



Suscetibilidade à erosão laminar no município de Miranda/MS

Vanessa Aline Wagner Leite ¹
Emerson Figueiredo Leite ²

^{1,2} Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS/CpAq
Rua Oscar Trindade de Barros, 740 – Serraria – Unidade II
Caixa Postal 135, Aquidauana – MS, Brasil

¹vanessawleite@gmail.com

²emerson.leite@ufms.br

Resumo. A erosão é um fenômeno que influencia significativamente na vida humana e suas atividades. A erosão laminar é um dos tipos de erosão responsável pelo empobrecimento do solo e pela perda de sua fertilidade. Nesse sentido esse trabalho teve como intuito determinar a suscetibilidade à erosão laminar no município de Miranda – MS com base em uma abordagem qualitativa das variáveis naturais da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) proposta por Salomão (2007) empregando um modelo preditivo e utilizando técnicas de geoprocessamento para a realização do cruzamento matricial na Linguagem de Geoprocessamento Algébrico - LEGAL do Spring. As variáveis utilizadas para a determinação da suscetibilidade a erosão laminar foram erodibilidade dos solos, declividade do terreno, erosividade das chuvas e comprimento das encostas. O município de Miranda-MS encontra-se numa área de transição do planalto para a planície tendo 44% de seu território inserido no Pantanal e parte de sua área constituída pelos planaltos da Serra da Bodoquena. Entre os resultados obtidos chegou-se a três classes suscetibilidade a erosão laminar: Extremamente Suscetível, Muito Suscetível e Moderadamente Suscetível representadas por 2,13%, 81,42% e 16,45% respectivamente. No geral estas classes apresentam problemas complexos de conservação em face pouca profundidade dos solos e a declividade superior a 12% sendo indicadas para culturas de pastagens e/ou reflorestamento.

Palavras-chave: erosão laminar, erodibilidade dos solos, Pantanal.

Abstract. Erosion is a phenomenon that substantially affects the human life and its activities. Laminar erosion is one type of erosion that is responsible for soil impoverishment and loss of soil fertility. In this regard, this paper aimed to determine the susceptibility of laminar erosion in the municipality of Miranda – Mato Grosso do Sul State, based on natural variable quality approach of Universal Soil Loss Equation (USLE) proposed by Salomão (2007) applying a predictive model and using geoprocessing techniques to do a matrix crossing on LEGAL, a Spring programming language. The variable used in order to determine laminar erosion susceptibility were soil erodibility, land slope, rainfall erosivity and slope length. Miranda municipality is located in a transition area from plateau to plain, 44% of its territory is on Pantanal and part of its area is composed of Mountain Range Bodoquena Plateau. The results drew three classes of susceptibility of laminar erosion: Extremely Susceptible, Very Susceptible and Moderately Susceptible represented by 2,13%, 81,42% and 16,45% respectively. In general, these classes have sown complex problems of conservation facing soil shallow depth and slopes over 12% being indicated to pasture and reforestation.

Key-words: laminar erosion, soil erodibility, Pantanal.

1. Introdução

A erosão dos solos, para alguns autores (Zachar, 1982; Bertoni e Lombardi Neto, 2008) é definida como o desnudamento do manto superficial que recobre as rochas através do desgaste do solo e o conseqüente desprendimento de suas partículas até o seu carreamento pela superfície.

A erosão hídrica, determinada pela atividade da água na superfície ou subsuperfície do solo ocorre em três principais maneiras: laminar, em sulcos e voçorocas (Bertoni; Lombardi Neto, 2008). Esse tipo de erosão apresenta maior dimensão, visto que “a água é o mais importante agente de erosão” (Bertoni; Lombardi Neto, p. 68, 2008) e é condicionada por fatores naturais como o solo, a chuva, a topografia do terreno e a vegetação da área (Salomão, 2007).

Os impactos adversos ocasionados pela erosão laminar e seus reflexos implicam tanto em questões morfológicas da superfície quanto interfere no equilíbrio ecológico da natureza. Tri-cart (1977, p. 27) afirma que os processos como a erosão impedem que o solo, sobretudo “não realiza sua capacidade potencial” tanto de armazenamento de água quanto de retenção de nutrientes. Galetti (1973) aponta que por meio das águas das chuvas as partículas de solos desprendidas, quando transportadas, deixam para trás solos empobrecidos, rasos, e seus sedimentos, depositados nos rios e lagos levam ao processo de assoreamento, gerando uma cadeia de conseqüências, como inundações que deixam famílias desabrigadas.

