

Modelagem da erosão como subsídio a implantação do Programa Produtor de Águas na Bacia do Ribeirão Pípiripau

Jorge Enoch Furquim Werneck Lima ¹
Felippe Damiano Mello di Silva ^{2,3}
Pedro Ribeiro Martins ^{2,3}
Hugo de Carvalho Sobrinho ^{2,4}
Nathália Barbosa Oliveira ^{2,3}

¹ Pesquisador da Embrapa Cerrados
BR 020, km 18, Planaltina - DF, Brasil
jorge.werneck-lima@embrapa.br

² Estagiário da Embrapa Cerrados

³ Graduando em Gestão Ambiental – UnB-Planaltina
felippedamiao@hotmail.com; peedrorm@gmail.com; nathalia.barbosa24@gmail.com

⁴ Graduando em Geografia – UEG-Formosa,GO
hugodecarvalho2009@hotmail.com

Abstract. Payment for Environmental Services (PES) has assumed increasing importance in discussions about sustainable development strategies. Many of the PES programs are based on water erosion control and the corresponding environmental and economic benefits generated in the basins where they are implemented. The main objective of this study was to show how erosion susceptibility models can support PES programs. The application of the Universal Soil Loss Equation (USLE) in the Pípiripau River Basin was used as study case. The USLE application in a spatially distributed form proved to be an important support tool for land management and the implementation of PSE policies. The results show that a large part of the studied basin presents “Low” susceptibility to erosion, what is great in terms of use and conservation of ecosystem services, as well as a limitation regarding the need for implantation of PES programs for erosion control. Incentives for maintaining the natural vegetation in areas with higher erosion susceptibility and conserving rural roads justify PES programs in the basin. Soil and water conservation practices should be implemented in agricultural areas, but, as they occupy, in general, regions with low susceptibility to erosion, it is expected that their impacts will be realized mainly because of the high percentage of the area under this use.

Palavras-chave: hydrology, modeling, erosion, hidrologia, modelagem, erosão.

1. Introdução

O pagamento por serviços ambientais (PSA) tem assumido uma importância crescente nas discussões em torno das estratégias de desenvolvimento ambientalmente sustentável no mundo. No Brasil, o tema tem gerado discussões e ações como o Programa Produtor de Águas, capitaneado pela Agência Nacional de Águas (ANA), e que vem sendo replicado ou adaptado em municípios e pequenas bacias hidrográficas de diversas regiões do país. No caso desses programas o objetivo principal é a preservação e/ou a restauração dos serviços ecossistêmicos relacionados aos recursos hídricos, quais sejam: os de regulação; os de suporte; os de provisão; e os culturais. Para tal, são incentivadas, por meio de mecanismos econômicos, ações que o Homem pode promover para a manutenção ou a melhoria da quantidade e da qualidade das águas superficiais e subterrâneas de bacias hidrográficas, como o controle da erosão, do assoreamento, das enchentes, do escoamento superficial, da infiltração da água no solo, do fluxo de nutrientes e de outros processos hidrológicos.

Neste trabalho o enfoque principal está nas relações existentes entre os processos erosivos, os recursos hídricos, os serviços ecossistêmicos, a aplicação de ferramentas de apoio à gestão territorial, o uso do solo e os instrumentos de PSA.

No Programa Produtor de Águas (PPA), por exemplo, os incentivos financeiros são proporcionais aos benefícios ambientais relacionados à redução da erosão advinda da implantação de projetos de manejo e conservação de solo e água em propriedades rurais e áreas adjacentes. Dentre essas ações estão: construção de terraços e bacias de infiltração, readequação de estradas vicinais, recuperação e proteção de nascentes, reflorestamento das áreas de proteção permanente e reserva legal e saneamento ambiental, entre outros. Nos Estados Unidos também existem importantes programas de PSA relacionados ao controle de erosão em áreas agrícolas, como o Conservation Reserve Program (CRP) e o Environmental Quality Incentives Program (EQIP), ambos tendo por objetivo a melhoria das condições dos recursos hídricos em lagos, rios, reservatórios, nascentes e no subsolo, por meio da redução do escoamento superficial e da erosão em áreas agrícolas. No CRP, o proprietário rural recebe incentivos financeiros para alterar o uso de áreas com alto potencial de erosão, de lavoura para vegetação natural. Já no EQIP, o pagamento é para que os agricultores adotem práticas conservacionistas nas áreas de lavoura mais susceptíveis à erosão. Esses são apenas três exemplos de programas de PSA Hídrico baseados no controle da erosão. No caso brasileiro, os parâmetros C (cobertura) e P (prática) da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) são utilizados para o cálculo do PSA, enquanto nos casos americanos a EUPS é utilizada na definição das áreas passíveis de serem inseridas nos programas.

