

## **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL NATURAL À EROSÃO HÍDRICA NA BACIA DO RIO NIOAQUE**

## **EVALUATION OF NATURAL POTENTIAL TO WATER EROSION IN THE NIOAQUE RIVER BASIN**

**Me. Karina dos Santos Falcão**

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Aquidauana / MS

[falcao\\_karina@hotmail.com](mailto:falcao_karina@hotmail.com)

**Dr. Emerson Figueiredo Leite**

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Aquidauana / MS

### **RESUMO**

A identificação de áreas suscetíveis à erosão é fundamental para a adoção de práticas de conservação do solo, de modo a mitigar os processos erosivos ou mesmo como ferramenta para o planejamento futuro de uso solo na bacia de acordo com seu potencial. Assim, o objetivo deste trabalho é estimar o potencial natural à erosão hídrica, calculado por meio dos parâmetros físicos da equação universal de perda de solo: erosividade (fator R), fator topográfico (fator LS) e erodibilidade (fator K), na bacia hidrográfica do Rio Nioaque – MS. Utilizou-se técnicas de geoprocessamento e rotinas computacionais realizadas pelo programa QGis 2.14.0. O fator R, resultou da soma dos valores mensais dos Índices de Erosão ( $EI_{30}$ ) para a região. O fator LS foi estabelecido a partir dos modelos digitais de elevação e o fator K identificado conforme a classificação dos solos na localidade. Através dos resultados, a área da bacia hidrográfica não apresenta alto potencial à erosão hídrica. Existe uma predominância das áreas de baixo potencial (92% da área total), ocupada por pastagens as quais mantém a cobertura vegetal, sendo eficiente no controle da erosão. As áreas com potencial moderado e forte correspondem aproximadamente a 8% da área total, e requerem medidas preventivas para se evitar o aparecimento e o desenvolvimento de processos erosivos evoluídos, como ravinas e voçorocas. O maior potencial a erosão foi verificado nas regiões de cota mais alta da bacia. Nesse contexto, o fator LS é o que mais contribuiu para a erosão potencial hídrica na bacia.

**Palavras-chave:** Risco de Erosão; Perdas de Solo; QGis; USLE.

### **ABSTRACT**

The identification of areas susceptible to erosion is fundamental to the adoption of soil conservation practices in order to mitigate the erosive processes or even as a tool for future planning of soil use in the basin according to its potential. Thus, the objective of this work is to estimate the natural potential for water erosion, calculated using the physical parameters of

the universal soil loss equation: erosivity (R factor), topographic factor (LS factor) and erodibility (factor K) of the Nioaque River - MS. We used geoprocessing techniques and computational routines performed by the program QGIS 2.14.0. The R factor was the sum of the monthly values of the Erosion Indices (EI30) for the region. The LS factor was established from the digital elevation models and the factor K identified according to the classification of the soils in the locality. Through the results, the watershed area does not present high potential to water erosion. There is a predominance of areas of low potential (92% of the total area), occupied by pastures which maintains the vegetation cover, being efficient in erosion control. Areas with moderate and strong potential correspond to approximately 8% of the total area, and require preventive measures to avoid the emergence and development of evolving erosive processes, such as ravines and gullies. The greatest potential for erosion was observed in the regions with the highest elevation of the basin. In this context, the LS factor is the one that contributed the most to the potential erosion in the basin.

**Keywords:** Erosion Risk; Soil Losses; QGIS; USLE.

## 1.INTRODUÇÃO

A preocupação com a conservação dos recursos naturais vem-se tornando cada vez mais importante devido ao uso e ocupação do solo desordenado e a utilização inadequada dos recursos ambientais. As práticas de conservação do solo, os métodos de avaliação de impactos ambientais e quantificação das perdas de solo, são ferramentas de grande uso na definição do zoneamento agroambiental (MELLO *et al.*, 2006).

A erosão dos solos é um dos mais importantes problemas ambientais, capaz de atingir centros urbanos, áreas naturais e regiões agrícolas. Em áreas agrícolas especialmente, representa um grande prejuízo tanto ambiental quanto econômico (LEPSCH, 2010). Em solos tropicais, a erosão hídrica ocorre com maior frequência devido às taxas elevadas de precipitação e a alta capacidade de remoção e transporte de sedimentos (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2014).

A bacia hidrográfica é a unidade a ser considerada para avaliar os efeitos dos sistemas de manejo do solo a qualidade e quantidade de material descartado durante eventos erosivos (ALVAREZ *et al.*, 2014). O manejo inadequado do solo favorece o transporte de sedimentos, nutrientes e matéria orgânica pela erosão hídrica, até atingir as áreas de recarga de uma bacia hidrográfica. Este fenômeno pode desencadear uma série de problemas econômicos e ambientais, redução na produtividade agrícola e na qualidade do abastecimento de água (BISPO *et al.*, 2017). A agropecuária intensiva, com o uso e o manejo muitas vezes inadequados do solo, ocorre a substituição da cobertura de vegetação natural de grandes áreas, e disso decorre o processo de degradação do solo e dos recursos hídricos. Essa deterioração

tem como consequência uma série de mudanças físicas, químicas, biológicas e hidrológicas, provocando a diminuição da capacidade produtiva do solo (PANACHUKI, 2003).

O quadro atual de degradação das terras agrícolas requer o desenvolvimento de modelos de predição e quantificação das perdas de solo por erosão que possibilitem a adoção de sistemas de cultivo e manejo do solo, bem como de práticas conservacionistas adequadas que reduzam este processo em intensidade, aumentem a produtividade agrícola e a renda no campo (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Os métodos diretos para determinação da erosão hídrica requerem experimentos permanentes com coletas contínuas de dados, sendo considerados morosos e de elevado custo. Deste modo, modelos matemáticos de estimativas da erosão visam diminuir estas limitações, e são reconhecidos como importantes ferramentas para o planejamento agrícola e ambiental (BARROS *et al.*, 2018).