Considerando além dos gastos em favor da contenção da erosão e a despeito dos nutrientes carreados pela erosão, Dantas e Monteiro (2011, p. 627) mencionam que muito se gasta para recuperar a fertilidade dos solos e “sustentar a produtividade” dos mesmos. A valoração em altos custos advindos dos danos ambientais causados pela erosão reflete em dispendiosos gastos na produção de alimentos que outrora, poderiam ser aplicado distintamente. Segundo Silva et al (2007) entre os diferentes métodos empregados para se estudar erosão, os mais utilizados são aqueles que utiliza-se de modelos matemáticos através da informatização de dados juntamente com o avanço das geotecnologias para o tratamento de informações geográficas permitindo projetar cenários e facilitando o entendimento do processo erosivo uma vez que “levam a um direcionamento no processo de tomada de decisão, especialmente no que se refere às questões vinculadas ao planejamento e à organização do espaço geográfico (Fitz, 2008, p.140.)

Nesse sentido o emprego das geotecnologias se mostra eficaz para o levantamento da suscetibilidade a erosão laminar possibilitando determinar as áreas ambientalmente suscetíveis à erosão devido às suas condições físicas no contexto planalto-planície em que está inserida possibilitando “orientar o planejamento ou estabelecer restrições técnicas específicas para as diferentes formas de ocupação do terreno” (Silva et al, 2007, p.37)

2. Objetivo

Determinar a suscetibilidade à erosão laminar no município de Miranda – MS.

3. Material e Métodos

3.1 Área de estudo

O município de Miranda, inserido na porção Centro-Oeste do Estado do Mato Grosso do Sul representa um dos municípios de maior importância turística do Estado devido parte de seu território estar inserido na borda do Pantanal Sul e localizar-se na Bacia Hidrográfica do Rio Miranda, cujo canal principal nomeia o município. Com cerca de 5.504,6 km², compreendida entre os paralelos 19° 34' 0,93" de latitude Sul (S) e entre os meridianos 20° 39' 21,60" de longitude Oeste de Greenwich (W), Miranda confronta os municípios de Corumbá, Bodoquena, Bonito, Anastácio e Aquidauana (**Figura 1**).

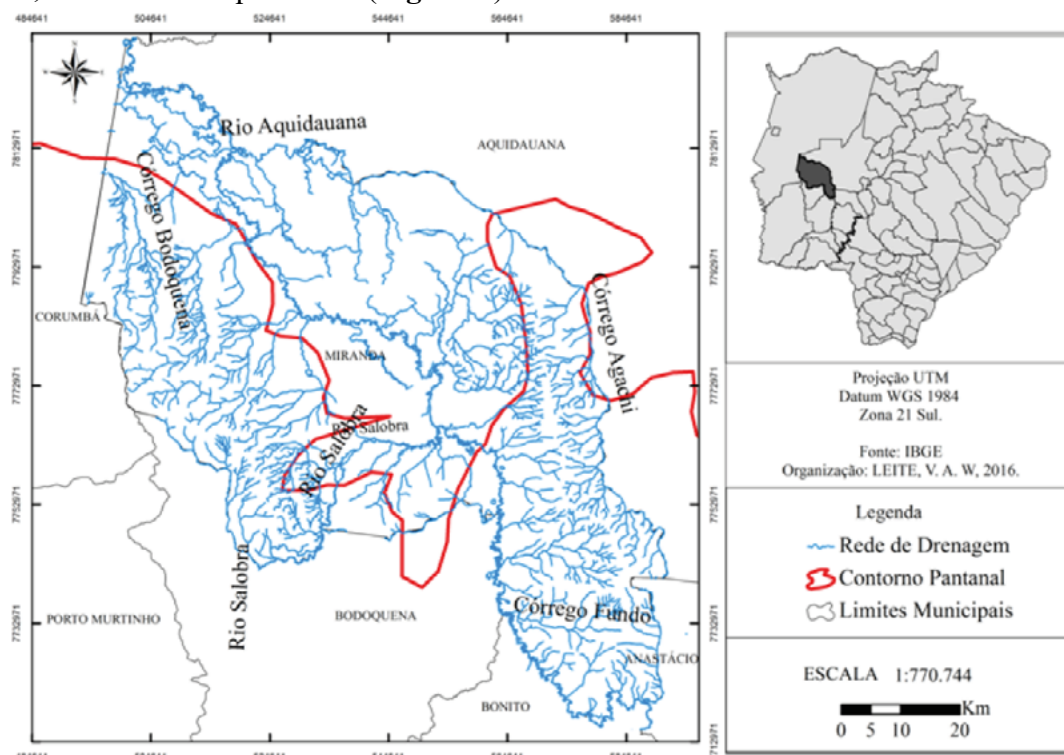


Figura 1. Localização da área de estudo: Município de Miranda- MS.