Como se pode notar, apesar de suas reconhecidas limitações (Cohen et al., 2005), a EUPS (Wischmeier e Smith, 1978) continua sendo uma ferramenta muito utilizada na modelagem do potencial e da taxa de erosão em bacias hidrográficas, inclusive para subsidiar programas atuais de PSA Hídrico. Indubitavelmente, a simplicidade de aplicação dessa equação em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) contribui significativamente para a sua popularidade. Outro fator importante está na dificuldade ainda existente em expressar, por meio de modelos matemáticos mais estruturados, a complexidade e as incertezas inerentes ao fenômeno e aos métodos relativos ao estudo de processos erosivos. Além da grande quantidade de dados e informações necessários para a simulação da erosão, o transporte e a deposição de sedimentos com modelos matemáticos de base física, seus resultados ainda não são suficientemente satisfatórios, em muitos casos, para substituir o uso da EUPS para a gestão territorial.

A aplicação da EUPS com o auxílio de SIGs resulta em um mapa que indica o potencial ou a taxa de erosão na área de estudo, constituindo importante ferramenta de apoio ao planejamento das formas de utilização e ocupação do solo (Mellerowicz et al., 1994; Manh-Ha, 2011). Assim, essas informações geradas são de grande utilidade para a implantação de programas de PSA Hídrico em escala de bacia hidrográfica, permitindo a identificação das zonas com maior risco de erosão ou, analisando sob a ótica das políticas de PSA, onde a substituição da vegetação natural e a nova forma de uso solo podem resultar na redução dos serviços ecossistêmicos relacionados ao controle de erosão e aos demais processos ambientais associados.

A Bacia do Ribeirão Pipiripau ocupa uma área total de aproximadamente 235 km² e se localiza na região nordeste do Distrito Federal, que detém cerca de 90% de sua área, estando seu restante no Estado de Goiás, no município de Formosa (Figura 1).

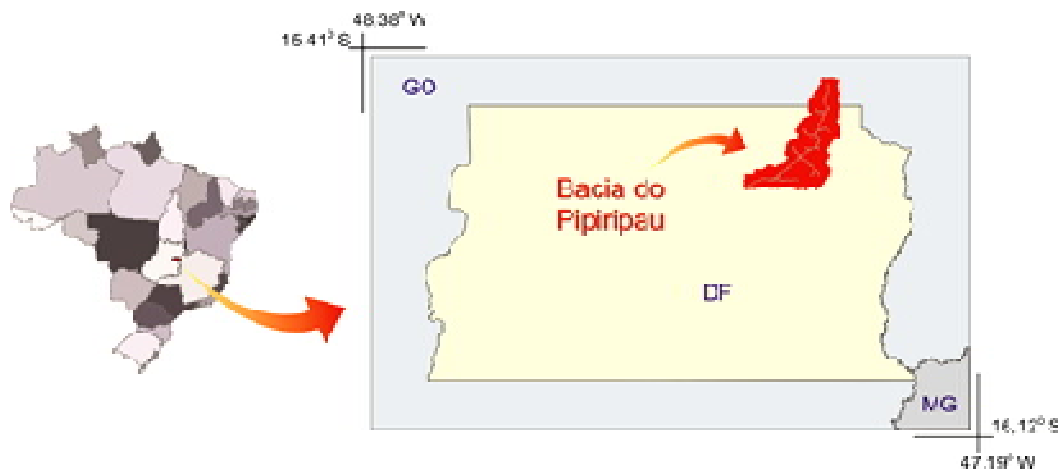


Figura 1. Mapa de localização da Bacia do Ribeirão Pipiripau.

