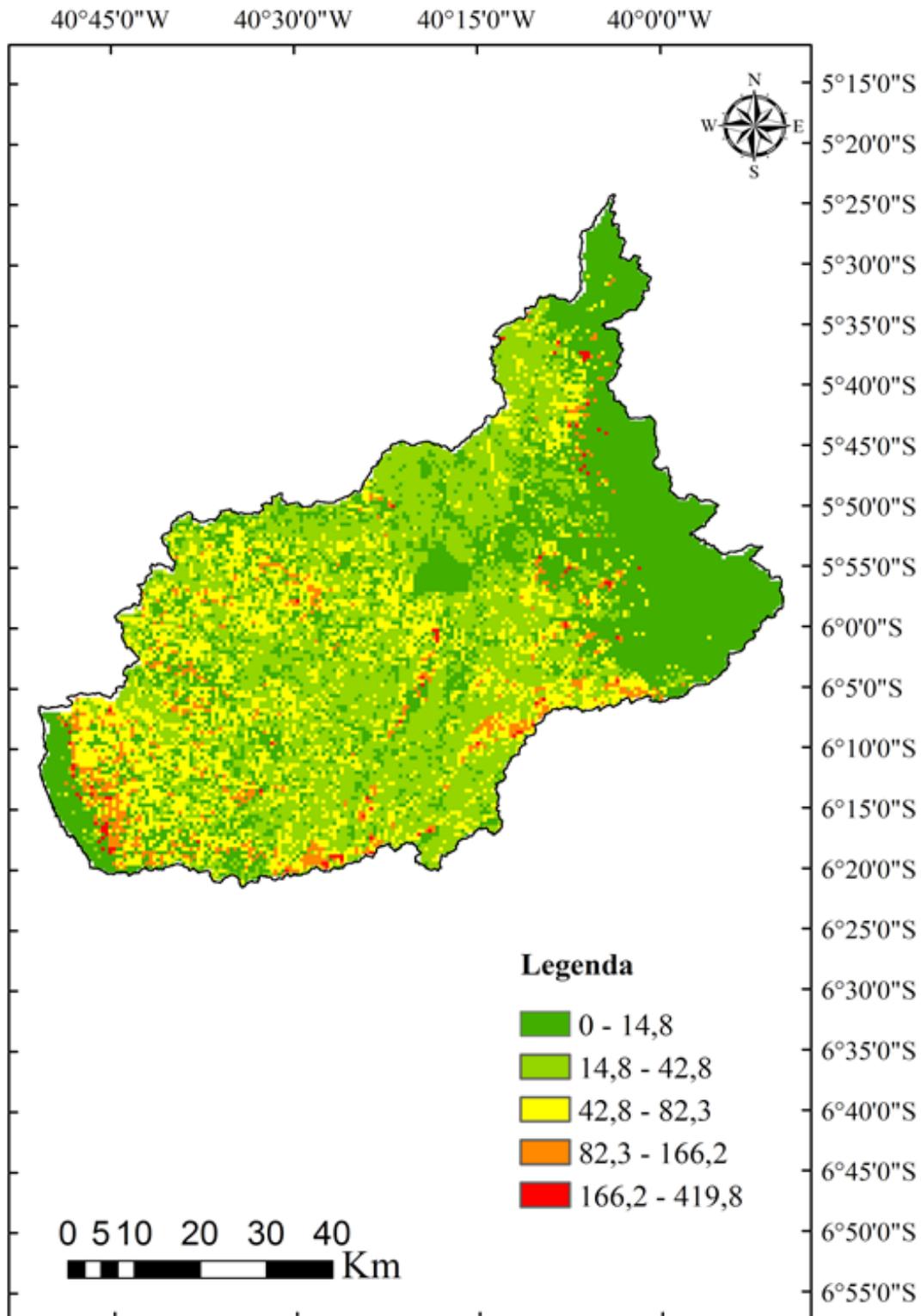
Na figura 5, verificam-se 4 classes do uso do solo: Água, Vegetação Densa, Vegetação Rala e Agricultura/Solo exposto. A primeira classe (água), representa menos de 1%. Por se tratar de uma região com chuvas irregulares, a classificação aponta para uma região de escassez hídrica. Os demais usos encontrados na bacia representam valores na ordem de 35,74%, 33,30% e 30,41%. Nota-se que, na região em que há a presença de Agricultura/Solo exposto, ocorre maior valor para o fator C (0,43), influenciando diretamente para que ocorram as maiores perdas de solo na bacia. Isso se deve ao fato de que quanto maior o fator C mais intenso será o processo erosivo. Além do fator C, Rozos et al. (2013) citam que os diferentes padrões de cultivos e valores elevados de LS, são fatores complementares que contribuem para os altos valores de perda de solo em uma bacia.

