

**USO DE SIG PARA MAPEAR A SUSCEPTIBILIDADE À EROSÃO EM SINOP-MT: ÊNFASE EM ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS**

**USE OF GIS FOR MAPPING SUSCEPTIBILITY TO EROSION IN SINOP-MT: EMPHASIS ON UNPAVED ROADS**

Jonas Silva Ferreira <sup>1</sup>; Ariany Cardoso Pereira <sup>2</sup>; Bianca Harumi Yamaguti Garcia <sup>3</sup>; Flávio Alessandro Crispim <sup>4</sup>; Julio César Beltrame Benatti <sup>5</sup>;

**Resumo** – A erosão é um fenômeno onde mesmo em condições naturais, afeta a economia de uma cidade, como exemplo o comprometimento de estradas vicinais. Uma das formas de identificação da erosão surge com a criação de um mapa de susceptibilidade à erosão com a utilização da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), do inglês *Universal Soil Loss Equation* (USLE), adquiridos através do sensoriamento remoto. Foi aplicada a equação para a cidade matogrossense de Sinop, onde os fatores da EUPS foram obtidos através de imagens do Satélite Landsat 8, MDE's do INPE e pesquisas bibliográficas, criando no final um mapa com resolução espacial de 30 metros. Após gerado, foi possível estimar as áreas com maiores índices de erosão, os quais ocorreram em áreas com maiores índices de declividade. Além disso, foi proposto um método para a obtenção de mapas com uma resolução de 3 metros, com o objetivo de melhorar a identificação dos índices de erosão nas estradas vicinais. Através de visita *in loco*, foi possível comprovar que o método se mostrou eficiente, gerando um mapa de susceptibilidade para o município em suas estradas vicinais.

**Palavras-Chave** – Erosão; Estradas Vicinais; EUPS.

**Abstract** – Erosion is a phenomenon where even in natural conditions, it affects the economy of a city, such as the involvement of vicinal roads. One of the erosion of identifying ways comes to creating a map of susceptibility to erosion by the use of English Universal Soil Loss Equation (USLE), acquired through remote sensing. The equation was applied to the city of Sinop, where the USLE factors were obtained through images from the Landsat 8 satellite, INDE MDE's and bibliographical research, creating at the end a map with spatial resolution of 30 meters. After being generated, it was possible to estimate areas with higher erosion rates, which occurred in areas with higher slope indices. In addition, a method was proposed to obtain maps with a resolution of 3 meters, with the objective of improving the identification of erosion indices on the vicinal roads. Through on-site visits, it was possible to prove that the method proved to be efficient, generating a susceptibility map for the municipality on its vicinal roads.

**Keywords** – Erosion; Vicinal Roads; USLE.

---

<sup>1</sup> Eng., Universidade do Estado de Mato Grosso: UNEMAT. Sinop – MT, (66)99914-3009, jonasf.ecivil@gmail.com

<sup>2</sup> Eng., Universidade Federal de Minas Gerais: UFMG. Belo Horizonte – MG, ariany\_cardoso@hotmail.com

<sup>3</sup> Eng., Universidade Federal de Mato Grosso: UFMT. Rondonópolis – MT, bianca.yg@hotmail.com

<sup>4</sup> Eng., Dr., Universidade do Estado de Mato Grosso: UNEMAT. Sinop – MT, flavio.crispim@unemat.br

<sup>5</sup> Eng., Me., Universidade Estadual de Campinas: UNICAMP. Campinas – SP, benatti@unemat.br

## 1. INTRODUÇÃO

A erosão é um fenômeno natural que pode prejudicar as atividades locais, podendo tornar uma área inutilizável, dependendo de fatores como: tipo, relevo, rugosidade e estrutura do solo e da intensidade da chuva e do vento.

Em estradas vicinais, a erosão do solo pode ser intensificada devido à presença de condições geométricas propícias para a deterioração da mesma. Uma maneira desta ser identificada, seria através de um mapa de susceptibilidade à erosão e a partir do uso da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), do inglês *Universal Soil Loss Equation* (USLE), adquiridos através do sensoriamento remoto. São incluídos nessa equação os fatores que se associam com o fenômeno da erosão. A partir do levantamento de informações de cada variável e sua aplicação na fórmula, é possível estimar a perda de solo anual de uma região causada pela erosão laminar.

Diante do contexto, este trabalho buscou testar um método relativamente fácil e acessível que permita realizar um levantamento de informações e elaborar uma pesquisa capaz de apontar prováveis áreas com maior incidência de erosão voltado à influência em estradas vicinais.

## 2. METODOLOGIA

Nesse trabalho foram utilizadas bibliografias, imagens do Satélite Landsat 8 e informações em Modelo Digital de Elevação (MDE) do projeto Topodata para levantar os dados dos fatores da EUPS que têm relação com o processo de erosão em Sinop-MT.