O Canal Santos Dummont, que capta água do Ribeirão Pipiripau, foi construído na década de 80 para possibilitar a irrigação de hortaliças em cerca de 80 lotes de agricultores da região. No ano 2000, com a entrada em funcionamento de uma captação de água da Caesb, instalou-se na bacia um intenso conflito pelo uso das águas do Pipiripau. Nos períodos de seca, com frequência, esse conflito entre o uso da água para irrigação e para o abastecimento humano se agrava e, para minimizar os problemas, a ANA, em parceria com outros órgãos de governo e usuários da bacia, criaram uma Comissão para a gestão das águas e dos conflitos, além de outras ações, como o estabelecimento do Programa Produtor de Águas na bacia do Pipiripau.

O Programa Produtor de Água, concebido pela Agência Nacional de Águas em 2001, tem como objetivo a revitalização ambiental de bacias hidrográficas. As ações implementadas no âmbito do Programa incluem o reflorestamento de áreas de Proteção Permanente e Reserva Legal, a adequação de estradas rurais e a conservação de solo e água em áreas produtivas, tais como lavouras e pastagens. Essas ações visam, sobretudo, favorecer a infiltração de água e a consequente alimentação do lençol freático, evitando também que a água de chuva se transforme em escoamento superficial, maior causador de erosão e assoreamento de corpos d'água em ambientes rurais.

Para a implantação do Programa Produtor de Águas na bacia, além de recursos da ANA, também serão investidos recursos da CAESB, que, como principal beneficiária das ações previstas no programa, como a melhoria da quantidade e da qualidade da água que recebe em sua captação, decidiu pagar por serviços ambientais na bacia.

A EMATER-DF está elaborando os projetos das ações prioritárias em cada propriedade da bacia e, muito em breve, os recursos começarão a ser empregados nas ações do programa, contudo, destaca-se a importância em se conhecer quais são as áreas prioritárias para focar ou mesmo iniciar tais investimentos, com vistas ao cumprimento da principal meta do programa, que consiste no abatimento da produção de sedimentos.

Diante do exposto, este trabalho objetivou a apresentação da estimativa da susceptibilidade à erosão na Bacia do Ribeirão Pipiripau de forma espacialmente distribuída, em pixels de 30x30 metros, bem como a discussão dos resultados obtidos sob a ótica de implantação do Programa Produtor de Águas.

2. Metodologia de Trabalho

O potencial de erosão na bacia foi estimado por meio da Equação Universal de Perda de Solo – EUPS (Wischmeier e Smith, 1978), a qual foi simulada em ambiente SIG (Sistemas de Informações Geográficas).

A EUPS pode ser apresentada da seguinte forma:

$$E = R.K.LS.C.P \quad (1)$$

em que:

- E – Taxa média anual de erosão (t/ha/ano);
- R - fator de erosividade da chuva (MJ.mm/ha.h.ano);
- K - fator erodibilidade do solo (t.h/MJ.mm);
- LS - fator topográfico (adimensional);
- C - fator de uso e manejo (adimensional);
- P - fator de prática conservacionista (adimensional).

A equação foi simulada em ambiente de SIG, tendo como base informações espaciais da Bacia do Ribeirão Pipiripau organizadas em mapas temáticos com resolução (pixel) de 30 metros.

Neste trabalho, utilizou-se um valor constante de erosividade anual da chuva (R) para toda a área de estudo. Como esta ainda se trata de uma aplicação preliminar da EUPS na bacia, o valor adotado foi de 8.050 MJ.ha⁻¹mm.h⁻¹ (Dedecek et al., 1986), que obtiveram o índice erosivo anual utilizando dados da estação pluviométrica da Embrapa Cerrados, que fica a menos de 10 km de distância da Bacia do Pipiripau.

Os valores do fator K da EUPS na bacia foram obtidos com base no mapa de solos (Embrapa, 1978), em escala 1:100.000, e em dados de bibliografias correlatas (Dedecek, 1986; Bertoni e Lombardi Neto, 1990; Denardin, 1990; Silva et al., 1994; Chaves, 1994; Farinasso, 2005; Lima et al., 2007; Silva et al., 2009; Lima et al., 2009). Os valores de K adotados na confecção do presente trabalho estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Erodibilidade (Fator K) atribuída para as diferentes classes de solo.

Classe de solo	Fator K
Latossolo Vermelho	0,013
Latossolo Vermelho-Amarelo	0,033
Neossolo Quartzarênico	0,032
Cambissolo	0,037
Plintossolo	0,057
Hidromórficos Indiscriminados	0,038

Apesar das limitações inerentes à estimativa dos valores de K e da sua utilização por classe de solo (Lima et al., 2007), assim com na maioria dos trabalhos com aplicação da USLE, foram utilizados valores obtidos na bibliografia, por tipo de solo.

