

Mapeamento do risco a erosão na Área de Proteção Ambiental do córrego Lageado, MS

Paulo Tarso Sanches de Oliveira¹
Teodorico Alves Sobrinho¹
Dulce Buchala Bicca Rodrigues¹

¹ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS
Caixa Postal 549 - 79070-900 - Campo Grande - MS, Brasil
paulotarsoms@hotmail.com; talves@nin.ufms.br; dulce@nim.ufms.br

Abstract. The Management Plan is a technical document, which determines the zoning of Conservation Unit, featuring soil use and occupancy in accordance with the purposes of each Conservation Unit. The zoning requires knowledge of critical areas or environmentally vulnerable, those with higher risk environmental degradation. One of the main problems of environmental degradation is the water erosion process, which may harm the soil and water. Thus, this study aimed to achieve the mapping of erosion risk areas in the Environmental Protection area of Lageado. The equation of Universal Soil Loss and the integrating of information plans into Geographic Information System (GIS) were used. Approximately 92% of the area has low and very low risk classes. However, 2.5% of the area (high and extrem Classes) corresponds to soil loss above the tolerable limit of soil group. The mapping of the erosion risk allows to define the priority areas to be recovered and the adequate soil use and occupancy, both useful information for the environmental zoning.

Palavras-chave: water erosion, soil loss tolerance, water and soil conservation, erosão hídrica, tolerância a perda de solo, conservação do solo e água.

1. Introdução

Para a realização do uso e ocupação do solo de Áreas de Proteção Ambiental (APAs) de forma equilibrada e não predatória é necessária a realização de planejamento, garantida por meio do desenvolvimento de um Plano de Manejo. Esse consiste de um documento técnico, no qual se determina o zoneamento de uma Unidade de Conservação (UC), caracterizando zonas de uso e ocupação do solo e manejo dos recursos naturais de acordo com as finalidades de cada UC. Dessa forma, para realização do zoneamento é necessário conhecimento das áreas críticas ou vulneráveis ambientalmente, aquelas com maior risco a degradação ambiental.

Um dos principais problemas de degradação ambiental são os processos de erosão hídrica, capazes de degradar o solo e a água. Atualmente, valores de risco a erosão tem sido utilizados no planejamento agrícola e ambiental em diversos países, pois permite a identificação de regiões em situação críticas de perda de solo (Zhang et al., 2004; Basic et al., 2004). De acordo com Mati et al. (2000), é necessário mapear mais extensivamente e quantificar a erosão, com o objetivo de subsidiar estratégias e procedimentos para o planejamento e conservação do solo a nível regional.

Na análise espacial dos processos de erosão hídrica são utilizados modelos preditivos como forma de subsidiar o planejamento ambiental. Técnicas de modelagem da erosão proporcionam a avaliação dos impactos na agricultura, solos e recursos hídricos (Renschler & Harbor, 2002), fornecendo informações úteis na tomada de decisões no planejamento conservacionista do solo e água (Schietecatte et al., 2008). Dentre os modelos empíricos de predição a erosão, pode-se destacar a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) proposta por Wischmeier & Smith (1978). A aplicação desse modelo tem sido facilitada pelo uso de Sistema de Informações Geográficas (SIG), sendo mundialmente utilizado (Mati et al., 2000; Auerswald et al., 2003; Erdogan et al., 2007; Weill & Sparovek, 2008).

Deste modo, este trabalho tem por objetivo realizar o mapeamento das áreas de risco a erosão, por meio da aplicação da EUPS em ambiente SIG, visando com isso gerar dados que subsidiem o plano de manejo na APA do Lageado, MS.

2. Material e Métodos

2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado tomando-se por base a Área de Proteção Ambiental (APA) do Lageado, criada em 2001 pelo Decreto nº 8.265 (Campo Grande, 2001). Essa APA contém um importante manancial de água superficial de Campo Grande, MS, responsável pelo abastecimento de aproximadamente 10% da população urbana do município, correspondendo a cerca de 75.000 pessoas. A área, de aproximadamente 53 km², abrange o limite da bacia hidrográfica do córrego Lageado a partir do ponto de captação superficial.