O modelo mais conhecido e utilizado na estimativa de erosão é a Equação Universal de Perda de Solo (USLE), desenvolvida Wischmeier & Smith (1978), cujas variáveis são: a erosividade da chuva (R), a erodibilidade do solo (K), o comprimento de rampa (L) e declividade do terreno (S), o uso e manejo do solo (C) e as práticas conservacionistas (P). Bertoni e Lombardi Neto (2014) são os principais autores responsáveis pela aplicação da Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE) no Brasil, ajustada para as condições locais.

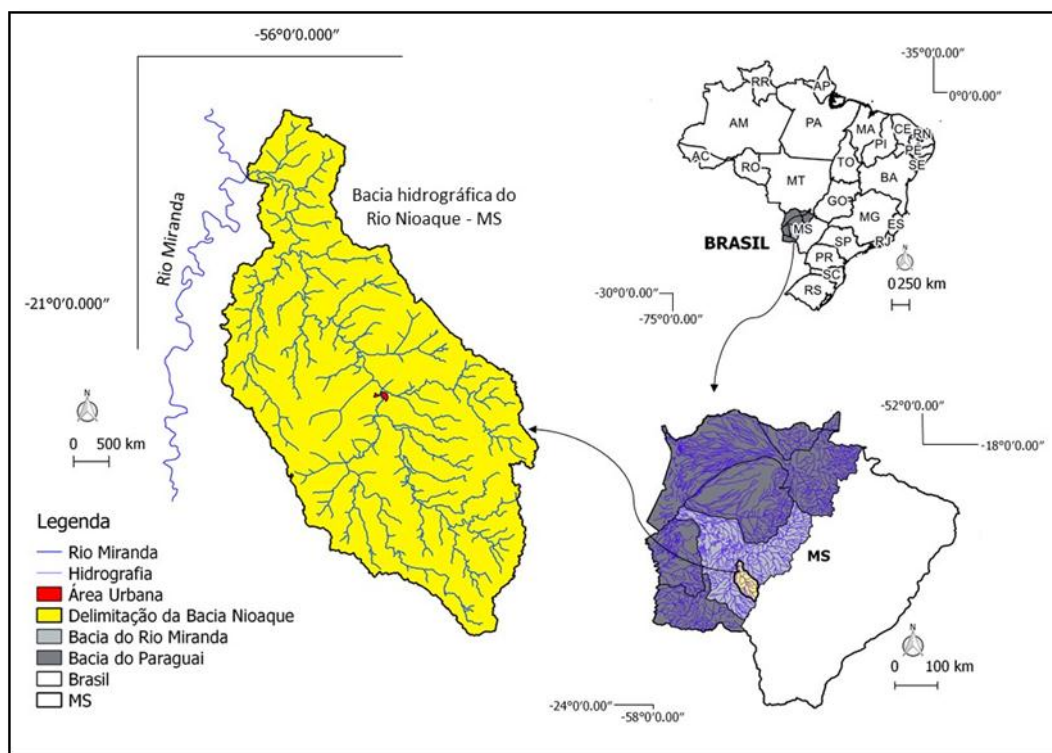
A RUSLE quando associada ao Sistema de Informação Geográfica, possibilita realizar a modelagem da erosão hídrica e visualizar sua distribuição na bacia hidrográfica. Além disso, permite a identificação de áreas prioritárias em termos de conservação do solo e possibilita a análise de extensas bases de dados atuando em forma conjunta (BARROS *et al.*, 2018). O Potencial Natural à Erosão (PNE) é avaliado a partir dos fatores físicos da Equação Universal das Perdas de Solo, considerando: erosividade das chuvas, declividade do terreno, comprimento das rampas e erodibilidade dos solos, correspondendo às estimativas de perdas de solo em áreas destituídas de cobertura vegetal e sem qualquer intervenção antrópica (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Eventos intensos de precipitação são responsáveis pela maior parte da erosão do solo e transporte de sedimentos (GOOVAERTS, 1999). Assim, obter o valor da erosividade da chuva é essencial para avaliar o risco de erosão do solo e para apoiar o planejamento de conservação do solo e da água (OLIVEIRA *et al.*, 2011). A distribuição sazonal das chuvas no estado do Mato Grosso do Sul é caracterizada por um período úmido que se estende de

setembro a maio com 91,76% da precipitação anual no estado, com máxima precipitação média total para o período de 2100 mm, em estudos realizados entre os anos 1977 à 2006 (MARCUIZZO *et al.*, 2010).

Diante do exposto, o objetivo da presente proposta é estimar o Potencial Natural à Erosão hídrica, considerando os aspectos do solo, clima e relevo da bacia hidrográfica do Rio Nioaque - MS, com uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

A bacia hidrográfica do Rio Nioaque (Figura 1) está localizada no Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. A área de estudo está compreendida pelos paralelos 20°35' e 21°35' S e meridianos 55°30' e 56°10' W, com área de aproximadamente 3260 km<sup>2</sup>, abrangendo o município de Nioaque, Maracaju e Anastácio. O Rio Nioaque tem grande importância como afluente da margem direita do Rio Miranda, e este por sua vez, afluente da margem esquerda do Rio Paraguai. A bacia hidrográfica do Rio Nioaque exerce papel importante como tributário Rio Miranda, carreando sedimentos e poluentes das diversas e complexas formas de uso e ocupação da terra no interior de sua bacia. Como formação vegetal a bacia hidrográfica apresenta áreas com remanescentes de Floresta Estacional Semi-Decidual, Savana-Cerrado e áreas de tensão entre Savana Arbórea Densa e Floresta Estacional (LEITE & ROSA, 2009).