Com base no modelo digital de elevação (MDE) da área obtido do ASTER GDEM, foram geradas as grades de informações numéricas (grids/raster) do fluxo acumulado (Flow Accumulation) e da declividade em cada célula de 30x30m em que foi discretizada a bacia.

Existem diversos métodos para a determinação do fator topográfico LS (Williams e Berndt, 1976; Wischmeier e Smith, 1978; Moore e Burch, 1986; Desmet e Grovers, 1996; Kinnell, 2001; Kinnell, 2005). Neste trabalho, utilizou-se o modelo proposto por Moore e Burch (1986), também utilizado por Engel e Mohtar (2006) e Huang e Harding (2006) para a estimativa do fator LS da EUPS, cuja formulação é apresentada na Equação 2.

$$LS = \left(\frac{\text{Fluxo_Acumulado} * \text{Tamanho_da_Célula}}{22,13} \right)^{0,4} * \left(\frac{\text{seno(Declividade)}}{0,0896} \right)^{1,3} \quad (2)$$

Como o objetivo do trabalho é fazer uma estimativa da susceptibilidade à erosão na bacia, os valores de CP foram desconsiderados nessa análise, ou seja, considerados como sendo iguais a 1 (solo exposto arado no sentido da vertente).

Em posse de todos os parâmetros da EUPS como mapas temáticos digitais no formato “Grid”, utilizando-se a ferramenta “Raster Calculator” efetuou-se o cálculo do potencial de erosão em cada célula (30 x 30m) na área da Bacia do Ribeirão Pipiripau.

3. Resultados e Discussões

Aplicando-se a EUPS para a determinação do potencial de erosão, ou seja, multiplicando-se os Fatores R, K e LS, têm-se o mapa de susceptibilidade à erosão na Bacia do Ribeirão Pipiripau (Figura 2).

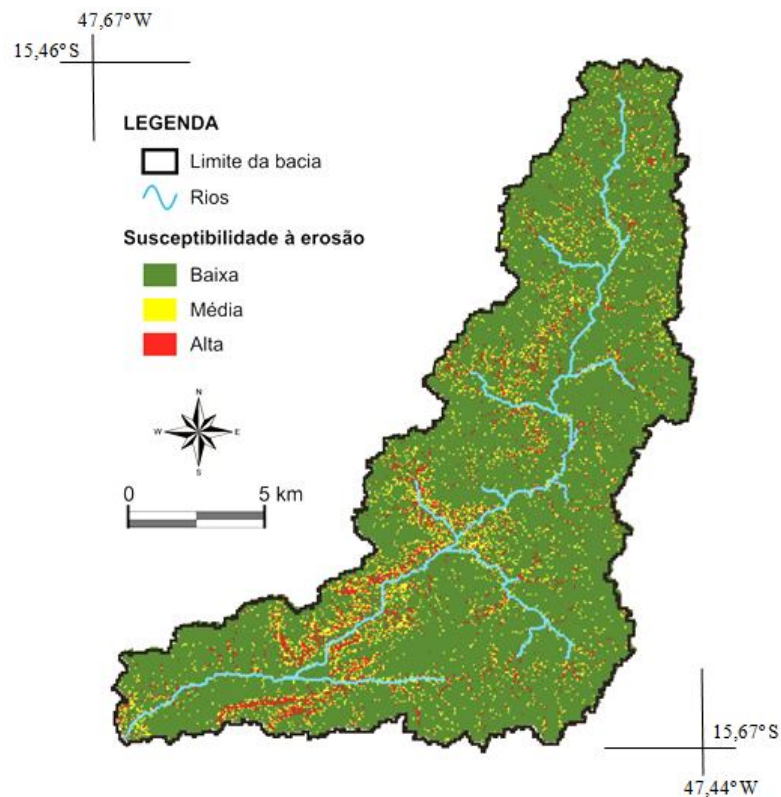


Figura 2. Mapa de susceptibilidade à erosão da Bacia do Ribeirão Pipiripau.

Como se pode observar na Figura 2, na parte alta da bacia aparecem poucos pixels isolados com maior potencial de ocorrência de erosão, que aumenta na margem direita do curso d’água principal em sua porção média e, na transição entre as frações média e baixa da bacia, são intensificadas as áreas com maior potencial de erosão, tanto na margem direita, quanto na margem esquerda do Ribeirão Pipiripau.