### 2.1. Local de Estudo

O local definido para estudo é delimitado pelos limites geográficos do município de Sinop-MT, que fica a aproximadamente 500 quilômetros da capital, Cuiabá, e faz limites territoriais com os municípios de Santa Carmem, Cláudia, Sorriso, Tapurah, Vera e Itaúba.

### 2.2. Obtenção e tratamento de dados

#### 2.2.1. Equação Universal da Perda de Solo

De acordo com Vieira (2008), a EUPS permite estimar a erosão correspondente às condições do uso e manejo do solo, declividade, tipos de solo, chuva e práticas conservacionistas, elaborando um mapa temático com o uso de um Sistema de Informações Geográficas (SIG). A EUPS é representada pela Equação 1.

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \text{ Equação (1)}$$

Em que:

A = perda anual de solo em toneladas por hectare por ano (ton/ha.ano);

R = fator erosividade da precipitação que considera a energia do impacto das gotas de chuva junto com a taxa de arraste do solo, em MJ.mm/ha.h.ano;

K = fator erodibilidade do solo, medido em ton.ha.h/ha.MJ.mm;

L = fator comprimento da encosta é a relação entre um comprimento de encosta qualquer e um comprimento de encosta de 22,13 m para mesmo solo e grau de inclinação, adimensional.

S = fator declividade da encosta é a relação entre uma área com declividade qualquer e uma declividade de 9%, não possuindo unidade de medida;

C = fator de cobertura e manejo do solo que pode ser obtido a partir de dados tabelados com o fator C definido pelo tipo de cobertura do solo;

P = fator práticas conservacionistas é obtido através de levantamentos agropecuários.

Devido às dificuldades de se obter os valores concisos com a realidade, o resultado final da perda de solo encontrado não será exatamente o real, porém identificando áreas vulneráveis à erosão.

#### 2.2.2. Landsat 8

Por meio do catálogo *online EarthExplorer*, no site do *United States Geological Survey* (USGS), foram obtidas as cenas do satélite Landsat 8 que cobrem a área em estudo, onde foram necessárias duas cenas para se realizar a cobertura total da área, conforme mostra a Tabela 1.

Cena	Data	Órbita	Ponto
1	03-AUG-17	227	68
2	27-JUL-17	226	68

Fonte: USGS (2017)

O critério utilizado para a escolha das cenas foi levar em conta a baixa presença (menor que 10%) e a data de sua captura. Utilizando o *software* QGIS, foram feitas composições coloridas em falsa cor, que realça a vegetação, para cada cena, utilizando as bandas 4, 5 e 6, gerando duas imagens coloridas com resolução espacial de 30 m. O programa possui algoritmos chamados *Superimpose Sensor e Pansharpening*, que permite melhorar a resolução espacial de uma imagem a partir da banda pancromática correspondente a ela, através de uma fusão entre as duas. Essas ferramentas foram utilizadas para melhorar as imagens coloridas obtidas pelo processo anterior, originando imagens coloridas com resolução espacial de 15 m, mesma resolução da banda pancromática. Após coloridas, foi gerado um mosaico com o *software* ArcMap Trial, e logo após o corte da área com o QGIS.

### 2.2.3. Modelo Digital de Elevação

Os MDEs necessários para o estudo foram os disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE, 2011). As cartas selecionadas foram: 11S57, 11S555, 12S57 e 12S55. As informações desses MDEs são correspondentes à situação de relevo do ano de 2008. Utilizando o comando “Mosaico” do QGIS foi realizada a união das quatro imagens, originando uma única imagem que cobre toda a área, e em seguida foi realizado o corte da imagem.

## 2.3. Fatores da EUPS

Os fatores da EUPS foram obtidos de maneiras independentes e seus valores podem mudar dependendo das características de cada local dentro da área de estudo. A seguir serão descritos os processos para obtenção de cada um, sendo importante alegar que, no final do processo, todos os fatores devem estar com suas informações em formato de *raster*.

### 2.3.1. Fator R

O fator *R* pode ser obtido utilizando dados pluviométricos, sendo calculado a partir das precipitações médias mensais e anuais. Especificamente para o estado de Mato Grosso pode-se citar o documento publicado pela Embrapa desenvolvido por Salton *et al.* (2013), que apresenta um mapa do fator de erosividade da chuva, mensal e anual em cada posto como ilustrado na Figura 1.