**Figura 1:** Localização e delimitação da Bacia hidrográfica do rio Nioaque – MS.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Potencial Natural à Erosão

A partir da Equação Universal de Perdas de Solo, ao isolarmos os fatores condicionantes do meio físico, é possível determinar o Potencial Natural à Erosão - PNE (equação 1). Assim, o PNE é obtido pelos fatores R, K, L e S que exprimem as condições naturais do clima, do solo e do terreno, possibilitando a identificação de áreas de maior risco aos processos erosivos, em áreas continuamente destituídas de cobertura vegetal e sem qualquer intervenção antrópica (VALÉRIO FILHO, 1994). A determinação do potencial natural à erosão da bacia de estudo foi desenvolvida no programa computacional QGIS 2.14.0.

$$PNE = R \cdot K \cdot LS \quad (\text{Eq.1})$$

Em que:

PNE = potencial natural à erosão ( $t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ );

R = fator erosividade ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}$ );

K = fator erodibilidade ( $t \text{ h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ );

LS = fator topográfico (adimensional).

Devido à ausência de pluviógrafos na bacia hidrográfica do Rio Nioaque e adjacências, foi utilizada a metodologia de Oliveira *et al.* (2011) para determinar a erosividade anual das chuvas (Fator R) nas estações pluviométricas localizadas nessa região. O valor do fator R é resultante da soma dos valores mensais dos Índice de Erosão ( $EI_{30}$ ) obtido por meio da Equação 2, desenvolvida para o estado de Mato Grosso do Sul:

$$EI_{30} = 138,338 \left( \frac{Pm^2}{Pa} \right)^{0,74} \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que:

$EI_{30}$  = média mensal do índice de erosão, em  $\text{MJ mm}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ;

Pm = precipitação média mensal em milímetros

Pa = precipitação média anual em milímetros.

Os solos da bacia foram extraídos pelo projeto SOMABRASIL realizado pela EMBRAPA (2016), a partir da base cartográfica vetorial no formato *shapefile*. Após identificação das classes de solo, foi possível determinar a erodibilidade dos solos, fator K, classificado indiretamente segundo Bertoni & Lombardi Neto (2014) em um declive qualquer

em relação às perdas de solo correspondentes a uma parcela unitária de 25 m de comprimento com 9% de declive (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2014). A USLE em sua concepção original deve ser aplicada somente em locais que apresentam encostas curtas. Assim, bacias hidrográficas por apresentarem relevo complexo, dificulta a definição do fator LS. No entanto, o desenvolvimento de metodologias apoiado com o uso de SIG e Modelos Digitais de Elevação (MDE) tem permitido a obtenção do fator LS nestas unidades ambientais (GALDINO, 2015).

O potencial topográfico, fator LS foi obtido com o uso da ferramenta computacional denominada como calculadora raster, implementada no programa computacional QGis 2.14.0, conforme método adaptado por Engel (2003), representado pela equação 3. Na estimativa do LS, foi utilizado leitura de Modelos Digital de Elevação (MDE), disponibilizados gratuitamente pelo projeto TOPODATA do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com resolução espacial de 30 metros. A partir do MDE tem-se a grade de área de contribuição e a declividade, que são os planos de informação necessários para obtenção do fator.

$$LS = \left[ FA \cdot \left( \frac{CS}{22,13} \right) \right]^{0,4} \cdot \left[ \frac{\text{sen}(S)}{0,0896} \right]^{1,3} \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que:

FA = acúmulo de fluxo ou área de contribuição; em metros

CS = tamanho da célula do modelo digital de elevação, correspondente a 30 metros de resolução espacial da imagem de acúmulo de fluxo; em metros

S = declividade em radianos, calculada para cada *pixel*.

A partir da determinação dos fatores R – erosividade da chuva, K – erodibilidade do solo e LS – fator topográfico foi possível realizar o Potencial Natural de Erosão. O cruzamento dos fatores da PNE para geração desta carta foi realizado no *software* QGis 2.14.0 através do comando “calculadora raster”. O mapa de Potencial Natural de Erosão foi classificado qualitativamente de acordo com a classificação proposta por Silva (2008), relacionando a PNE com as perdas de solo anuais presente na bacia.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A erodibilidade é a vulnerabilidade do solo aos processos erosivos, intrínseca a cada tipo de solo. Solos com alta erodibilidade sofrerá maior suscetibilidade a ação erosiva quando

comparado com um de baixa erodibilidade, mesmo que ambos estejam expostos as mesmas condições de chuva, declividade, cobertura vegetal e práticas de manejo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2014).

Os solos da bacia foram classificados como: Latossolo Vermelho Distrófico, Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Neossolo Litólico Eutrófico e Nitossolo Vermelho. Na Tabela 1, é observado as classes de solo com suas respectivas áreas ocupadas na bacia e a erodibilidade (K) para cada classe de solo.

Tabela 1: Valores de K para cada classe de solo

<i>Classes de Solo</i>	<b>K</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
<i>Latossolo Vermelho Distrófico</i>	0,0123	1,40	42,63
<i>Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico</i>	0,0340	1,148	35,14
<i>Neossolo Litólico Eutrófico</i>	0,0351	0,473	14,47
<i>Nitossolo Vermelho Eutrófico</i>	0,0180	0,252	7,72

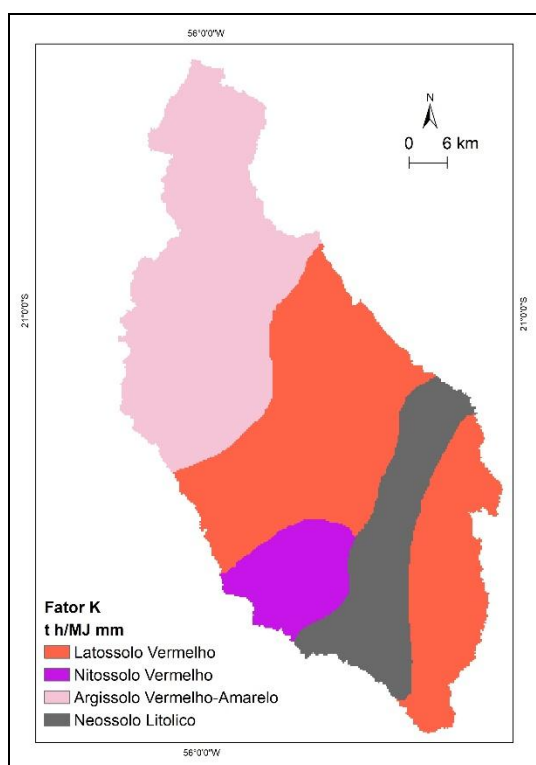
Fonte: Bertoni e Lombardi Neto (2014)

O fator K da bacia do Rio Nioaque apresentou diferentes distribuições na área em estudo. Deste modo, verificamos que 42,63% desta apresentou índice de erodibilidade de 0,0123 t h MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>; o segundo índice com maior incidência na bacia foi de 0,0340 t h MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> ocupando 35,14% da área da bacia; seguido dos valores de 0,0351 t h MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> em 14,47% e 0,0180 t h MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> em 7,72% no território da bacia. As distribuições das classes de solo são representadas na Figura 2.