Na Tabela 2 estão os dados extraídos do mapa (Figura 2) referentes às áreas da bacia identificadas como sendo de baixa, média ou alta susceptibilidade à erosão.

Tabela 2. Quantificação das áreas da Bacia do Ribeirão Pípiripau com baixa, alta ou média susceptibilidade à erosão.

Classificação	Potencial de Perda de Solo ($t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$)	Número de Células	Área (km^2)	Área (%)
Baixa	0 – 1.000	229.729	206,76	87,8
Média	1.000 – 2.000	17.620	15,86	6,7
Alta	> 2.000	14.281	12,85	5,5
Σ		261.630	235,47	100,0

Destaca-se que os valores correspondentes ao potencial de perda de solo na Tabela 2 consideraram que os Fatores C e P da USLE eram iguais a 1 e, por isso, são tão altos. Se C vezes P for igual a 0,01 (como referência), por exemplo, os intervalos de taxa de erosão seriam: de 0 a 10; de 10 a 20; e acima de 20 $t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$.

Os resultados apresentados na Tabela 2 mostram que grande parte da Bacia do Ribeirão Pípiripau, cerca de 88,0%, tem baixa susceptibilidade à erosão, enquanto apenas 6,7% de sua área possui média susceptibilidade e 5,5%, alta.

Informações como as apresentadas poderiam ser utilizadas para avaliar o resultado esperado no abatimento da produção de sedimentos de programas como o Produtor de Águas, da ANA. A primeira pergunta a ser respondida é se a bacia apresenta problemas efetivos em relação à erosão e à produção de sedimentos, o que remete aos usos do solo e da água. No caso da Bacia do Ribeirão Pípiripau, o mapa de uso e cobertura do solo efetuado pela *The Nature Conservancy – TNC* (ANA, 2010) mostra que cerca de 80% da área da bacia já foi antropizada, sendo 45% de “Agricultura Extensiva” e 20% de “Pastagem”, e aproximadamente 20% ainda de vegetação nativa (Figura 3).

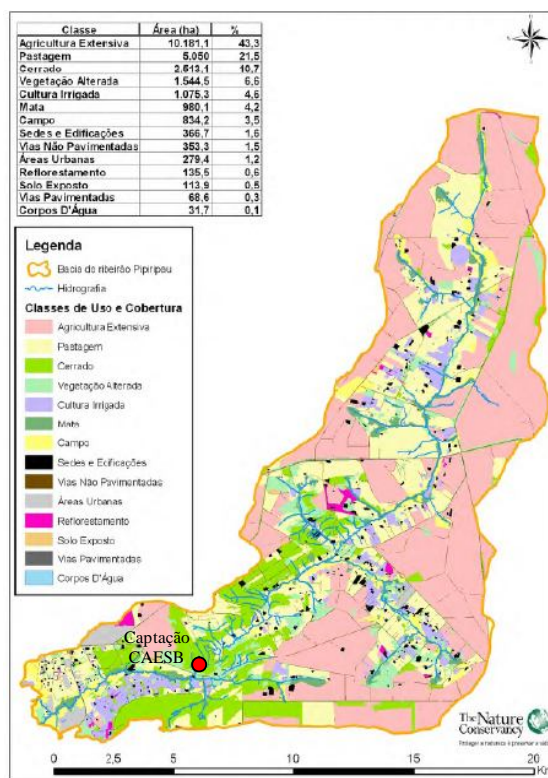


Figura 3. Mapa de uso e cobertura do solo na Bacia do Ribeirão Pípiripau (ANA, 2010), bem como a localização da Captação da CAESB.

Analisando-se conjuntamente as Figuras 2 e 3, pode-se observar que, principalmente nas áreas com maior potencial de erosão entre as partes média e baixa da bacia, a vegetação original de Cerrado foi mantida, não tendo qualquer impacto, geralmente, em programas como o Produtor de Águas. Assim, dos 12% da área da bacia com médio ou alto potencial de erosão (Figura 2), apenas uma parcela deverá ser tratada como prioritária para a implantação de ações de adequação do manejo do solo com base em práticas conservacionistas. Uma alternativa é a criação de mecanismos de incentivo aos proprietários dessas áreas preservadas, para que elas permaneçam como estão.