A APA do Lageado está localizada na grande unidade geológica denominada Bacia Sedimentar do Paraná e encontra-se inserida na sub-bacia hidrográfica do Rio Pardo. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, situa-se na faixa de transição entre o clima Cfa mesotérmico úmido sem estiagem e AW tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A temperatura média do mês mais quente é superior a 22 °C, apresentando no mês mais seco precipitação superior a 30 mm. A localização espacial da área em estudo está representada na Figura 1.



Figura 1. Mapa de Localização da APA do Lageado

A altitude na área varia de 550 m, no ponto de captação de água, a 694 m na porção norte nos divisores de água. O relevo é predominantemente plano com declividade de 0 a 6%.

2.2. Equação Universal de Perda de Solo

Na estimativa de perda de solo por erosão laminar e em sulcos utilizou-se a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) (Wischmeier & Smith, 1978), com auxílio do SIG Spring 5.0.2 (Câmara et al., 1996). Cada fator definido na EUPS recebeu tratamento específico desenvolvido em Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL) do Spring.

O banco de dados formado no Spring foi realizado tomando como base o elipsóide de referência SAD 69, Meridiano Central 57° W Gr., Fuso 21 Sul e sistema de coordenadas em *Universal Transversa de Mercator* (UTM).

Conforme proposto por Wischmeier & Smith (1978), no modelo EUPS a perda média anual de solo em toneladas por hectare (A) é calculada por meio da integração de seis fatores, Equação 1:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (1)$$

Em que: A = perda média anual de solo por unidade de área (t.ha⁻¹.ano⁻¹); R= erosividade da chuva (MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹); K = erodibilidade do solo (t.h.MJ⁻¹.mm⁻¹); L = comprimento

de rampa (m); S = declividade da vertente (%); C = uso e manejo do solo (adimensional); e, P = práticas conservacionistas (adimensional).

2.3. Índice de erosividade médio anual

O índice de erosividade médio anual (fator R) para um local, é a soma dos valores mensais do índice de erosão. Para realização do cálculo deste fator utilizou-se a Equação 2 proposta em Lombardi Neto & Moldenhauer (1992).

$$EI = 68,73 (p^2 / P)^{0,841} \quad (2)$$

Em que: EI = média mensal do índice de erosão (MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹); p = precipitação média mensal em milímetros; e, P = precipitação média anual em milímetros.

Na obtenção do fator R foram utilizados dados pluviométricos disponíveis na Agência Nacional de Águas (ANA). Utilizou-se informações pluviométricas referentes a 21 anos da estação n. 2054014, distante aproximadamente 3,5 km da área em estudo, pois não existem dados pluviométricos disponíveis na APA. Considerando que o fator R é um índice numérico, gerou-se uma grade regular para toda a área a partir do resultado obtido por meio da integração dos dados na Equação 2.

2.4. Erodibilidade e tolerância a perda de solo

A erodibilidade (fator K) foi obtido por meio da associação dos valores de erodibilidade verificados na literatura e adaptados para as condições da área em estudo. As classes de solo foram determinadas por meio da interpretação de imagem do satélite Ikonos II de março de 2006 e informações coletadas em campo, tais como textura, plasticidade, cor e cobertura do solo.

Após a definição das classes de solo existentes na área foram atribuídos valores de erodibilidade e tolerância de perda de solo (A_t) (Tabela 1).

Tabela 1. Classes de solo

Classes de solo	Erodibilidade (K) t.h.MJ ⁻¹ .mm ⁻¹	Tolerância (A _t) t.ha ⁻¹
Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo)	0,0270	8,2
Neossolo Quartzarênico Hidromórfico (RQg)	0,0270	7,5
Latossolo Vermelho distrófico (LVd)	0,0130	15
Argissolo Vermelho distrófico (PVd)	0,0330	8,5
Gleissolo Háptico, Tb, distrófico (GXbd)	0,0355	7,5

Fonte: Adaptado de Bertoni & Lombardi Neto (2005); Silva & Álvares (2005)

2.5. Fator Topográfico

O fator LS expressa a relação do relevo no processo de perdas de solo. É calculado pela associação entre a declividade média e comprimento de rampa, conforme Equação 3 (Wischmeier & Smith, 1978).

$$LS = (L / 22,13)^m (0,00654.S^2 + 0,0456.S + 0,065) \quad (3)$$

Sendo: LS = fator topográfico; L = comprimento de rampa (m); S = declividade média da rampa (%). O expoente (m) é dependente da declividade, assim, para valores de: S < 1% m = 0,2; 1% ≤ S ≤ 3% m = 0,3; 3 < S ≤ 5 m = 0,4; e, S > 5% m = 0,5.