A classe de Latossolo Vermelho distrófico (LV) ocupa 42,63 % da área, localizado na parte central e ao sudeste da bacia (Figura 2). Apresentam baixa erodibilidade, são profundos e bem drenados, com alto grau de intemperismo e, em sua maioria, formados em relevo plano. Embora apresente fatores favoráveis ao sistema produtivo, são solos susceptíveis à compactação devido sua constituição granulométrica. Apresentam argila com alto grau de floculação que se comportam como silte e facilita a formação de crosta na superfície. Assim, deve ser adotado boas práticas de manejo de modo que favoreça a cobertura vegetal em sua superfície, com objetivo de suavizar os agentes erosivos na bacia.

Os Argissolos Vermelho-Amarelo (PVA) e os Neossolos Litólico (RL) oferecem o maior grau de erodibilidade e juntos representam 49,61% na área da bacia. Os Argissolos estão situados na porção norte abrangendo a foz da bacia, enquanto os Neossolos estão localizados ao sul, próximos às serras com declive acentuado. Terassi *et al.* (2014) em

estudos, avaliaram a estabilidade de agregados e suas relações com a erodibilidade de diferentes solos. Como resultado, os autores constataram que o Argissolo Vermelho e o Neossolo Quartzarênico apresentaram maior instabilidade de agregados e maiores perdas de solo; enquanto o Latossolo Vermelho apresentou menor vulnerabilidade. Mesmo que apresente alta vulnerabilidade aos processos erosivos, este único elemento não foi capaz de causar erosão, devido à eficiência das práticas conservacionistas adotadas na área, como a presença da cobertura vegetal proporcionada pelas pastagens e a baixa declividade encontrada na bacia.



**Figura 2:** Fator erodibilidade (K) na bacia hidrográfica do Rio Nioaque – MS.

A erosividade da chuva (fator R) é um índice numérico que expressa a capacidade da chuva, esperada para uma dada localidade, de causar erosão em uma área sem proteção vegetal (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2014). No entanto, a erosividade depende de características físicas, como tamanho, forma e velocidade das gotas de chuva quando chegam ao solo, sendo um dos fatores mais difíceis de se prever e controlar (AQUINO *et al.*, 2013).

A capacidade da chuva em provocar erosão depende da distribuição pluviométrica, mais ou menos regular, no tempo e no espaço, e de sua intensidade, por sua vez, influência

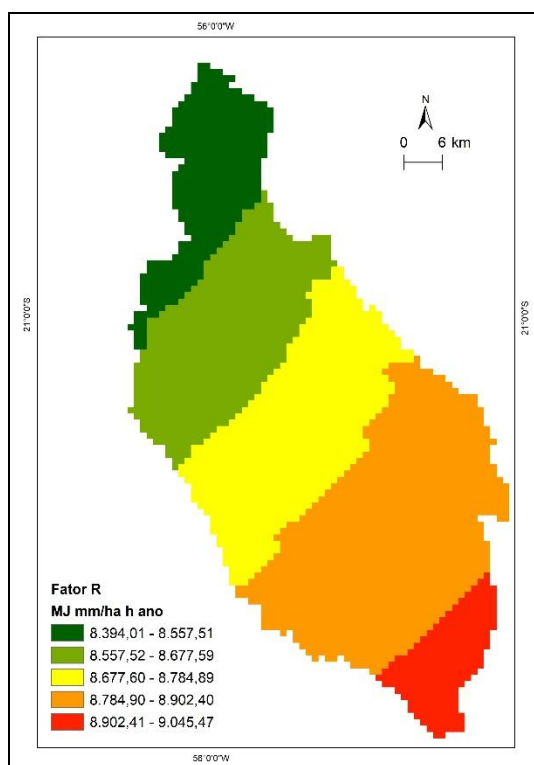


nas taxas de infiltração reduzindo-as, a partir da saturação do solo, e no escoamento superficial, quando a capacidade de infiltração é excedida (CUNHA & GUERRA, 2004).

A expressão do potencial de erosão de uma chuva refere-se à perda de solo por unidade de área que pode ser esperada de uma chuva caindo em área completamente desprovida de cobertura e resíduos vegetais, mas sofrendo os mesmos tipos de operações culturais do solo cultivado (LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER, 1992).