3.2 Procedimentos metodológicos

As pesquisas realizadas levantaram, de acordo com os objetivos desejados, uma grande quantidade de métodos a serem aplicados sobre os estudos em erosão, estudos esses que variam de quantitativos, onde os resultados são estimados em unidades de medida, e qualitativos baseados nas propriedades do solo erodido conforme explica Silva et al (2007).

Com a inserção de modelos matemáticos e o desenvolvimento tecnológico surgiram técnicas que permitiram simular situações e projetar cenários que reunissem todos os fatores inerentes a dinâmica do processo erosivo, entre essas técnicas houve o emprego de equações que vieram a auxiliar os estudos em erosão. Essas técnicas representam um método de se obter a quantificação da erosão, entretanto existem meio de avaliação da erosão qualitativamente o qual aplica-se neste estudo. A metodologia empregada neste trabalho é a proposta por Salomão

(2007) aplicada ao município de Miranda-MS buscando a suscetibilidade a erosão laminar no referido município. Essa metodologia considera a suscetibilidade de uma área erodir em função das condições físicas lançando uso dos fatores naturais integradamente já que “a análise isolada de um fator normalmente explica pouco a erosão dentro de um contexto completo do fenômeno” (Silva, 2007).

A relação estabelecida entre os fatores naturais consiste na elaboração dos mapas de declividade, erodibilidade, erosividade e comprimento de encosta conforme a metodologia proposta por Salomão (2007). Para cada mapa criou-se um Plano de Informação (PI) temático com os elementos de cada mapa e suas relativas classes temáticas receberam um valor referente às classes de suscetibilidade a erosão laminar que variam de 0 (menor suscetibilidade) a 10 (maior suscetibilidade) totalizando 5 classes de suscetibilidade a erosão laminar sugeridas por Salomão (2007).

O mapa final de suscetibilidade a erosão laminar realizou-se a partir do cruzamento das quatro variáveis e da média simples das somas dos quatro elementos que foram posteriormente fatiados entre os valores que correspondessem às classes de suscetibilidade. Os dados de solo foram compilados do Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (PCBAP) disponibilizados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) na escala de 1: 250.000 e recortadas para o limite do município de Miranda-MS.

Os modelos numéricos dos terrenos (MNT) utilizados para a confecção do declive do terreno foram adquiridos no *site* do USGS (Serviço Geológico dos Estados Unidos) oriundos da missão SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) com resolução espacial de 30 metros. Esses dados foram mosaicados em um único PI para a geração da declividade e o seu posterior fatiamento de acordo com as classes estabelecidas por Salomão (2007): <6%, 6-12%, 12-20% e >20%.

A extração da rede de drenagem foi realizada com base nas cartas topográficas do Departamento de Serviço Geológico (DSG) do Exército na escala de 1: 100.000 e posterior atualização e enriquecimento dos canais através de uma cena do satélite Landsat 8 do USGS, órbita-ponto 226/74, possibilitando a geração do mapa de comprimento de encosta através da técnica aplicada por Leite (2011) onde vetorizou-se os divisores de água das sub-bacias do município com o auxílio dos dados SRTM e curvas de nível das cartas topográficas e gerou-se zonas de distância conforme as classes propostas por Crepani (2001) < 250m, 250m-750m, 750m-2000m, 2000m-5000m e >5000m para serem editadas as áreas correspondentes as devidas classes.

A erosividade das chuvas foi determinada com base na compilação do mapa de erosividade para o Estado de Mato Grosso do Sul elaborado por Oliveira et al. (2012) utilizando 109 estações distribuídas na região com séries históricas superior a 15 anos de registro para o cálculo do índice de erosividade EI_{30} efetuando a partir dos valores mensais de chuva a obtenção da erosividade para o estado.

Para trabalhar o banco de dados geográficos foi empregado a versão 5.1.8 do *software* Spring (Sistema de Processamento de Informações Geográficas), os produtos finais foram exportados no formato *shapefile* para serem editados e finalizados seus *layouts* no *software* Arc-Map.

4. Resultados e Discussão

4.1 Erodibilidade

Os solos de maior erodibilidade são aqueles cuja textura é mais arenosa, portanto “possuem baixa proporção de partículas argilosas, que atuam como uma ligação entre as partículas

maiores, apresentam maior facilidade para a remoção das partículas, que se verifica, mesmo em pequenas enxurradas” (Salomão, 2007, p. 324), enquanto que os de menor erodibilidade são os solos associados a condições de hidromorfismo, ou seja solos com intenso regime de inundação e textura que varia geralmente de argilosa a muito argilosa (Fernandes et al, 2007), (**Tabela 1**).

Os solos do tipo Gleissolos ocupam 6,24% da área do município (**Figura 2**) apresentam baixo grau de erodibilidade e se encontram em parte nos fundo de vale e na porção do pantanal sul nas margens direita e esquerda do rio Miranda, segundo Guerra e Botelho (2006), sua baixa suscetibilidade refere-se a sua localização em áreas planas não sujeita ao escoamento.