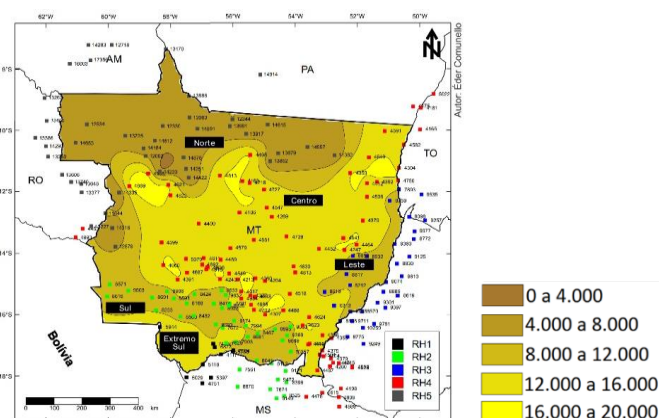


Figura 1: Indicação dos postos pluviométricos instalados no estado de Mato Grosso e da erosividade anual da chuva. Fonte: Salton et al (2013).

Utilizando o mapa da Figura 1, foi projetado um arquivo vetorial sobrepondo a área correspondente à localização de Sinop e inserindo o valor equivalente ao seu grau. Em seguida, esse *shapefile* foi transformado em *raster* através do comando “Rasterizar” do QGIS.

### 2.3.2 Fator K

De acordo com Florenzano (2011) o tipo e a intensidade da erosão varia com as propriedades dos solos e cada tipo de solo possui um fator K próprio.

Particularizando para Sinop-MT, tem-se os tipos de solo representados na Figura 2, que são: Latossolo Vermelho Eutrófico, Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e Plintossolo Concrecionário. Para estes solos são indicados na Tabela 2 os respectivos valores de K.

Tabela 2: Indicação dos fatores de erodibilidade para os tipos de solos adotados a partir de fontes bibliográficas.

Tipo de Solo	Fator K	Fonte Bibliográfica
Latossolo Vermelho	0,013	Borges et al. (2013 apud Chaves 1994)
Latossolo Vermelho-Amarelo	0,02	Borges et al. (2013 apud Chaves 1994)
Plintossolo	0,055	Farinasso et al. (2006 apud Wischmeier et al. 1971)

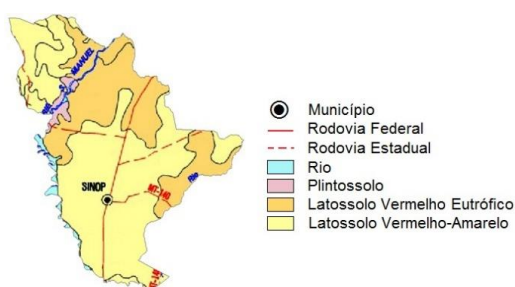


Figura 2: Tipos dos solos presentes no município de Sinop-MT. Fonte: Adaptado de IBGE (2016).

Utilizando o mapa da Figura 2 e os valores da Tabela 2 foi projetado um arquivo vetorial delimitando as áreas de cada tipo de solo e inserindo o valor do grau de erodibilidade. Em seguida, esse vetor foi transformado em *raster* através do comando "Rasterizar" do QGIS.

### 2.3.3 Fatores L e S

Farinasso *et al.* (2006) utilizam o cálculo do fator *L* proposto por Desmet e Govers (1996), que por sua vez se basearam nas equações de Foster e Wischmeier (1974). Esse cálculo é o representado na Equação 2.

$$L = \frac{[(A + D^2)^{m+1} - A^{m+1}]}{D^{m+2} \cdot 22,13^m} \quad \text{Equação (2)}$$

Em que:

- L: Fator de comprimento de vertente de uma célula;
- A: Área de contribuição da célula em coordenadas;
- D: Tamanho da célula;
- x: Coeficiente função do aspecto para grade de célula;
- m: Coeficiente função da declividade.

Segundo Wischmeier e Smith (1978, apud Alves, 2009) o fator *S* pode ser obtido pela Equação 3.

$$S = 0,00654 \cdot s^2 + 0,0456 \cdot s + 0,065 \quad \text{Equação (3)}$$

Em que:

- S: fator declividade (adimensional) e
- s: declividade média da vertente (%)

O cálculo do fator *L* foi realizado a partir de uma série de etapas de formação de mapas com o *software* ArcMap, descritas a seguir:

- a) Inserir o MDE da área de estudo;
- b) Geração de um mapa de direção de fluxos com o comando *Flow Direction*, a partir do mapa do passo anterior;

- c) Geração de um mapa de acumulação de fluxo com o comando *Flow Accumulation*, a partir do mapa do passo anterior;
- d) Geração de um mapa de declividade da encosta em graus a partir do mapa MDE da Figuras, utilizando a ferramenta *Slope*.

O mapa do fator L é gerado incluindo os mapas gerados nas etapas descritas anteriormente na Equação 2.