Na obtenção do fator LS foi gerado um Modelo Numérico de Terreno (MNT), desenvolvido por meio da vetorização da base topográfica, folhas Campo Grande SF. 21-X-B-II (DSG, 1979) e Sidrolândia SF. 21-X-B-V (DSG, 1972), ambas na escala 1:100.000, representadas por curvas de nível equidistantes 40 m, pontos cotados e hidrografia. O MNT foi gerado no Spring utilizando as amostras vetorizadas, sendo obtida a grade triangular e posteriormente uma grade retangular, para então calcular a declividade média da área expressa em porcentagem.

O comprimento do declive é medido a partir do ponto no qual o escoamento superficial se inicia (normalmente no topo do cume) até o escoamento no canal ou descendente de um ponto

no qual começa deposição (Schwab, 1996). Deste modo, foram traçados os divisores de água da área em estudo os quais foram atribuídos valores de cota zero. A hidrografia foi dada a condição de linha de quebra. Assim, gerou-se uma grade regular com valores de comprimento de rampa partindo dos divisores de água até a rede de drenagem.

2.6. Fatores uso e manejo e práticas conservacionistas

O uso e manejo (fator C) foi determinado conforme informações contidas na Tabela 2, na qual buscou-se associar a cada uso do solo um fator C correspondente. A obtenção dos dados de uso do solo foi realizada pelo mapeamento obtido a partir da interpretação visual da imagem do sensor HRC satélite CBERS 2B, de 09 de julho de 2008 (INPE, 2008), validadas em campo. Deste modo, foram divididas em 8 classes de ocupação do solo e atribuídas a essas valores do fator C (Tabela 2).

Tabela 2. Valores do fator C atribuídos aos diferentes usos do solo

Classes	Fator C
Água	0
Área úmida	0
Cerradão	0,001
Cerrado	0,002
Eucalipto	0,005
Pastagem	0,01
Solo exposto	1
Área urbana	0,03

Fonte: Adaptado de Wischmeier & Smith (1978)

As áreas ocupadas por gramíneas, geralmente em canteiros ou terrenos vazios da prefeitura, foram classificadas como áreas de pastagens, recebendo o mesmo valor do fator C.

Ao fator P atribui-se o valor 1, considerando-se a não adoção de práticas conservacionistas em toda a área em estudo.

2.7. Integração dos fatores da EUPS

A partir da obtenção dos fatores da EUPS realizou-se a conversão dos dados temáticos em grades numéricas, com resolução de 10 x 10 m, e realizou-se a seqüência de sintaxes em LEGAL conforme equações propostas.

De acordo com Wischmeier & Smith (1978), o valor de perda de solo (A) da EUPS pode ser substituído pela perda de solo tolerável (A_t) dado em $t.ha^{-1}.ano^{-1}$. Assim, considerando o valor de $P=1$, pode-se determinar a capacidade de uso e manejo permissível (Equação 4).

$$CP_p = A_t / R.K.L.S \quad (4)$$

A partir desta equação é possível estabelecer e analisar áreas de ocupação do solo, considerando este índice como indicador do provável ajuste da ocupação do solo de acordo com as características ambientais que influenciam nos processos erosivos.

Com intuito de verificar as áreas que atualmente ocorrem perdas de solo acima do valor tolerável para cada tipo de solo, realizou-se a razão entre perda de solo e valores de tolerância de perda de solo. Esta razão é denominada risco a erosão (RE) (Basic et al., 2004; Mello et al., 2006) (Equação 5).

$$RE = A / A_t \quad (5)$$

Após a aplicação da equação foram definidas classes de RE, como: muito baixo (< 0,2); baixo (0,2 – 0,5); moderado (0,5 – 1,0); alto (1,0 – 2,0); muito alto (2,0 – 4,0); e, extremo (> 4,0), conforme Basic et al. (2004).