Plintossolos representam 2,29% da área total localizados em pequenas manchas na margem esquerda do rio Miranda a sudoeste e junto aos córregos Poeira e Cachoeirinha na porção sul do município.

Tabela 1. Valores de erodibilidade adotados para os solos identificados na área de estudo e suas representatividades.

Classes de solo	Valor de Erodibilidade	Comportamento textural	Área (%)	Área (Km ²)
Gleissolos	0 – 4,0	Solos Hidromórficos em relevo plano	6,2	2.492.501.400
Plintossolos	4,1 – 6,0	Solos de textura argilosa	2,29	125.676.000
Chernossolos, Argissolos	6,1 – 8,0	Solos de textura média e média/argilosa	40,93	474.677.100
Neossolos, Planossolos Vertissolos	8,1 – 10	Solos com textura arenosa/média	50,52	2.383.405.200
Total			100	5.476.259.700

Fonte: Salomão (2007).

Os solos do tipo Chernossolos e Argissolos ocupam áreas adjacentes a Serra da Bodoquena e inserida na sub-bacia do Rio Salobra em pequenas manchas correspondendo cerca de 8,66% e 32,27% do município apresentando erodibilidade de média a alta.

Os Solos Argissolos ocorrem em cerca de 32,27% da área de Miranda confrontando com o limite municipal a leste em sua grande parte e na região correspondente a Serra da Bodoquena inserida no município e junto com chernossolos apresentam erodibilidade considerável.

Os solos Neossolos, Planossolos e Vertissolos juntos correspondem a pouco mais da metade da área ocupada pelo município com 50,52% da área, sendo entre eles os Planossolos de maior expressividade com 20,58% seguido do Vertissolos com 18,68% e os Neossolos com 11,24% e representam os solos de maior erodibilidade desse estudo.

O alto grau de erodibilidade dos planossolos deve-se ao contraste textural e estrutural oriundo da transição abrupta entre os horizontes A arenoso e lavado para o horizonte Bt argiloso. Os Vertissolos por conta da presença de um horizonte C vértico apresenta baixa porosidade com permeabilidade chegando a muito lenta com alta pegajosidade quando úmido e secos e duros na época de seca, cuja característica apresenta o aparecimento de fendas profundas na estiagem. Os Neossolos são mais suscetíveis a erosão devido ao predomínio de frações grosseiras a cascalhentas, cuja rápida infiltração permite a saturação do perfil condicionando o rápido escoamento superficial e subsuperficial da água elevando o índice de erodibilidade desses solos (Guerra e Botelho, 2006).