Para incluir a Equação 2 no ArcMap e gerar um mapa representando o fator L, foi utilizado o comando *Raster Calculator*, mas para isso gerou-se o mapa correspondente ao coeficiente “m”, calculado conforme a Equação 4.

$$m = \frac{\beta}{1+\beta} \quad \text{Equação (4)}$$

Em que  $\beta$  é obtido pela Equação 5.

$$\beta = \frac{\text{sen}(\theta \cdot 0,01745) / 0,0896}{3 \cdot (\text{sen}(\theta \cdot 0,01745))^{0,8} + 0,56} \quad \text{Equação (5)}$$

Sendo:

$\theta$ : declividade da encosta, em graus, correspondente ao mapa gerado da “etapa e”.

Para o cálculo do fator S é utilizada a Equação 3. Para isso foi gerado um mapa de declividade de encosta em porcentagem e em seguida adicionado na equação com a ferramenta *Raster Calculator*.

Com os mapas do fator L e fator S gerados, foi realizada a multiplicação dos dois também com a ferramenta *Raster Calculator*.

### 2.3.4 Fator C

O fator C é tanto maior quanto mais exposto estiver o solo. Na Tabela 3 são apresentados valores utilizados por Alves *et al.* (2009) indicando o fator C para alguns tipos de cobertura.

Tabela 3: Fator C para os tipos de cobertura do solo e suas fontes bibliográficas.

Cultura	Fator C	Fonte
Agricultura irrigada	0,0180	Farinasso et al. (2006)
Cultura anual	0,2000	Stein et al. (apud BRITO et al., 1998)
Solo exposto	1,0000	Farinasso et al. (2006)
Floresta	0,001	Santos et al. (2013)

Fonte: Adaptado Alves *et al.* (2009).

Superfícies consideradas impermeáveis, como revestimento asfáltico e construções são determinadas com fator C igual a zero, assim como superfícies cobertas por água.

A partir da imagem da Figura 5 foi realizado o processo de classificação supervisionada utilizando o *plugin “Semi-Automatc Classification”* do QGIS escolhendo o método de classificação por máxima verossimilhança.

Com a classificação realizada, foram gerados polígonos a partir de cada tipo de cobertura, em seguida adicionaram-se os valores do fator C para cada tipo de cobertura conforme Tabela 3. Com os valores definidos foi realizada a transformação dos vetores para o formato *raster*.

### 2.3.5 Fator P

O fator P pode ser estimado a partir da Tabela 4 adotada por Amorim *et al.* (2009).

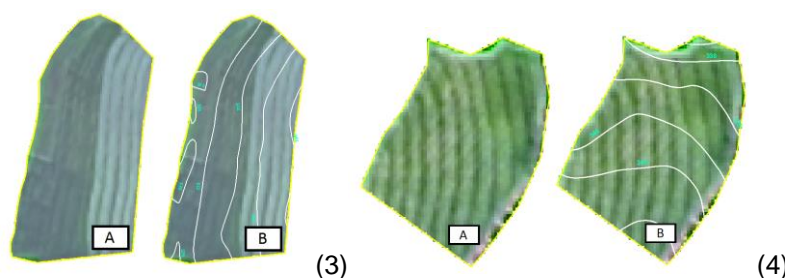
Tabela 4: Estimativa do fator P para dois tipos de práticas conservacionistas

Práticas conservacionistas	Fator P
Plantio morro abaixo	1,0
Plantio em contorno	0,5

Fonte: Adaptada de Amorim *et al.* (2009).

Essas práticas podem ajudar a combater a erosão e consequentemente a perda excessiva de solo. Para a classificação dos dois tipos de atividades conservacionistas citados na Tabela 4, foram utilizadas a imagem da cobertura de Sinop da Figura 2 em conjunto com as curvas de nível gerada a partir do MDE da Figuras 3 e 4. As curvas de nível foram geradas utilizando o comando "Contorno" do QGIS, usando o intervalo altímetro de 5 m.

Com o mapa de cobertura e as curvas de nível foi feita uma classificação a partir de uma análise visual comparando as áreas de plantação com as curvas de nível sobrepostas, demarcando as áreas desejadas com polígonos. Para os casos nos quais as linhas de plantação fossem paralelas à geometria das curvas de nível, classificava-se a área como plantio em contorno, como é demonstrado na Figura 3, e perpendiculares às curvas de nível, classificava-se a área como plantio morro abaixo como ilustra a Figura 4



Figuras 3 e 4 : Traçados geométricos de uma área de plantação (A) e as curvas de nível sobrepostas paralelamente (3) e perpendicularmente (4) aos traçados sobre a mesma área (B).

Para inserir o fator  $P$  conforme os valores da Tabela 4, foi considerado que para a área sem práticas conservacionistas o valor adotado seria igual a um, o que sugere que nessas áreas não há influência para o controle de erosão.