Figura 5 - Mapa do fator C para a bacia hidrográfica bacia do açude Arneiroz II



O resultado final obtido, a partir da álgebra de mapas com a aplicação da USLE, pode ser visualizado no mapa de perda do solo (Figura 6). Verifica-se que as menores perdas de solo, situam-se na faixa de 0 a 42,8 ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$), o que corresponde às áreas mais planas e/ou vegetadas (Figura 4b).

Figura 6 - Mapa da perda de solo da bacia hidrográfica bacia do açude Arneiroz II, em ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$)



Fonte: os Autores.

Pode-se verificar que as maiores perdas de solo estimadas estão nas linhas de drenagens dos riachos, nas regiões degradadas e nas regiões de encostas mais íngremes. Essa mesma constatação foi verificada por Kouli et al. (2009), estudando diferentes bacias hidrográficas em uma região semiárida da Grécia. As perdas de solo, na área em estudo, assemelham-se aos encontrados por Pereira e Teixeira (2005) e Lopes et al. (2011) em microbacias no Ceará. Em estudo realizado em uma pequena Sub-bacia (167,8 km²) montanhosa na Índia, Prasannakumar et al. (2012), encontraram taxa média de erosão do solo variando de 0 a 17,73 (t ha⁻¹ ano⁻¹). Segundo os autores, essa menor perda de solo encontrada é justificada em função da cobertura existente na Sub-bacia, pois quase 80% da área é ocupada por florestas verdes grossas, diminuindo, assim, a erosão no solo.

Os valores resultantes do mapa de perdas de solo (Figura 6) foram classificados conforme a classificação proposta pela FAO (1980) (Tabela 7). Verifica-se a susceptibilidade da bacia do Arneiroz II, com erosão variando desde erosão baixa até classes de erosão muito alta (419,8 t ha⁻¹ ano⁻¹). No semiárido da Grécia, Kouli et al. (2009), encontraram perda média anual de solo até (200 t ha⁻¹ ano⁻¹), e concluíram que a área está passando por severa erosão (erosão muito alta). A alta susceptibilidade se mostrou associada ao solo descoberto e ao fator topográfico (Figuras 5 e 4a).

Conclusão

A ferramenta de SIG mostrou-se adequada para a estimativa distribuída da perda de solo através do uso da Equação Universal de Perda de solo (USLE). Verifica-se a susceptibilidade da bacia do Arneiroz II, com erosão variando desde erosão baixa até classes de erosão muito alta (419,8 t ha⁻¹ ano⁻¹), estando diretamente relacionada com fator C e fator LS da bacia.

Referências

- BATISTA, C. T.; VERÍSSIMO, C. U. V.; SANTOS, M. P. Avaliação do cálculo de erosividade em escala regional com o auxílio de geoprocessamento na Serra de Baturité – CE. **REGNE**, v. 1, p. 22-36, 2015.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 6. ed. São Paulo: Ícone, 2008. 355p.
- CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.
- CABRAL, L. J. R. S.; VALLADARES, G. S.; DE AQUINO, C. M. S. Erosividade das chuvas em parte do alto curso do rio Banabuiú-sertão central do Ceará. **REVISTA EQUADOR**, v. 3, n. 2, p. 51-61, 2014.
- COUTINHO, L. M.; CECÍLIO, R. A.; GARCIA, G. O.; XAVIER, A. C.; ZANETTI, S. S.; MOREIRA, M. C. Cálculo do fator LS da equação universal de perdas de solos (EUPS) para a bacia do rio da Prata, Castelo-ES. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 8, n. 1, p. 01-09, janeiro-abril, 2014.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção de informação, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

FARINASSO, M.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. D.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T.; RAMOS, V. M. Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminarem 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. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Ano 7, n. 2, p. 73-85, 2006.