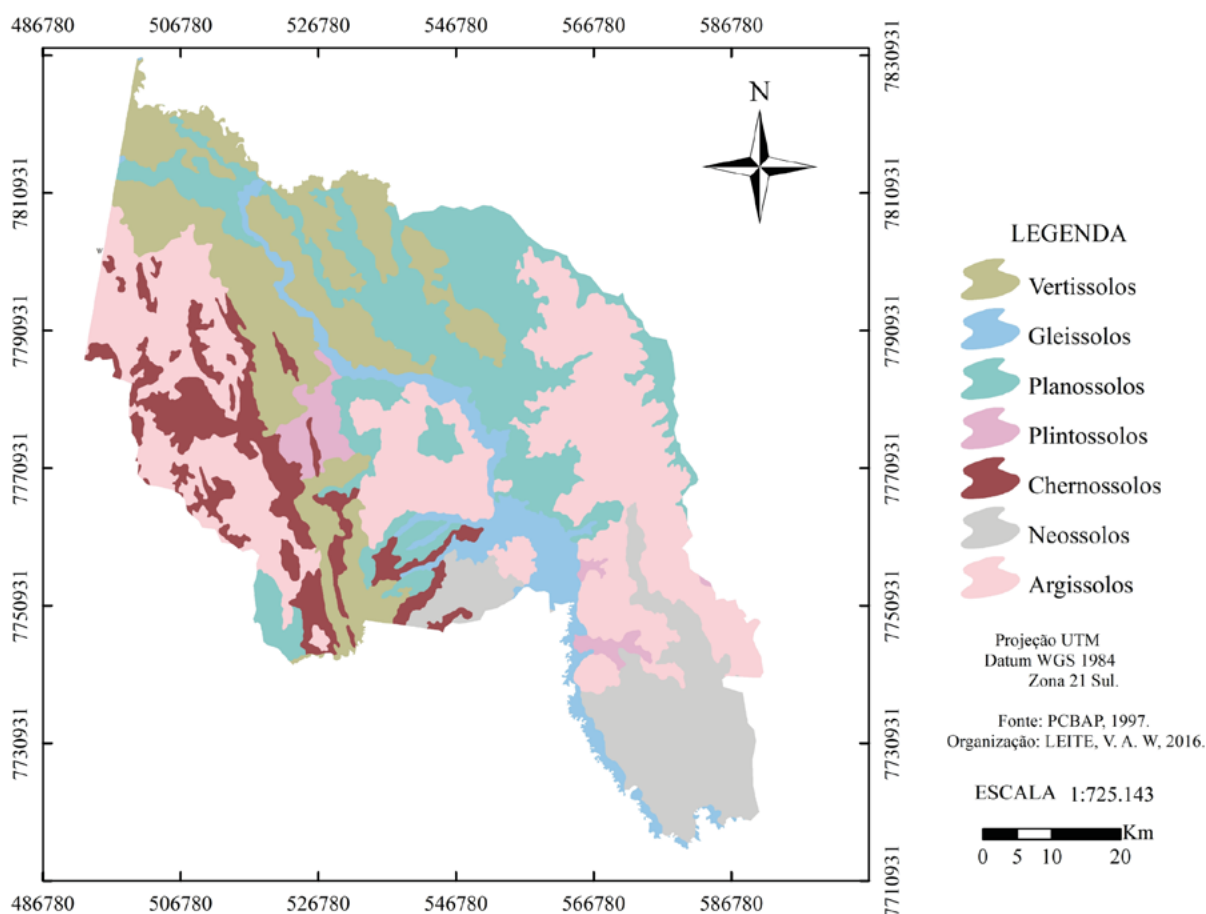


Figura 2. Distribuição das classes de solos do município de Miranda/MS.

4.2 Declividade e Comprimento de encosta

Os mapas de declividade e comprimento de encosta estão representados na **Figura 3**.

“O comprimento encosta ou vertente é definido como sendo a distância entre o ponto onde se origina o escoamento superficial até o ponto onde a declividade decresce o suficiente para que ocorra a deposição de sedimentos ou onde a água entra nos sistemas de canais de drenagem” (BRASIL, 1997, p. 280).

De acordo com Cunha (2003) nesse fator a distância entre a linha de cumeeada e o talvegue exerce influencia importante no trabalho da drenagem em dissecar o relevo, já que quanto menor a distância entre os interflúvios maior o grau de entalhamento dos canais fluviais.

Topograficamente, a área de estudo foi dividida em duas regiões de acordo com o BRASIL (1997) onde as áreas com altitude próximas a 100 metros é considerado Pantanal com baixas declividades em torno de 6% e acima de 100 metros área de Planalto com maiores declividades por volta de 20% ou mais. A planície do Pantanal corresponde a 44,26 % da área de estudo e representa em sua totalidade a classe de grandes comprimentos de encosta >5000m equivalente a capacidade nula de erodir superada pelos processos de sedimentação em que é submetido. Essa área somada com as demais classes de comprimento de encosta representada pela classe >5000m alcança 52,02% da área total seguida da classe 2000m a 5000m com 23,78%, 750m a 250m com 21,51% e a menor dimensão interfluvial <250m com 2,67% de área no município

As classes de declividade estabelecidas por Salomão (2007) mais expressivas foram as classes 0 a 6% correspondente a planície pantaneira com 79,78% de área seguida da classe de 6 a 12% com 14,55% de área restando as áreas cujas elevações são mais acentuadas com apenas

2,86% de área e 12 a 20% de declividade e 2,80% da área com declividade superior a 20%. Essas regiões mais acidentadas estão localizadas, sobretudo, na região da Serra da Bodoquena a oeste do município e na região da Depressão do Aquidauana-Miranda a leste do município.