Os resultados obtidos em grades numéricas foram fatiados e convertidos em vetor, que posteriormente foram utilizados na elaboração dos mapas finais no *software* ArcGis 9.2 (ESRI, 2006).

3. Resultados e Discussão

A determinação e espacialização dos componentes do modelo EUPS, em ambiente SIG, possibilitou a geração dos mapas de erodibilidade do solo (fator K), condições topográficas (fator LS) e uso e manejo do solo (fator C), os quais, juntamente ao fator erosividade (R) generalizado para toda área de estudo, formam o conjunto de fatores intervenientes no processo erosivo da APA do Lageado (Figura 3).

O valor de erosividade calculado foi de $6.515 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, sendo esse extrapolado para toda a área em estudo (Figura 3A). Silva (2004) trabalhou com dados de 1.600 estações pluviométricas espalhadas em todo o Brasil e obteve valores de erosividade variando de 3.116 a $20.035 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Assim, pode-se classificar o resultado obtido neste estudo como de erosividade média.

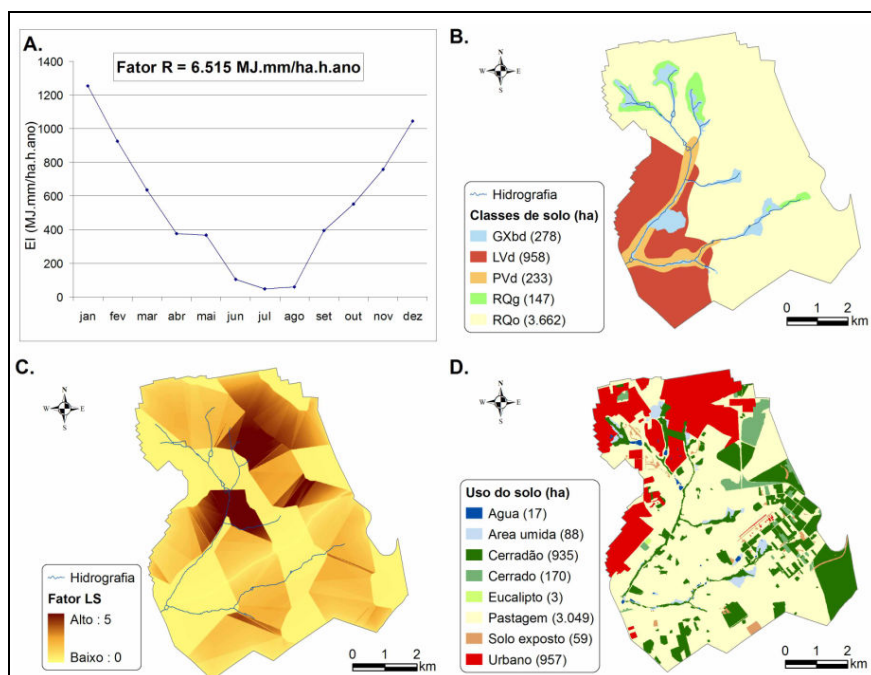


Figura 3. Dados obtidos para integração no modelo EUPS: A. erosividade (fator R); B. erodibilidade (fator K); C. condições topográficas (fator LS); D. uso e manejo do solo (fator C).

Os tipos de solos verificados na APA do Lageado possuem características distintas de erodibilidade. Aproximadamente 69% da APA possui solos Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo), que podem ser classificados, de acordo com Carvalho (2008), como erodibilidade média. Solos de elevada erodibilidade, como o Argissolo Vermelho Distrófico (PVd) e Gleissolo Háptico Tb Distrófico (GXbd), ocupam cerca de 10% da área. Solos menos erodíveis como o Latossolo Vermelho Distrófico (LVd), localizados na parte sudoeste da APA correspondem a 18% (Figura 3B).

Com relação ao fator topográfico, obteve-se valores variando de 0 a 5 (Figura 3C), verificando-se que os maiores valores desse fator estão concentrados na área norte da APA e estão associados a áreas de maior declividade (3% a 6%).

O uso do solo da APA é constituído, predominantemente, de áreas de pastagens (57,8%), cerradão (17,7%), cerrado (3,2%), eucalipto (0,1%), água (0,3%), área úmida (1,7%), solo exposto (1,1%) e área urbana (18,1%) (Figura 3D). Somando as classes de cerrado e cerradão é possível verificar que 20,9% da área possui cobertura de vegetação nativa.