#### 2.4. Mapa de Erosão

Com os cinco mapas formados, correspondentes aos fatores da EUPS, utilizou-se a ferramenta "Calculadora raster" do QGIS para realizar a multiplicação conforme a Equação 1, gerando o mapa de susceptibilidade à erosão.

#### 2.5. Mapa para estradas vicinais

Sabendo que uma imagem com resolução espacial de 30 m não faz uma boa identificação das estradas, se fez necessário propor, nesse trabalho, técnicas de obter uma imagem com melhor resolução, logo, 3 m foi a resolução espacial considerada razoável para tal identificação.

#### 2.6. Visita *in loco*

Com o objetivo de analisar a consistência das informações do mapa sobre erosão da estrada vicinal escolhida, no dia 16 de setembro de 2017 foi realizada uma visita ao local e com auxílio de um *smartphone*, foram tiradas fotos nos pontos nos quais o mapa apontou maior grau de erosão. A localização em campo foi realizada através de um aplicativo do próprio aparelho.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os mapas resultantes do tratamento das imagens utilizadas neste trabalho são apresentados a seguir. O resultado do processo de composição da imagem de cobertura do solo é demonstrado na Figura 5.

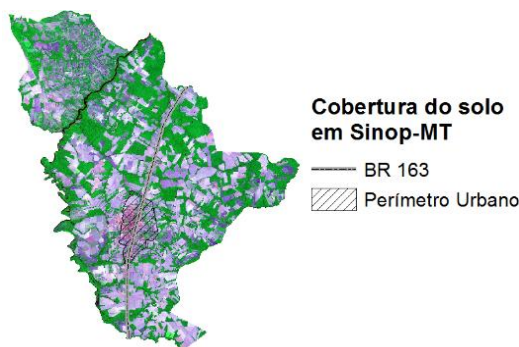
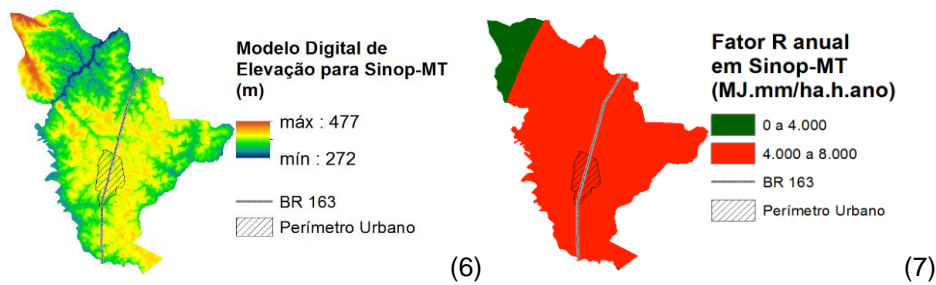


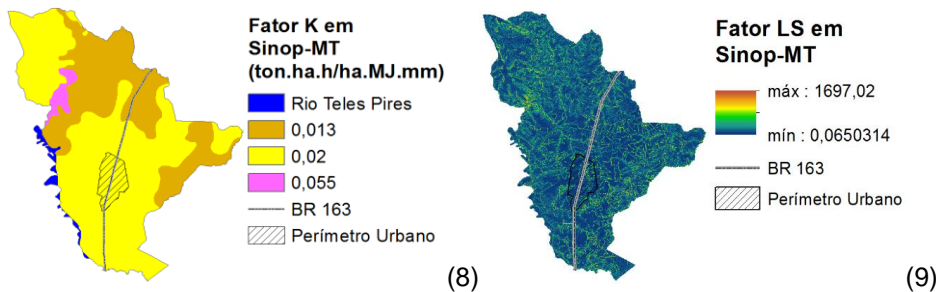
Figura 5: Composição colorida da cobertura de Sinop-MT de jul/17 com resolução espacial de 15 metros.

O modelo digital de elevação obtido a partir critério descrito no item 2.2.3 é mostrado na Figura 6. O mapa de fator  $R$  obtido pelo processo do item 2.3.1 é mostrado na Figura 7, notando que a maioria da área tem fator entre 4.000 a 8.000.



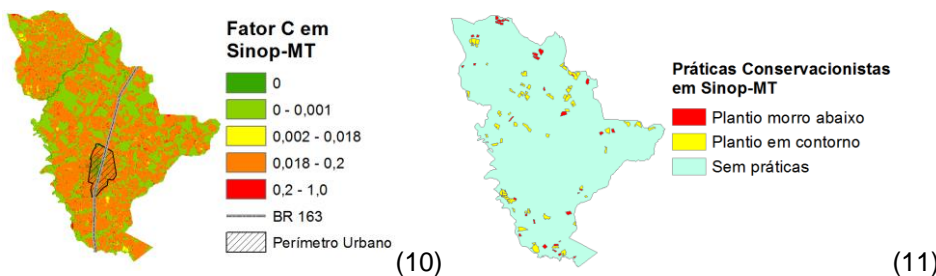
Figuras 6 e 7: Mapa do Modelo Digital de Elevação em Sinop-MT e Mapa de determinação dos valores de erosividade da chuva no mês de julho para Sinop-MT.