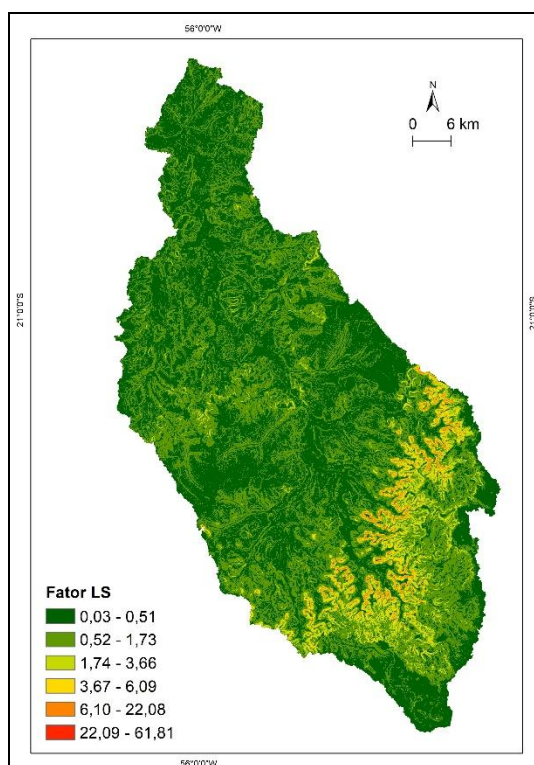
A erosividade das chuvas para a bacia hidrográfica do Rio Nioaque, Figura 3, variou entre 8.394 a 9.045 MJ mm/ha h ano. Segundo Silva *et al.* (2007) a erosividade na bacia pode ser classificada como forte, estabelecida na faixa de  $7.357 < R \leq 9.810$  MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano. Pinheiro *et al.* (2018) corroboram com estes dados. Alfonso *et al.* (2004) analisaram a predisposição a perdas de solo na Bacia Hidrográfica do Alto Taquari, aplicaram a metodologia Lombardi Neto, e na determinação de valores anuais de erosividade, verificaram uma erosividade anual média elevada, considerando os 7.914,3 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano para a bacia em questão.

Machado *et al.* (2014) para área na mesma localidade, Bacia Hidrográfica do Rio Taquarizinho, sub-bacia do Rio Taquari, encontraram índices de erosividade média anual, para precipitações do período de 2006 a 2009, de 10.440 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano. Rebutti *et al.* (2009) encontraram valores de 4147 a 11374 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano para Mato Grosso do Sul, com valores mais baixos concentrados na porção noroeste e os valores mais altos na região nordeste. Oliveira *et al.* (2012) realizaram estudo de erosividade para o Estado de Mato Grosso do Sul, que apresenta índices variando de 5.770 a 13.601 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano, com as menores taxas na porção sudoeste e as maiores na porção nordeste do Estado.



**Figura 3:** Mapa do fator erosividade (R) na bacia hidrográfica do Rio Nioaque – MS.

Através da Figura 4 observamos a distribuição do fator topográfico LS. Os resultados associados ao fator LS indicam que seus valores variaram de 0,03 a 61,81 para a Bacia do Rio Nioaque. A região de maior altitude na bacia apresentou o maior valor de LS, condição de relevo que favorece a erosão hídrica, localizada em uma pequena faixa o centro sul da bacia. Ao observarmos as condições da topografia, o potencial erosivo das chuvas e a vulnerabilidade dos solos à erosão, constatamos que o potencial natural à erosão na bacia do Rio Nioaque é altamente favorável a uma pequena faixa representada pela cor vermelha. Isso significa que nesta área devem ser adotadas práticas vegetativas com o objetivo de reduzir o impacto direto das gotas de chuva de maior intensidade e as ações erosivas, tendo em vista o predomínio de pastagens na região.

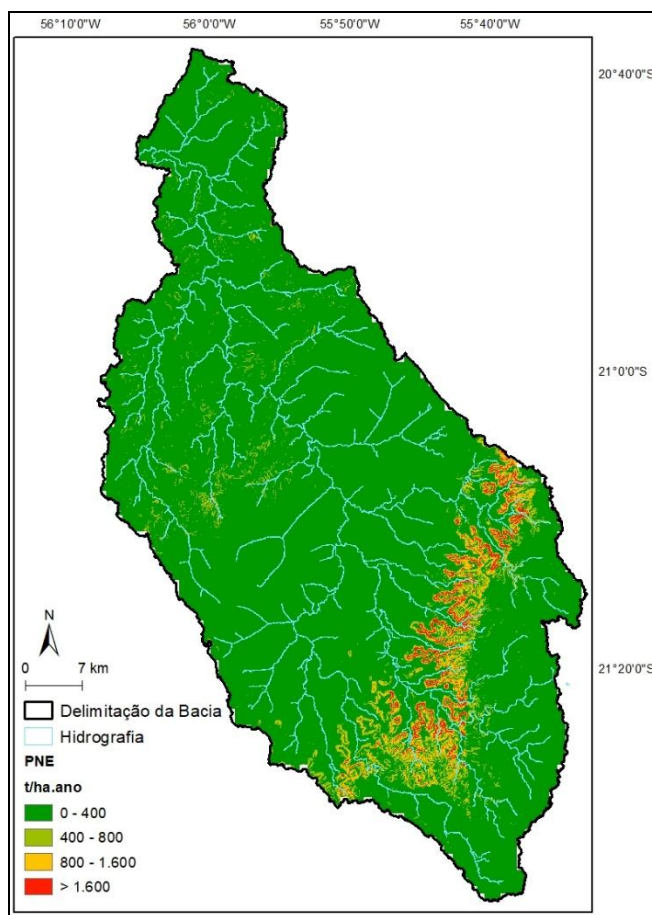


**Figura 4:** Mapa do fator LS na bacia hidrográfica do Rio Nioaque – MS.

Como a erosão é um processo predominantemente de superfície, as condições físicas da camada superficial do solo, externas e internas, influenciarão na resistência do solo à ação erosiva da chuva e da enxurrada, na facilidade de infiltração da água e no seu movimento no interior do solo, resultando em maior ou menor perda de solo e água por erosão hídrica (BAGATINI *et al.*, 2011). Deste modo, o preparo e manejo do solo e a erosão estão intimamente relacionadas. As perdas de solo aumentam rapidamente até níveis inaceitáveis, quando se utilizam práticas inadequadas de manejo. As operações de preparo do solo influenciam fortemente a erosão hídrica das áreas cultivadas, alterando o microrrelevo e a cobertura por resíduos vegetais, promovendo a exposição da superfície do solo à ação da chuva e da enxurrada (PANACHUKI *et al.*, 2011). Silva *et al.* (2011) ressaltam que a erosão dos solos é extremamente variável devido as diferenças nas condições da superfície, ou seja, das características do solo e das condicionantes climáticas da região, que afetam diretamente o escoamento superficial. De acordo com Gomes *et al.* (2012) quanto mais densa a cobertura vegetal maior o grau de proteção dada ao solo, quando avaliado a susceptibilidade a ocorrência de processos erosivos.