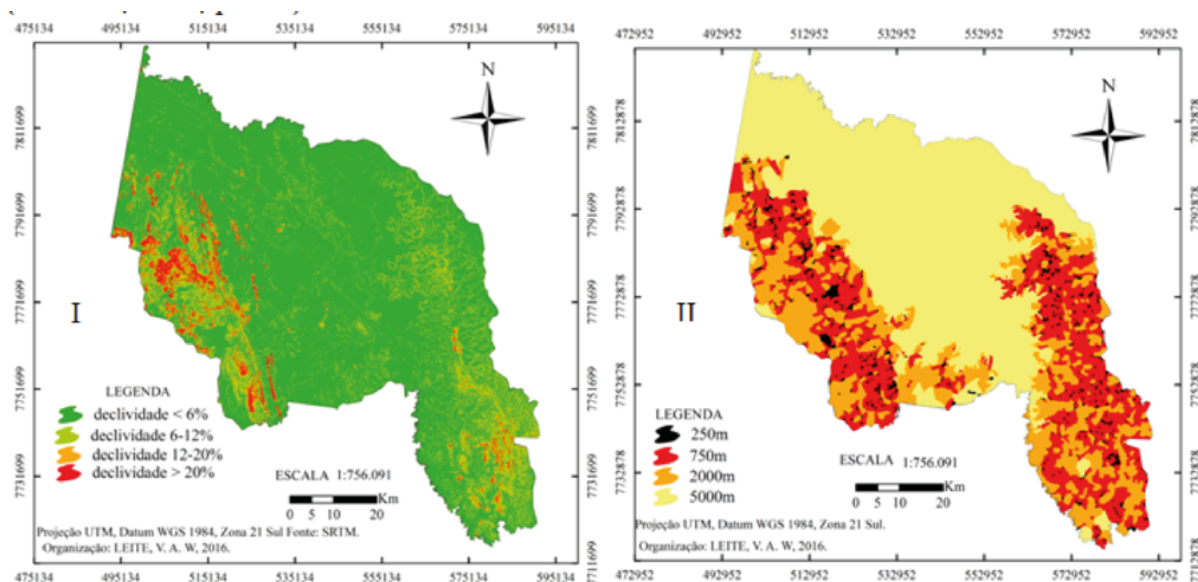


Figura 3. Mapa de distribuição de classes de Declividade (I) e das classes de Comprimento de Encosta (II) do município de Miranda/MS.

4.3 Erosividade

Esse parâmetro indica a capacidade da chuva em causar erosão através do impacto das gotas de chuva com o solo e o consequente desprendimento das partículas desagregadas pela intensidade com que a chuva golpeia o solo (Carvalho, 2008). Devido a dificuldade de obtenção dos dados para o cálculo da erosividade utilizando o índice do Fator R da Equação Universal de Perdas de Solo optou-se por adotar os resultados obtidos por Oliveira (2012) para o Estado de Mato Grosso do Sul (Figura 4).

Os valores médios encontrados de erosividade anual para a região do município de Miranda foi de 7569,98 a 8346,03 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ de acordo com Oliveira (2012). Esses valores de acordo com Carvalho (2008) são considerados valores de erosividade forte e equivale aos valores encontrados em outros estudos como, por exemplo, a erosividade encontrada por Machado et al (2014), com valores entre 8.159 (forte) e 14.418 MJ.mm.ha-1.h-1 (muito forte), em 2008 e 2009 para o Bioma Pantanal.

4.4 Suscetibilidade a erosão laminar

O mapa de suscetibilidade a erosão laminar reflete as características naturais dos terrenos (erodibilidade, comprimento de encosta, declividade, erosividade) em face do desenvolvimento de processos erosivos (Salomão, 2007). Estas variáveis foram inseridas na programação do LEGAL/Spring, possibilitando gerar mapa final de suscetibilidade a erosão laminar. A espacialização das classes de suscetibilidade a erosão laminar está representada na Figura 5 e suas respectivas áreas na Tabela 2.