O mapa de fator  $K$  obtido pelo processo do item 2.3.2 é mostrado na Figura 8, o qual indica que a maior área com fator  $K$  igual a 0,02, seguido de área com fator 0,013 e uma pequena área com fator 0,055. O resultado encontrado para fator LS obtido a partir do item 2.3.3 é mostrado na Figura 9, sendo possível concluir que as áreas com fator mais alto estão na região noroeste.



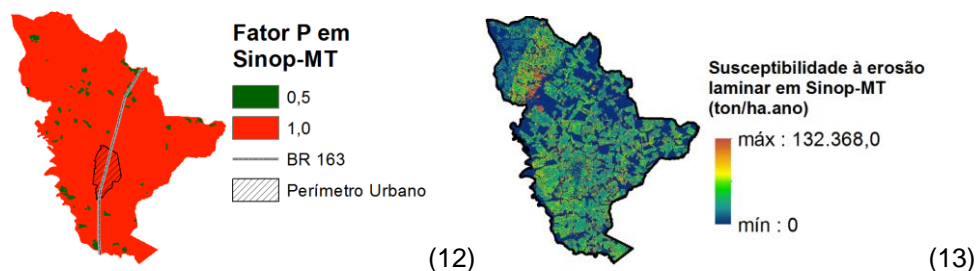
Figuras 8 e 9: Mapa de determinação dos valores de grau de erodibilidade do solo em Sinop-MT e Mapa do Fator LS em Sinop-MT.

O mapa do fator  $C$  obtido pelo processo do item 2.3.4 é mostrado na Figura 10, concluindo que a maior área corresponde a valores entre 0,018 a 0,2. A classificação visual descrita no item 2.3.5 gerou o resultado mostrado na Figura 11.



Figuras 10 e 11: Mapa do Fator  $C$  em Sinop-MT e Utilização de práticas conservacionistas no município de Sinop-MT.

O mapa do fator  $P$  obtido pelo processo do item 3.3.5 é demonstrado na Figura 12, sendo possível afirmar que grande parte da região não é contemplada com práticas conservacionistas apresentando, então, fator  $P$  igual a 1,0. O mapa final de erosão para Sinop é apresentado na Figura 13.



Figuras 12 e 13: Mapa do Fator  $P$  em Sinop-MT e Mapa final de erosão para Sinop-MT;

É possível identificar distintamente que as áreas que contêm floresta nativa são as menos susceptíveis à erosão, tendendo ao valor 0. Áreas cobertas por elementos urbanos também possuem um nível de susceptibilidade à erosão muito baixo ou nulo. As áreas mais susceptíveis são aquelas com maior nível de inclinação.

O grau susceptibilidade à erosão nas estradas vicinais se demonstrou de difícil percepção na Figura 13, isso se deve ao fato da baixa resolução da imagem, de 30m. Com isso, foi proposto um método para gerar um mapa com maior resolução, com o objetivo de melhorar essa análise.

Foi determinada uma área onde há estradas vicinais sem a presença próxima de floresta, evitando a faixa de transição entre mata e solo exposto. Além disso, os fatores da EUPS precisaram estar em formato de *raster* com a mesma resolução espacial. A área escolhida é representada na Figura 14. Os trechos da estrada são demonstrados na Figura 15, com 9,7 km de extensão.



(14)



(15)

Figuras 14 e 15: Área escolhida que contém trechos de estradas vicinais sem florestas nos entornos e Trecho da estrada que não possui floresta em seus entornos. Fonte: Google Earth (2017)

Com a região já definida, foram feitos os preparos dos fatores da EUPS para a geração do mapa de susceptibilidade à erosão com enfoque para estrada vicinal.

A ação a se tomar com o MDE é transformá-lo em curva de nível, utilizando o comando “Extração de Contorno” do QGIS e a partir dessas curvas, gerar um novo MDE, utilizando o comando “r.surf.contour” com resolução de 3 m. A partir do MDE gerado, foram realizados os procedimentos do item 2.3.3 para gerar o mapa do fator LS da região. Fazendo uma análise visual entre o mapa de fator LS gerados a partir do MDE original de 30 m com o mapa de 3 m, é possível afirmar que os dados não foram prejudicados, como destaca a comparação de uma pequena área na Figura 16.