Cabe destacar que a resolução espacial da imagem de satélite utilizada (30 metros) não permitiu a identificação e o tratamento da questão da erosão em estradas vicinais, que é um dos principais problemas relativos à erosão em áreas rurais, como é o caso da Bacia do Pipiripau. De acordo com os dados apresentados na Figura 3, a bacia tem cerca de 350 hectares de sua superfície constituída de estradas não pavimentadas, que, além de transportar os sedimentos gerados nas vias, também serve como rede de drenagem e transporte dos sedimentos gerados em suas áreas de contribuição. A adequação de estradas rurais e a construção de “barraginhas” são algumas das ações previstas no Programa Produtor de Águas (ANA, 2010).

Segundo relatos de funcionários da CAESB, no período de chuvas, por vezes, a alta concentração de sedimentos obriga a paralização da operação da referida Captação, apresentada na Figura 3. Além disso, destaca-se o fato de a variação na concentração de sedimentos alterar diretamente o custo de tratamento da água. Com base nesses dados, a CAESB está investindo nos próximos anos cerca de dois milhões de reais para o Pagamento por Serviços Ambientais na Bacia do Ribeirão Pipiripau, que serão somadas às ações do Programa Produtor de Águas na mesma área.

4. Conclusões

Os resultados indicam que apenas cerca de 12% apresentam potencial médio ou alto de ocorrência de erosão, dos quais, grande parte ainda está protegida pela vegetação natural. Isso pode indicar a necessidade de ações e incentivos para que essas áreas não sejam antropizadas, principalmente diante da rápida ocupação do Distrito Federal e do elevado preço da terra na região.

Como as áreas agrícolas estão, em geral, em áreas com baixo potencial de erosão, é possível que os impactos de terraços e outras técnicas conservacionistas nessas áreas não sejam facilmente percebidos. Contudo, como a área ocupada por esse tipo de uso é bastante significativa na bacia, espera-se que essas ações também contribuam para a redução dos picos de cheia e a contenção de parte do sedimento que seria carregado para o curso d'água. Mesmo com baixa declividade e solos com baixa erodibilidade, os grandes comprimentos de rampa por vezes observados na região podem representar um problema.

Apesar de não ter sido possível avaliar a questão da erosão em estradas rurais neste trabalho, como a estrutura fundiária da Bacia do Ribeirão Pipiripau é basicamente composta por pequenas propriedades, há um grande número de pequenas estradas que representam um risco para os recursos hídricos em termos de erosão e condução dos sedimentos gerados na bacia para dentro dos corpos hídricos.

As ações de conservação estão começando a ser implantadas na bacia e, com o adequado monitoramento, espera-se que, em algum tempo, se tenha uma avaliação real dos impactos previstos no Programa Produtor de Águas.

As informações e discussões realizadas neste trabalho, em células de 30 x 30 metros, indubitavelmente, poderão contribuir com a implantação do Programa na Bacia do Ribeirão Pipiripau.