A pecuária de corte é a atividade agrícola predominante na área. No entanto, verificou-se a existência de pequenas propriedades rurais, nas quais, ocorre a criação de gado leiteiro e outros animais, como suínos, caprinos e ovinos, além do cultivo de hortaliças. Outra forma de

uso do solo na APA são os pesqueiros, na qual boa parte dos proprietários desviam ou represam água do córrego para abastecer os tanques.

Nas áreas urbanizadas da APA, verificou-se que grande parte dos bairros não possui infra-estrutura adequada. Assim, observou-se visualmente a formação de processos erosivos principalmente nas ruas sem pavimentação.

3.1. Perda de solo e uso permissível do solo

O valor médio da taxa de perda de solo na APA do Lageado foi de $2,0 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ e desvio padrão de 10,6. O fato de o desvio padrão ter sido superior a média indica a elevada variação dos resultados. Nota-se que 93,6% dos resultados correspondem a perda de solo inferior a $5 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Os demais correspondem a valores elevados de perda de solo, proporcionando essa variação (Figura 4A).

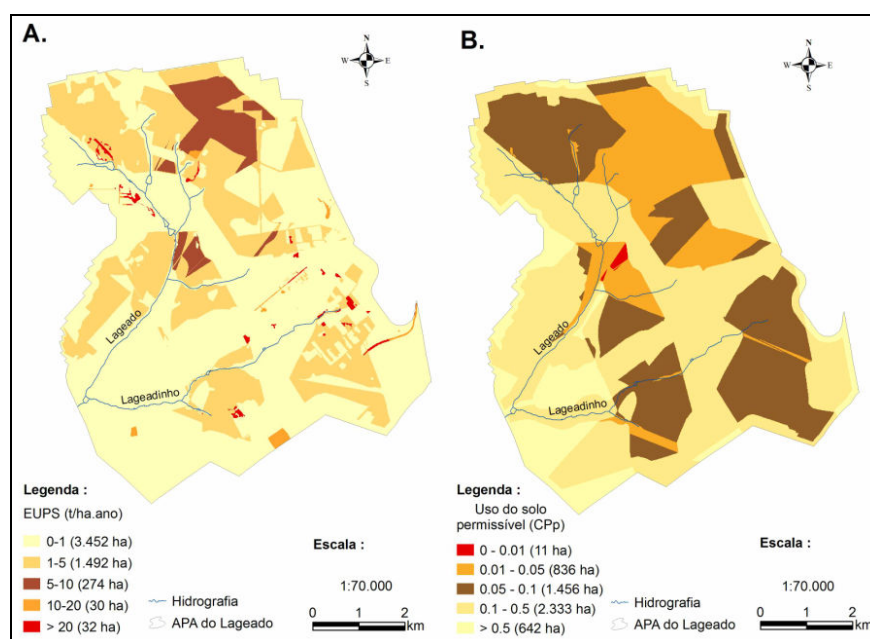


Figura 4. A. distribuição espacial da perda de solo e B. Uso permissível do solo na APA do Lageado

Os resultados obtidos do uso permissível do solo (Figura 4B) indicam que para valores próximos a zero deve-se priorizar a manutenção da cobertura vegetal e manejo regular do solo. Já valores superiores a 0,5, demonstram que a área é mais resistente a erosão podendo ser utilizada de forma mais intensiva, como exemplo em culturas anuais.

A região sudoeste da APA (Figura 4B) é a que possui maior resistência natural a erosão, isso em virtude da combinação do tipo de solo, que na área é o LVd caracterizado por apresentar valor de tolerância a perda de solo elevado e pelos baixos valores do fator topográfico. A região norte (Figura 4B) é a que apresenta a maior fragilidade do solo, devendo apresentar valores de CP próximo a zero. Nessa região verifica-se a predominância do grupo de solos Neossolos caracterizado por valores baixos de tolerância a perda de solo.