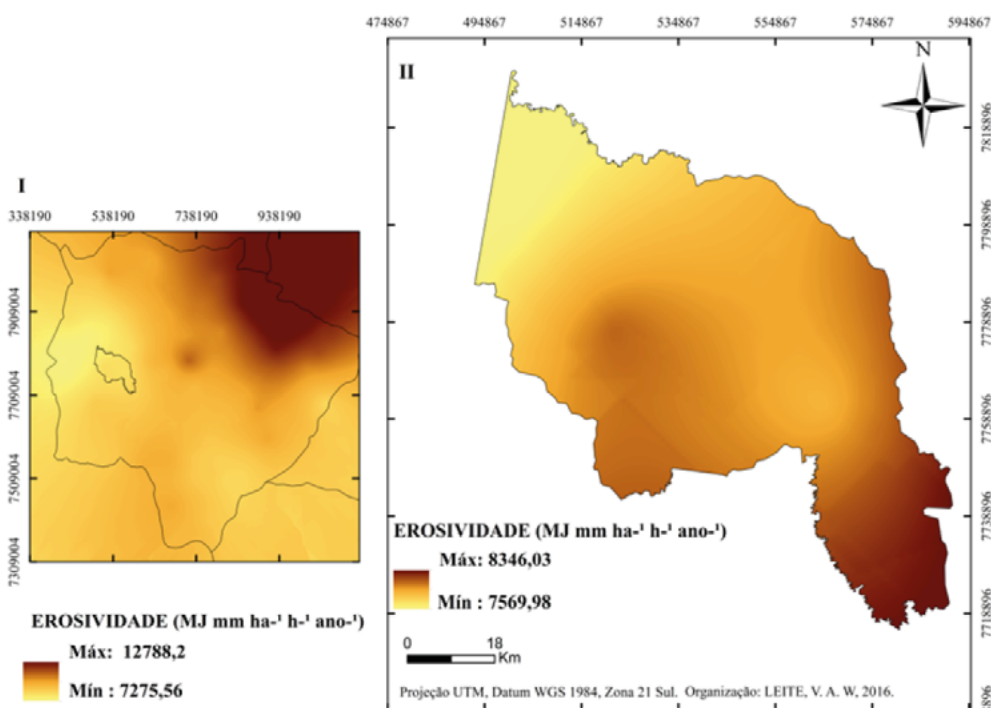


Figura 4. Distribuição dos valores de erosividade no Estado de Mato Grosso do Sul (I) (adaptado de Oliveira 2012) e valores de erosividade para o município de Miranda-MS (II).

Tabela 2. Classes de Suscetibilidade a Erosão Laminar e suas respectivas áreas no Município de Miranda/MS.

Classes	Área (Km ²)	Área (%)
Moderadamente Suscetível	898.682400	16,45
Muito Suscetível	4449.939300	81,42
Extremamente Suscetível	116.576100	2,13
Total	5.465.197.800	100

A partir desse cruzamento, obteve-se para a área três classes suscetíveis a erosão laminar, todas propostas por Salomão (2007), onde o resultado das somas dos valores que vão de 0 a 10 para cada fator dividido pelo número de variáveis, no caso quatro, correspondem às classes obtidas: 4,1 a 6,0 (Moderadamente Suscetível), 6,1 a 8,0 (Muito Suscetível) e 8,1 a 10,0 (Extremamente Suscetível). Entre elas a mais expressiva refere à classe Muito Suscetível com 81,42% da área de estudo trata da classe da qual parte encontra-se na planície pantaneira onde desconsideramos a ação dos processos erosivos por se tratar de área sujeita a ação de processos de deposição de sedimentos. A outra metade dessa classe corresponde a classe VI de capacidade de Uso da Terra de Salomão (2007) com problemas complexos de conservação por apresentar solos rasos a mediamente profundos, baixa fertilidade, declividade de 12 a 20%. A classe Moderadamente Suscetível representa 16,45% da área e reflete as porções do município cujas características correspondem a propriedades físicas menos sujeitas a erosão laminar como solos menos erodíveis situados em áreas de baixas declividades (<12%) e maior distância entre os canais favorecendo assim o depósito de sedimentos por agentes fluviais ao invés de desgaste e transporte destes materiais (Guerra; Botelho, 2006). A classe de menor representatividade é a classe Extremamente Suscetível com 2,13% da área constituídos por terrenos muito íngremes e escarpados com declividade superior a 20%, solos rasos e cascalhentos ou pedregosos, proximidade entre os canais menor de 250m favorecendo a atuação dos processos erosivos.