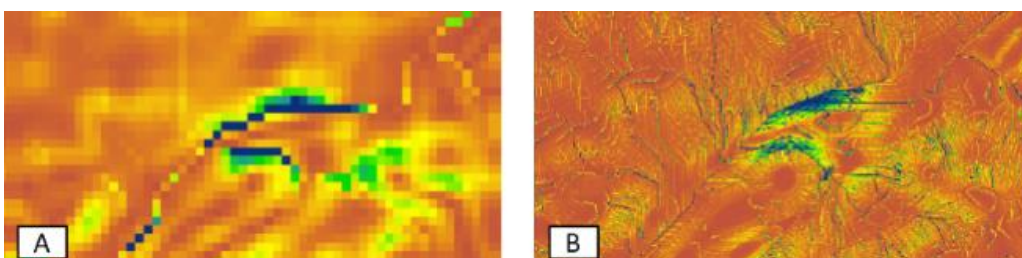
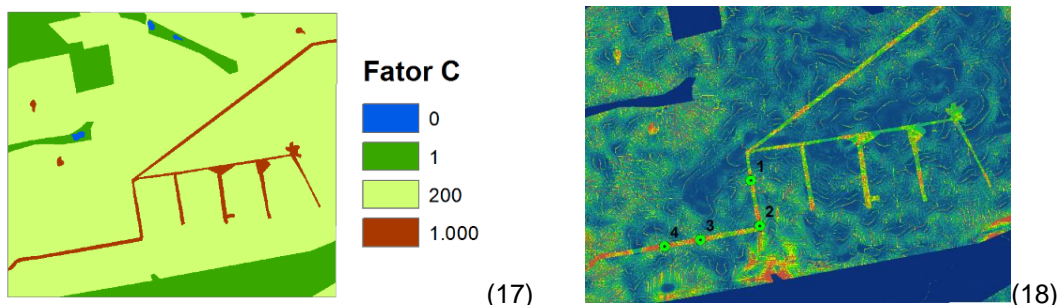


Figura 16: Demonstração do fator LS com resolução espacial de 30 m (A) e resolução espacial de 3 m (B) para uma mesma área.

Em relação ao fator C, foi realizada uma classificação de forma manual, criando vetores sobrepondo os elementos de cobertura do solo com auxílio da imagem do Landsat 8 e inserindo os valores correspondentes com a Tabela 3, o resultado é demonstrado na Figura 17.

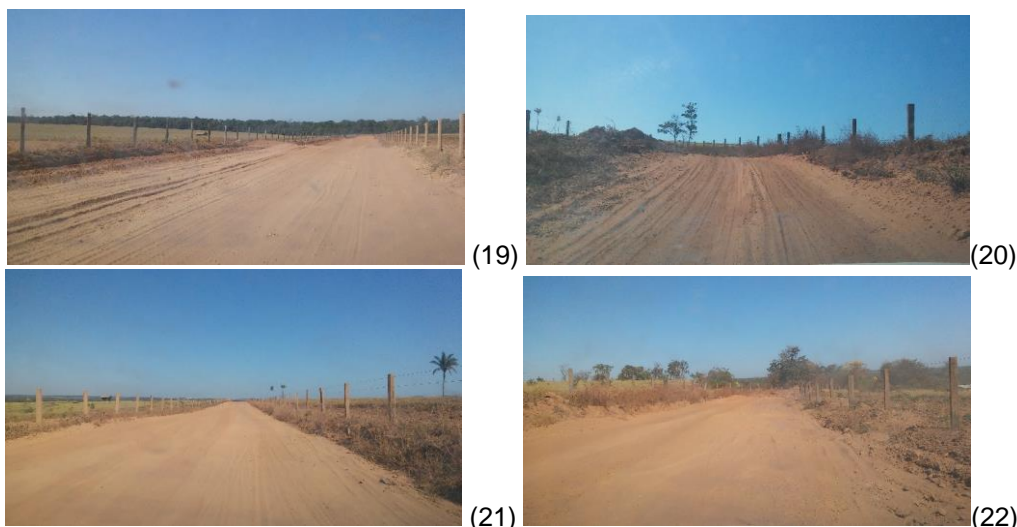
Para os fatores R, K e P, foram realizados os mesmos procedimentos já descritos nos itens 3.3.1, 3.3.2 e 3.3.5, respectivamente, gerando os mapas apenas da área que delimita os trechos das estradas escolhidas. Para o fator P, dentro da área em questão não foi identificada nenhuma prática conservacionista, logo, não foi incluída na geração do mapa de erosão. Na Figura 18 é mostrado o mapa resultante.





Figuras 17 e 18: Fator C para a área com os trechos de estradas vicinais escolhidos e Locais identificados com alto grau de susceptibilidade à erosão.

As fotografias tiradas nos locais referentes aos pontos demarcados na Figura 18 são mostradas nas Figuras 19, 20, 21 e 22.



Figuras 19, 20, 21 e 22: Fotografia referente aos pontos, respectivamente: 1,2,3 e 4 da Figura 18.