3.2. Risco a erosão

As classes de risco a erosão ocuparam os seguintes percentuais da APA do Lageado: Muito Baixo (80,9%), Baixo (11,1%), Moderado (5,5%), Alto (1,6%), Muito Alto (0,4%) e Extremo (0,5%). Nota-se que aproximadamente 92% da área em estudo apresenta classes de risco inferior a baixo. No entanto, 2,5% da área (classes Alto a Extremo) correspondem a perda de solo superior ao limite tolerável de perda de solo, o que as define como áreas prioritárias a serem recuperadas dentro do plano de manejo.

Na parte sul do mapa de risco a erosão (Figura 5), o entorno do reservatório de abastecimento apresenta fator desprezível de risco a erosão, em contrapartida, na parte norte, as nascentes dos córregos estão cercadas por áreas de elevado risco a erosão. A excessiva produção de sedimentos nesses locais pode comprometer a qualidade e quantidade da água disponível nos trechos seguintes da rede hidrográfica, diminuindo a vida útil do reservatório de abastecimento público.

Comparando as Figuras 4B e 5 nota-se que as classes de elevado risco a erosão estão relacionados a usos do solo acima dos valores permissíveis (CP_p). Deste modo, a utilização de valores de CP_p e das classes de risco a erosão formam um conjunto de informações importantes para a realização do zoneamento ambiental, pois, proporcionam a definição das áreas prioritárias a serem recuperadas e a definição de regiões de homogêneas de uso do solo.

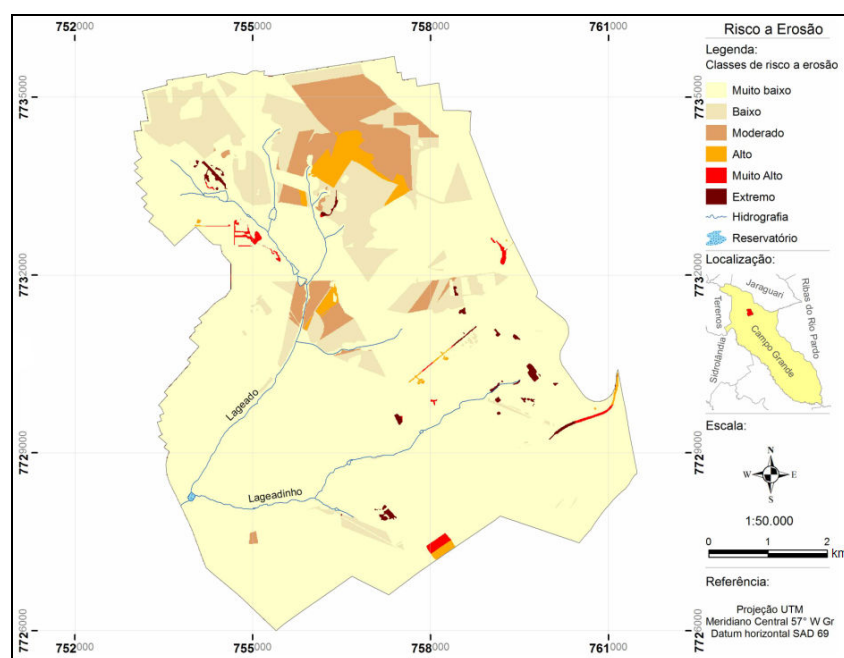


Figura 5. Mapa de risco a erosão

4. Conclusões

1. Áreas de risco a erosão podem ser utilizados como subsídio para elaboração do plano de manejo de APAs;
2. Na APA do Lageado aproximadamente 92% da área apresenta classes de risco inferior a baixo. No entanto, 2,5% da área (classes Alto a Extremo) correspondem a perda de solo superior ao limite tolerável de perda de solo.
3. A partir do mapeamento de risco a erosão pode-se verificar as áreas prioritárias a serem recuperadas e o uso e ocupação do solo adequado, proporcionando assim, informações úteis na realização do zoneamento ambiental.
4. A disponibilização gratuita de imagens do sensor HRC satélite CBERS 2B e do *software* Spring, proporcionam a realização do estudo de risco a erosão com qualidade e custos reduzidos.

5. Referências Bibliográficas

Auerswald, K.; Kainz, M.; Fiener, P. Soil erosion potential of organic versus conventional farming evaluated by USLE modelling of cropping statistics for agricultural districts in Bavaria. **Soil Use and Management**. v. 19, p. 305-311, 2003.