Referências Bibliográficas

- Agência Nacional de Águas – ANA. **Programa Produtor de Água: relatório de diagnóstico socioambiental da Bacia do Ribeirão Pipiripau**. Brasília: ANA; TNC; EMATER-DF; SEAGRI-DF. 2010. 59p.
- Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. **Conservação do solo**. 3ªed. São Paulo: Ícone. 1990. 355p.
- Chaves, H.L.M. **Estimativa da erosão atual e potencial no Vale do São Francisco**. Brasília: CODEVASF/FAO. 1994. 35p. (Relatório Final de Consultoria).
- Cohen, M.J.; Shepherd, K.D.; Walsh, M.G. Empirical reformulation of the universal soil loss equation for erosion risk assessment in a tropical watershed. **Geoderma**, v.124, 2005. p.235-252.
- DEDECEK, R.A. (1978). Capacidade erosiva das chuvas de Brasília-DF. In: Anais do II Encontro nacional de pesquisa sobre conservação do solo. Passo Fundo, RS: Embrapa-SNLCS, p.157-161.
- Dedecek, R.A.; Resck, D.V.S.; Freitas Júnior, E. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em Latossolo vermelho-escuro dos cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, 1986. p.265-272.
- Denardin, J.R. **Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos**. Piracicaba: ESALQ, 1990. 106p. (Tese de Doutorado).
- Desmet, P.J.J.; Grovers, G. A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. **Journal of Soil and Water Conservation**, Fairmont, W.Va., v.51, n.5, 1996. p.427-433.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Distrito Federal**. Escala 1:100.000. Rio de Janeiro, EMBRAPA, SNLCS, Boletim Técnico, 1978. 455p.
- Engel, B.; Mohtar, R. **Estimating soil erosion using RUSLE and the ArcView GIS**. Disponível em: <pasture.ecn.purdue.edu/~abe526/resources1/workshop/gisrusle2.doc> Acesso em: 01 de março de 2006.
- ERSDAC - Earth Remote Sensing Data Analysis Center. (2011). ASTER GDEM Website. Disponível em: <http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp>. Acesso em: 15 de julho de 2012.
- Farinasso, M. **Avaliação qualitativa do potencial erosivo em grandes áreas por meio da EUPS – Equação Universal de Perdas de Solos, utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba – PI/MA**. 2005. Dissertação de Mestrado.
- Huang, X.; Harding, C. **Estimating soil erosion potential with the Universal Soil Loss Equation (USLE) using ArcGIS**. Proceedings of First Asia-Pacific Conference for ESRI Users – APUC. Hong Kong: ESRI. 2006. Disponível em: http://www.esrichina-hk.com/apuc2006/proceedings/papers/APUC2006-EMNC-Xianyi_Huang.pdf. Acesso em: 10 de março de 2006.
- Kinnell, P.I.A. Slope length factor for applying the USLE-M to erosion in grid cells. **Soil and Tillage Research**, v.58, 2001. p.11-17.
- Kinnell, P.I.A. Alternative approaches for determining the USLE-M slope length factor for grid cells. **Soil Science Society of America Journal**, v.69, 2005. p.674-680.
- Lima, J.E.F.W.; Lopes, W.T.A. Estimativa da erosão no Estado do Tocantins utilizando a Equação Universal de Perda de Solo. In: Carlos Nobuyoshi Ide; Luiz Augusto Araújo do Val; Maria Lúcia Ribeiro. (Org.). Produção de sedimentos e seus impactos ambientais, sociais e econômicos. Campo Grande: Ed. Oeste, v. 1, 2009. p. 499-518.
- Lima, J.E.F.W.; Silva, E.M.; Eid, N.J.; Martins, E.S.; Koide, S.; Reatto, A. Desenvolvimento e verificação de métodos indiretos para a estimativa da erodibilidade dos solos da bacia experimental do alto rio jardim DF. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 8, 2007. p.21-34.
- Manh-ha, N. (2011). **Application of Usle and Gis Tool to Predict Soil Erosion Potential and Proposal Land Cover Solutions to Reduce Soil Loss in Tay Nguyen**. Disponível em <http://www.fig.net/pub/fig2011/papers/ts06c/ts06c_nguyen_manh_5011.pdf>. Acesso em 15 de agosto de 2012.
- Mellerowicz, K.T.; Rees, H.W.; Chow, T.L.; Ghanem I. (1994). Soil conservation planning at the watershed level using the Universal Soil Loss Equation with GIS and microcomputer technologies: a case study. **Journal of Soil and Water Conservation**, Fairmont, W.Va., v.49, n.2, pp.194-200.
- Moore, I.D.; Burch, G. Physical Basis of the Length-Slope Factor in the Universal Soil Loss Equation. **Soil Science Society of America Journal**, v.50, 1986. p.1294-1298.
- Silva, A.M.; Silva, M.L.N.; Curi, N.; Avanzi, J.C.; Ferreira, M.M. Erosividade da chuva e erodibilidade de cambissolo e latossolo na região de lavras, sul de minas gerais. **R. Bras. Ci. Solo**, v.3, 2009. p.1811-1820.
- Silva, M.L.N.; Curi, N.; Oliveira, M.S.; Ferreira, M.M.; Lombardi Neto, F. Comparação entre métodos direto e indiretos para determinação da erodibilidade em Latossolos sob Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.29, n.11, 1994. p.1751-1761.
- Williams, J.R.; Berndt, H.D. **Determining the universal soil loss equation's length-slope factor for watersheds**. Proceedings of the National Soil Erosion Conference, West Lafayette, Indiana. 1976.
- Wischmeier, W.H.; Smith, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide planning**. Washington, DC: USDA, 1978. 58p. (USDA. Agriculture Handbook, 537).