O agente mais importante na taxa de infiltração é a cobertura vegetal que está presente no solo durante a chuva. Chuvas de elevada intensidade ocorridas em situações em que o solo está ausente de cobertura vegetal são mais propícias a desencadear os processos erosivos devido a exposição do solo ao impacto direto das gotas de chuva em sua superfície (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990). Além do mais, a presença de resíduos vegetais sobre o solo reduz a capacidade de transporte do fluxo superficial, diminui a taxa de desagregação do solo e conseqüentemente, as perdas de solo e água. As perdas de solo são menores em áreas que apresentam maior percentagem de cobertura vegetal sobre o solo.

O maior potencial a erosão é verificado nas regiões de cota mais alta da bacia. Nesse contexto, o fator LS é o que mais contribuiu para a erosão potencial hídrica na bacia. Nesta área, o PNE (Figura 5) atingiu valores já considerados elevados, sendo superior a  $1600 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Valores semelhantes aos encontrados por Moraes & Sales (2017), na bacia hidrográfica do Alto Gurguéia, Piauí, com  $1600 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , correspondendo a 6,4% da área total estudada; enquanto o PNE do Rio Passa Cinco, SP por Carvalho *et al.* (2010) possui intervalo de classes entre 500 a maiores de  $5.000 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Segundo os autores, as variações observadas nos valores do PNE estão associadas à declividade e a susceptibilidade dos solos à erosão. Deste modo, fica explícito o quanto o PNE apresenta comportamento único a depender dos fatores expressos em sua localidade.



**Figura 5:** Potencial Natural à Erosão Hídrica (PNE) na bacia hidrográfica do Rio Nioaque – MS.

A faixa de maior representatividade (92%) das perdas de solo é caracterizada por relevo plano e de baixa altitude classificada como PNE fraco e de perdas anuais de solo entre 0 a 400 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Valores próximos ao encontrado por Alfonso *et al.* (2004) na bacia do alto Taquari, MS, correspondendo ao valor médio de 555,6 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, sendo consideradas áreas que apresentam baixas restrições ao uso e ocupação e exige manutenção mínima.

Em termos gerais, as perdas de solo presente na bacia possuem valor médio de 400 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, classificadas como “fraca”; “moderada” se apresentam em 96,42% de toda a área; enquanto as classes “moderada a forte” e “forte” correspondem a 3,54%.

**Tabela 2: Classificação e percentuais de incidência do PNE na bacia do Nioaque**

Nível	Perdas de Solo (t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Tipo de Erosão	km <sup>2</sup>	%
1	0 - 400	Fraco	2974,0347	92,023
2	400 - 800	Moderada	142,4862	4,409
3	800 - 1600	Moderada a Forte	79,1404	2,449
4	> 1600	Forte	35,7143	1,105

Fonte: Adaptado por Silva (2008)

A região da maior classe de PNE na bacia do Nioaque é constituída por Neossolo Litólico, situado na área de maior declive e altos índices de erodibilidade. O conjunto destes fatores, isolados da ação antrópica, já estão condicionados a sofrerem naturalmente a ação da erosão hídrica. Dessa forma, a consequente substituição da vegetação nativa por pasto neste ambiente pode contribuir para o aumento da fragilidade e ação de processos erosivos. Esta substituição aliada as más condições de manejo e uso do solo gera compactação ao solo, redução da capacidade de infiltração das águas, diminui a produção agropecuária, além de transportar defensivos agrícolas e matéria orgânica, acarretando perdas de solo e água. Este processo reflete diretamente no assoreamento das partes baixas do canal de drenagem. Assim, sugere-se o uso de práticas mecânicas, como o terraceamento em áreas de maior declividade para diminuição da energia de escoamento.

Para Yassuda (1993), a bacia hidrográfica é o palco unitário de interação da água com o meio físico, o meio biótico e o meio social, econômico e cultural. Porto e Porto (2008) definem o território de uma bacia hidrográfica o local onde se desenvolvem as atividades humanas, seja as áreas urbanas, industriais, agrícolas ou destinadas a preservação. Os principais problemas de gestão na bacia encontram-se a limitada quantidade e qualidade de água e, em respostas a essas causas, há interferências na saúde humana e saúde pública, com deterioração da qualidade de vida e do desenvolvimento econômico e social, à geração de energia, produção de alimentos e a sustentabilidade da biodiversidade (TUNDISI, 2008).

Assim, com as informações obtidas neste estudo por meio do GIS, nos permitiu a construção do potencial natural à erosão presente na bacia, expondo as áreas de maior suscetibilidade de modo a mitigar os processos erosivos ou mesmo como ferramenta para o planejamento futuro de uso solo na bacia de acordo com seu potencial de uso.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Solos de alta erodibilidade recobrem 49,61% da área total da bacia, representados pelas classes dos argissolo vermelho-amarelo e neossolo litólico. Embora apresente alta vulnerabilidade, este único elemento não foi capaz de causar erosão, devido a eficiência das práticas conservacionistas adotadas na área;

A erosividade é considerada forte na bacia hidrográfica do Rio Nioaque, estabelecida na faixa de  $7.357 < R \leq 9.810 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}$ ;

O fator LS do PNE é o que mais influência nas perdas de solo;

Através da análise dos resultados obtidos, a área da bacia do Rio Nioaque não apresenta áreas com alto potencial à erosão hídrica. Existe uma predominância das áreas de baixo potencial (92% da área total), ocupada por pastagens as quais mantêm a cobertura vegetal. As áreas com potencial moderado e forte correspondem aproximadamente a 8% da área total, tamanho irrelevante em nível de bacia, e estas sim requerem medidas preventivas para se evitar o aparecimento e o desenvolvimento de processos erosivos evoluídos, como ravinas e voçorocas.