FAO. **Metodologia provisional para evaluación de la degradación de los suelos**. Roma: FAO/PNUMA: UNEP: UNESCO, 1980. 86 p.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS – FUNCEME. Disponível em: <<http://www.funceme.br/index.php/instituicao/monitoramento>>. Acesso em: 16 out. 2016.

KOULI, M.; SOUPIOS, P.; VALLIANATOS, F. Soil erosion prediction using the revised universal soil loss equation (RUSLE) in a GIS framework, Chania, Northwestern Crete, Greece. **Environmental Geology**, v. 57, n. 3, p. 483-497, 2009.

LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; SANTOS TEIXEIRA, A.; CAITANO, R. F.; CHAVES, L. C. G. Uso de geoprocessamento na estimativa da perda de solo em microbacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 5, n. 2, p. 88-96, 2011.

OLIVEIRA FILHO, R. L. **Metodologia de elaboração de base de informações para alocação negociada de água: aplicação ao Açude Arneiroz II**. 2013. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

OLIVEIRA, J. P. B.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; ZANETTI, S. S. Espacialização da erosividade das chuvas no Brasil a partir de séries sintéticas de precipitação. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 4, 2015.

OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B.; ALVES SOBRINHO, T.; PANACHUKI, E. Estimativa do fator topográfico da USLE a partir de três algoritmos. **Ambi-Água**, v.5, n.2, p.217-225, 2010.

PEREIRA, S. P.; TEIXEIRA, A. S. Avaliação espacial da erosão através do uso de SIG - Sistema de Informações Geográficas. **Revista Tecnologia da UNIFOR**, v.26, n.2, p.186-195, 2005.

PRASANNAKUMAR, V.; VIJITH, H.; ABINOD, S.; GEETHA, N. Estimation of soil erosion risk within a small mountainous sub-watershed in Kerala, India, using Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) and geo-information technology. **Geoscience Frontiers**, v. 3, n. 2, p. 209-215, 2012.

PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. Viçosa: Ed. Viçosa, 2009.

RIBEIRO, S. C.; CHAVES, H. M. L.; JACOVINE, L. A. G.; SILVA, M. L. Estimativa do abatimento de erosão aportado por um sistema agrossilvipastoril e sua contribuição econômica. **Revista Árvore**, v. 31, p. 285-293, 2007.

ROZOS, D.; SKILODIMOU, H. D.; LOUPASAKIS, C.; BATHRELLOS, G. D. Application of the revised universal soil loss equation model on landslide prevention. An example from N. Euboea (Evia) Island, Greece. **Environmental earth sciences**, v. 70, n. 7, p. 3255-3266, 2013.

SILVA, R. M.; PAIVA, F. M. D. L.; SANTOS, C. A. G. Análise do grau de erodibilidade e perdas de solo na bacia do Rio Capiá baseado em SIG e Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física, Recife**, v. 2, n. 1, p. 26-40, 2009.

SERGIO, J.; COSTA, C. A. G.; TEIXEIRA, A.; ORTEGA, E. Aplicação da USLE e SIG na caracterização de três micro bacias hidrográficas no Brasil. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 6, n. 2, p. 213-221, 2008.

SANTOS, F. D. A.; AQUINO, C. M. S. Erosividade das chuvas (R) nos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí, no estado do Piauí (Brasil). **Geoambiente On-line**, n. 25, 2015.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, D.C, United States Department of Agriculture, 58p. (Agriculture handbook, 537), 1978.