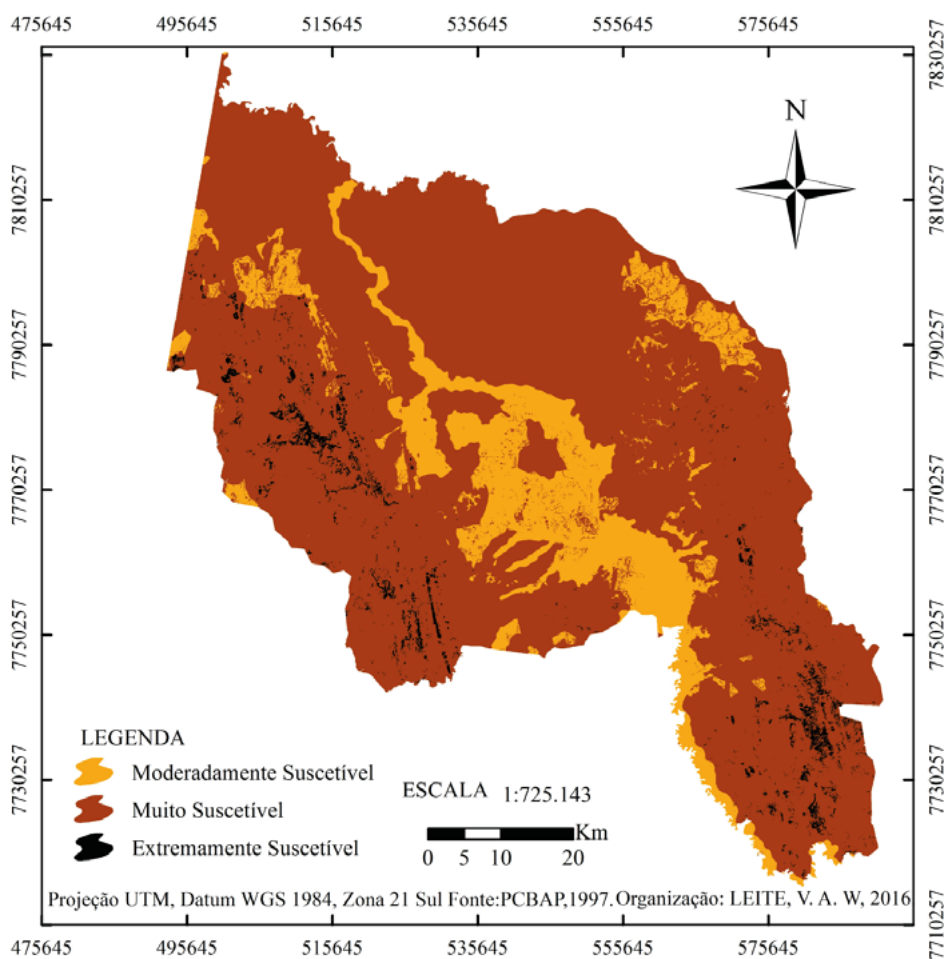


Figura 5. Espacialização das classes de suscetibilidade a erosão laminar no município de Miranda-MS.

5. Conclusões

Os resultados encontrados podem subsidiar ações e modos de uso da terra que levem em consideração as potencialidades e suscetibilidades no município, uma vez que a erosão laminar é incipiente o que permite a minimização de seus processos. A sugestão ao manejo recai sobre as práticas conservacionistas edáficas, vegetativas e mecânicas, que devem ser aplicadas simultaneamente para a eficiência da conservação do solo.

6. Agradecimentos

Ao CNPQ pela bolsa concedida de Iniciação Científica do PIBIC.

7. Referências

Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone, 2008. 6a edição.

BRASIL. PCBAP – **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal)**. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Brasília, 1997.

Carvalho, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. CPRM – Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais, Rio de Janeiro, RJ. 2008. 600 p.

Cunha, C. M. L.; Mendes, I. A.; Sanchez, M. C. **Técnicas de elaboração, possibilidades e restrições de cartas morfométricas na gestão ambiental**. Geografia, Rio Claro, v. 28, n. 3, p. 415-429, set./dez. 2003.

- Dantas, K. P.; Monteiro, M. do S. L. **Valoração econômica dos efeitos internos da erosão: Impactos da Produção de Soja no Cerrado Piauiense.** Revista de Economia e Sociologia Aplicada, Piracicaba, SP, vol 48, nº 4, p. 619-633, 2011.
- Fernandes, F. A.; Fernandes, A. H. B. M.; Soares, M. T. S; Pellegrin, L. A.; Lima, I. B. T. de. **Atualização do mapa de solos da planície pantaneira para o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2007. 6 p. (Embrapa Pantanal.Comunicado Técnico, 61). Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/download.php?arq_pdf=COT61>. Acesso em: 08 jun. 2016.
- Fitz, P.R. **Geoprocessamento sem complicações.** São Paulo: Oficina de textos, 2008.
- Galeti, P. A. **Conservação do solo; Reflorestamento; Clima.** 2. Ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973.
- Guerra, A.J.T.; Botelho, R.G.M. **Erosão dos Solos.** In: Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil (2006). P. 181-227.
- Leite, E.F. **Caracterização, diagnóstico e zoneamento ambiental: o exemplo da bacia hidrográfica do Rio Formigas.** 228 f. Tese de doutorado (doutorado em Geografia). Universidade Federal de Uberlândia, 2011.
- Machado, D. O.; Sobrinho, T. A.; Ribeiro, A. da S.; IDE, C. N.; Oliveira, P. T. S.. **Erosividade da Chuva para o bioma Pantanal.** Eng. Sanit. Ambiental, Vol. 19, n.2, abr/jun de 2014, 195-202.
- Oliveira, P. T. S.; Rodrigues, D. B. B.; Sobrinho, T. A.; Carvalho, D. F. de; Panachuki, E. **Spatial variability of rainfall erosive potential in the State of Mato Grosso do Sul, Brazil.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v. 32, n.1, p.69-79, jan./fev.2012.
- Salomão, F. X. de T. **Controle e Prevenção dos processos erosivos.** In Guerra, A. J. T.; Silva, A. S. da & Botelho, R. G. M. (org.). Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações. 3º ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.
- Silva, A. M.; Schulz, H. E.; Camargo, P. B. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas.** 2ª ed. São Carlos: RiMa, 2007.
- Tricart, J. **Ecodinâmica.** Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Superintendência de Recursos Naturais e Meio ambiente. Diretoria Técnica. Rio de Janeiro, p. 97, 1977. Original publicado em 1965, na França.
- Zachar, D. **Soil Erosion.** Amsterdam: Elsevier, 1982. (Developments in Soil Science 10).