## REFERÊNCIAS

ALFONSO, Risso et al. Erosão potencial laminar hídrica na bacia do Alto Taquari, **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 9, n.2, p. 125-133, 2004. Disponível em: <<https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=32&SUMARIO=503>>. Acesso em: 21 set. 2018.

ALVAREZ, Jimmy Walter Rasche et al. Erosão hídrica e perda de sedimento, água e nutrientes durante eventos pluviais em duas bacias hidrográficas rurais. **Investigación Agraria**, v. 16, p. 113-123, 2014. Disponível em: <[http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2305-06832014000200006&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2305-06832014000200006&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 01 out. 2018.

AQUINO, Freitas et al. Soil losses from Typic Cambisols and Red Latosol within three different erosive rainfall patterns. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 213-220, 2013. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832013000100022](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832013000100022)>. Acesso em: 01 out. 2018.

BAGATINI, Tatiane et al. Perdas de solo e água por erosão hídrica após mudança no tipo de uso da terra, em dois métodos de preparo do solo e dois tipos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, p. 999-1011, 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832011000300034&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832011000300034&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 03 set. 2018.

BARROS, Enicléia Nunes de Sousa et al. Modelagem da erosão hídrica nas bacias hidrográficas dos rios Lontra e Manoel Alves Pequeno, Tocantins. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, v. 13, p. 1-9, 2018. Disponível em: <[http://agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria\\_v13i1a5509](http://agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v13i1a5509)>. Acesso em: 01 out. 2018.

BERTONI, Jose; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone, 1990, 355 p.

BERTONI, Jose; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do solo**. 9. ed. São Paulo: Ícone, 2014. 355 p.

BISPO, Diêgo Faustolo Alves et al. Soil, water, nutrients and soil organic matter losses by water erosion as a function of soil management in the Posses sub-watershed, Extrema, Minas Gerais, Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, p. 1813-1824, 2017. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/26562>>. Acesso em: 01 out. 2018.

BRAIDA, João Alfredo; CASSOL, Elemar Antônio. Relações da erosão em entressulcos com o tipo e com a quantidade de resíduo vegetal na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 711-721, 1999. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06831999000300026&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06831999000300026&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 01 out. 2018.

CARVALHO, Elisângela Martins et al. Utilização do geoprocessamento para avaliação de riscos de erosão do solo em uma bacia hidrográfica: estudo de caso da bacia do rio Passa Cinco/SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 3, 2010, Recife. **Anais...** Recife: UFPE, 2010. p. 1 – 8. Disponível em: <[https://www3.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO\\_CD/artigos/CartografiaeSIG/SIG/A\\_10\\_1.pdf](https://www3.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/CartografiaeSIG/SIG/A_10_1.pdf)>. Acesso em: 28 set. 2018.

CUNHA, Sandra Batista; GUERRA, Antônio José Teixeira. Degradação Ambiental. In.: Guerra, Antonio José Teixeira; Cunha, Sandra Baptista da; **Geomorfologia e meio ambiente**. 5ª Ed., Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2004, pag. 337-351.

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. **Sistema de Observação e Monitoramento da Agricultura no Brasil: SOMABrasil**. 2014. Disponível em: <<http://mapas.cnpm.embrapa.br/somabrasil/webgis.html>> Acesso em: 23 de maio de 2018.

ENGEL, Bernie. Estimating soil erosion using RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) and the ArcView. **Purdue**: Purdue University. 2003. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/268419218\\_Estimating\\_soil\\_erosion\\_using\\_RUSLE\\_Revised\\_Universal\\_Soil\\_Loss\\_Equation\\_using\\_ArcView](https://www.researchgate.net/publication/268419218_Estimating_soil_erosion_using_RUSLE_Revised_Universal_Soil_Loss_Equation_using_ArcView)>. Acesso em: 15 set. 2018.

GALDINO, Sergio. Distribuição espacial do fator topográfico da Rusle na Bacia do Alto Paraguai. Campinas, SP: **Embrapa Monitoramento por Satélite**, 2015. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 30). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1035988/distribuicao-espacial-do-fator-topografico-da-rusle-na-bacia-do-alto-paraguai>>. Acesso em: 01 out. 2018.

GOMES, Ronaldo Lima et al. Aspectos físico-ambientais e de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Almada-BA, **Boletim Geografia**, v. 30, n. 2, p. 45-57, 2012. Disponível em: <<http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/16423>>. Acesso em: 18 set. 2018.

GOOVAERTS, Pierre. Using elevation to aid the geostatistical mapping of rainfall erosivity. **Catena**, Amsterdam, v.34, n.16, p.227-242, 1999. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/a747/643267929830e615b86953bb64951f2a75ae.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2018.



INCRA, 2012. Instituto de Colonização e Reforma Agrária: Reforma Agrária. **Elaboração de Mapas Temáticos no Quantum GIS – 5ª versão**. 2012. Disponível em: < <http://www.incra.gov.br/servicos/publicacoes/manuais-e-procedimentos/file/1193-apostila-qgis-incra-5-versao>>. Acesso em: 2 out. 2018.

LEITE, Emerson Figueiredo; ROSA, Roberto. Caracterização do uso e ocupação da Terra e análise dos remanescentes florestais da bacia hidrográfica do Rio Nioaque utilizando geotecnologias. In: 12 ENCUESTRO DE GEOGRAFOS DE AMERICA LATINA, 2009, MONTEVIDEO/URUGUAY. **Anais...** 12 Encuentro de Geografos de America Latina - Caminando en una América Latina en transformación. Montevideo/Uruguay, 2009. Disponível em: < <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Nuevastecnologias/Teledeteccion/11.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2018.

LEPSCH, Igo Fernando. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178 p.

LEPSCH, Igo Fernando. **Formação e conservação dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2010.

LOMBARDI NETO, Francisco; MOLDENHAUER, Willian Calvin. Erosividade da Chuva: Sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP), **Bragantia**, Campinas, 51(2):189-196, 1992. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87051992000200009&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87051992000200009&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 03 set. 2018.