Basic, F.; Kiscic, I.; Mesic, M.; Nestroy, O.; Butorac, A. Tillage and crop management effects on soil erosion in central Croatia. **Soil & Tillage Research**, v.78, p. 197–206, 2004.

Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. **Conservação do solo**. 5ª ed. São Paulo: Ícone, 355p. 2005.

Câmara, G.; Souza, R.C.M.; Freitas, U.M.; Garrido, J.; IR, F.M. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

Campo Grande. **Decreto nº 8.265**. Cria a Área de Proteção Ambiental dos Mananciais do Córrego Lageado – APA do Lageado – Localizado no Município de Campo Grande, e dá outras providências. Campo Grande: 2001. Diário Oficial de Campo Grande, 27 de junho de 2001.

Carvalho, N.O. **Hidrossedimentologia prática**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência. 599p. 2008.

DSG (Diretoria do Serviço Geográfico). **Carta Campo Grande. Folha SF. 21-X-B-II**. Escala 1:100.000. Região Centro-Oeste do Brasil. Carta 1979.

DSG (Diretoria do Serviço Geográfico). **Carta Sidrolândia. Folha SF. 21-X-B-V**. Escala 1:100.000. Região Centro-Oeste do Brasil. Carta 1972.

Erdogan, E.H.; Erpul, G.; Bayramin, I. Use of USLE/GIS Methodology for Predicting Soil Loss in a Semiarid Agricultural Watershed. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 131, p.153–161, 2007.

ESRI – Environmental Systems Research Institute, **Inc. ArcGIS Professional GIS for the desktop, version 9.2. Software**. 2006.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Imagem CBERS 2B. Sensor HRC**. Canal 1. São José dos Campos: INPE. Imagem de Satélite. Órbita 163 Ponto 123. De 09 de julho de 2008. Disponível em <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 10 ago., 2008.

Lombardi Neto, F.; Moldenhauer, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campina (SP). **Bragantia**, v. 51, n.2, p. 189-196, 1992.

Mati, B.M.; Morgan, R.P.C.; Gichuki, F.N.; Quinton, J.N.; Brewer, T.R.; Liniger, H.P. Assessment of erosion hazard with the USLE and GIS: A case study of the Upper Ewaso Ng'iro North basin of Kenya. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**. v. 2, n.2, p. 78-86, 2000.

Mello, G.; Bueno, C.R.P.; Pereira, G.T. 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, n.2, p.315–322, 2006.

Renschler, C.S.; Harbor, J. Soil erosion assessment tools from point to regional scales-the role of geomorphologists in land management research and implementation. **Geomorphology**, v.47, p.189–209, 2002.

Schietecatte, W.; D'hondt, L.; Cornelis, W.M.; Acosta, M.L.; Leal, Z.; Lauwers, N.; Almoza, Y.; Alonso, G.R.; Días, J.; Ruíz, M.; Gabriels, D. Influence of landuse on soil erosion risk in the Cuyaguajeje watershed (Cuba). **Catena**, v.74, p.1-12, 2008.

Schwab, G.O.; Fangmeier, D.D.; Elliot, W.J. **Soil and water management systems**. 4ª ed. New York: Wiley. 371p. 1996.

Silva, A.M. Rainfall erosivity map for Brasil. **Catena**, v. 57, p. 251-259, 2004.

Silva, A.M.; Alvares, C.A. Levantamento de Informações e estruturação de um banco de dados sobre a erodibilidade de classes de classes de solo no estado de São Paulo. **Geociências**, v. 24, n. 1, p. 33-41, 2005.

Weill, M.A.M.; Sparovek, G. Estudo da erosão na microbacia do ceveiro (piracicaba, sp). I - Estimativa das taxas de perda de solo e estudo de sensibilidade dos fatores do modelo EUPS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.801-814, 2008.

Wischmeier, W.H.; Smith, D.D. **Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning**. Washington: USDA Agriculture Handbook, n. 537, 58p. 1978.

Zhang, X.; Shao, M.; Li, S.; Peng, K. A review of soil and water conservation in China. **Journal of Geographical Sciences**, v.14, n.3, p. 259-274, 2004.