Analisando as fotografias, é possível identificar erosão laminar acentuada, caracterizada pelo excesso de partículas de solo soltas, principalmente nas fotografias dos pontos 2 e 4, onde no Ponto 1 está localizada uma curva de raio pequeno e uma declividade considerável e o Ponto 4 é referente a um local com alta declividade, concluindo que o mapa apresentou informações concisas com a realidade do local. Porém houve pelo menos um local com um grau de erosão considerável no qual o mapa indicou com um grau não gradativo, como fez para os pontos mencionados anteriormente. Esse ponto se refere à curva antes do Ponto 1 da Figura 18 e a fotografia do local pode ser visualizada na Figura 23.



Figura 23: Curva com grau considerável de erosão.

Uma hipótese para a situação é em relação a erosão causada pelo tráfego dos veículos, que não é considerado na formulação da EUPS.

#### 4. CONCLUSÃO

O uso de SIG para determinação da susceptibilidade à erosão em estradas não pavimentadas através dos fatores da EUPS se mostrou eficiente, pois o mapa final de erosão (Figura 24) indicou níveis altos em alguns pontos cujo o desprendimento de solo foi comprovado por visita a campo. Porém, o mesmo deixa de indicar o avançado nível de erosão em alguns pontos, como constata a Figura 23.

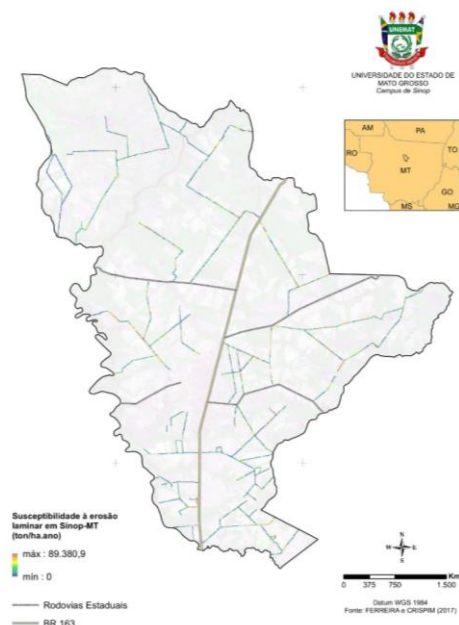


Figura 24: Susceptibilidade à erosão nas estradas não pavimentadas de Sinop-MT

O estudo para determinar um coeficiente que defina a influência do tráfego de veículos sobre a estrada, em relação à erosão, aponta ser viável que, por ventura, poderá complementar a EUPS para ser devidamente aplicada em estudos de erosão nas estradas não pavimentadas.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J. S. et al. *Levantamento dos fatores da Equação Universal de Perdas de Solo (Eups) para o delineamento de áreas com potencial erosivo da Bacia do Rio Paranaíba (PN1 - IGAM)*. EPAMIG. Belo Horizonte. 2009.

AMORIM, R. S. S.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. *Principais modelos para estimar as perdas de solo em áreas agrícolas*. In: Pruski, F. F. (ed.), *Conservação de solo e água: Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica*, 2 ed., Cap. 4, Viçosa: Ed. Viçosa, 2009.

BORGES, K., CARVALHO JÚNIOR, O., MARTINS, E., GOMES, R., GUIMARÃES, R. *Vulnerabilidade natural: a perda de solo da bacia do rio Carinhanha (MG/BA) usando uma abordagem qualitativa da equação universal de perda de solos*. GEOgraphia, Brasília, 2013.

FARINASSO, M. et al. *Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da EUPS-Equação Universal de Perdas de Solos utilizando novas metodologias em SIG para cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba-PI-MA*. Revista Brasileira de Geomorfologia, 2006.

FLORENZANO, T. G. *Iniciação em Sensoriamento Remoto*. 3°. ed. revisada e atualizada. São Paulo (SP): Oficina de Textos, 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapas Temáticos, 2009. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/pedologia/mapas/unidades\\_da\\_federacao/mt\\_pedologia.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/pedologia/mapas/unidades_da_federacao/mt_pedologia.pdf)>. Acesso em: 15 setembro de 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. *TOPODATA: Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil*. São José dos Campos-SP, 2011. Disponível em: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Acesso em: 16 setembro de 2017.

SALTON, J. C.; COMUNELLO, É.; FIETZ, C. R. *Estimativa de índices de erosividade da chuva para o estado de Mato Grosso*. Embrapa Agropecuária Oeste. Dourados (MS). 2013.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY. *EarthExplorer.USGS*, 2016. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 05 Agosto de 2017.

VIEIRA, V. F. *Estimativa de perdas de solo por erosão hídrica em uma subbacia hidrológica*. Universidade Estadual de Londrina. Londrina. 2008.