MACHADO, Daniel Okamoto; SOBRINHO, Teodorico Alves; RIBEIRO, Aline da Silva; IDE, Carlos Nobuyoshi; OLIVEIRA, Paulo Tarso Sanches. Erosividade da Chuva para o bioma Pantanal. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Vol. 19, n.2, abr/jun de 2014, 195-202. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/esa/v19n2/1413-4152-esa-19-02-00195.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2018.

MARCUZZO, Francisco Fernando Noronha et al. Anomalias na precipitação pluviométrica no bioma do Pantanal Sul-Mato-Grossense. Repositório Institucional de Geociências. In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Anais...** Repositório Institucional de Geociências, p.1-9, 2010. Disponível em: < <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/1062>>. Acesso em: 01 out. 2018.

MELLO, Gláucia; BUENO, Célia; PEREIRA, Gener. Variabilidade espacial de perdas de solo, do potencial natural e risco de erosão em áreas intensamente cultivadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 315–322, 2006. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n2/v10n2a10>>. Acesso em: 22 set. 2018.

MORAIS, Chagas de Sousa; SALES, Marta Celina Linhares. 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**, v. 27, n. 1, 2017. Disponível em: < <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.2318-2962.2017v27nesp1p84>>. Acesso em: 19 set. 2018.

OLIVEIRA, Francienne Gois; SERAPHIM, Odivaldo José; BORJA, Manuel Esteban Lucas. Estimativa de perdas de solo e do potencial natural de Erosão da bacia de contribuição da microcentral Hidrelétrica do lageado, botucatu – SP. **Engenharia Agrícola**, v. 30, p. 302–309, 2015. Disponível em: < <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/1555>>. Acesso em: 10 set. 2018.

OLIVEIRA, Paulo Tarso Sanches et al. Spatial variability of the rainfall erosive potential in the State of Mato Grosso do Sul, Brazil, Brazil. **Engenharia Agrícola**, v. 32, p. 69–79, 2011. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162012000100008](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162012000100008)>. Acesso em: 01 out. 2018.

PANACHUKI, Eloi. **Infiltração de água no solo e erosão hídrica, sob chuva simulada, em sistema de integração agricultura-pecuária**. 2003. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Dourados, 2003. Disponível em: < <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/daniel/Downloads/Material/Teses%20Orientadas/Tese%20Infiltracao%20de%20agua%20no%20solo.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2018.

PANACHUKI, Eloi et al. Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 1777-1785, 2011. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n5/a32v35n5.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2018.

PINHEIRO, Antonio Gebson et al. Eficiência da cobertura vegetal na redução das perdas de água e solo no município de Iguatu. **Irriga**, Botucatu, v. 23, n. 1, p. 133-142, 2018. Disponível em: < <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/2321>>. Acesso em: 03 set. 2018.

PORTO, Monica; PORTO, Rubem La Laina. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**. v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142008000200004](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200004)>. Acesso em: 17 set. 2018.

REBUCCI, Lais Cristina Soares et al. Erosividade das Chuvas no Estado de Mato Grosso do Sul. **Anais... XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. 22 a 26 de novembro de 2009, Campo Grande – MS. Disponível em: < [http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/3932/1/2009\\_CristianaOliveiraSilvadeAlmeida.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/3932/1/2009_CristianaOliveiraSilvadeAlmeida.pdf)>. Acesso em: 01 out. 2018.

SILVA, Alexandre Marco; SCHULZ, Harry Edmar; CAMARGO, Plínio Barbosa. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. 2ª edição: revisada e ampliada. ed. São Carlos - SP: Rima, 2007. 153 p.

SILVA, Alexandre Marco. Potencial natural de erosão no município de Sorocaba, São Paulo, Brasil. **Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil**, v. 8, p. 5-14, 2008. Disponível em: < [https://www.scipedia.com/wd/images/8/82/Draft\\_Content\\_899107259Marco-da-Silva.pdf](https://www.scipedia.com/wd/images/8/82/Draft_Content_899107259Marco-da-Silva.pdf)>. Acesso em: 01 out. 2018.

SILVA, Richarde Marques; SANTOS, Celso Augusto Guimarães; SRINIVASAN, Vajapeyam Srirangachar. Perdas de água e sedimento em diferentes sistemas de manejo no semiárido da Paraíba. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, v. 10, p. 161-170, 2011. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/417>>. Acesso em: 01 out. 2018.

TERASSI, Paulo Miguel de Bodas; SILVEIRA, Hélio; BONIFACIO, Cássia Maria. Variação da estabilidade de agregados e as suas relações com a vulnerabilidade dos solos ao longo de uma vertente na região noroeste do Paraná. **Boletim Geografia**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 166-176, 2014. Disponível em: <<http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/18169>>. Acesso em: 01 out. 2018.

TUNDISI, José Galizia. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, v. 22, n.3, p. 7-16, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a02.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2018.

VALÉRIO FILHO, Mário. Técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicadas ao estudo integrado de bacias hidrográficas. In: PEREIRA, Vicente de Paula; FERREIRA, Manoel Evaristo; CRUZ, Mara Cristina Pessôa. Solos altamente suscetíveis à erosão. Jaboticabal: FCAV-UNESP; Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 223-242, 1994. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000108&pid=S0100-6916200600020003500015&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000108&pid=S0100-6916200600020003500015&lng=pt)>. Acesso em: 29 set. 2018.

WISCHMEIER, Walter; SMITH, Dwight. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington, DC: USDA, 1978. 58 p. (**Agriculture Handbook**, 537). Disponível em: < <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT79706928/PDF>>. Acesso em: 26 set. 2018.

YASSUDA, Eduardo Riomey. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. **Revista de Administração Pública**. v.27, n.2, p.5-18, 1993. Disponível em: < <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/8663>>. Acesso em: 26 set. 2018.

Recebido para publicação em:  
**29/ 08/ 2018**

Aceito para publicação em:  
**03/ 10/ 2018**