

EXPERIÊNCIAS DE APLICAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS E MODELOS NA ANÁLISE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Sergio dos Anjos Ferreira Pinto
Gilberto José Garcia

Resumo: A ocupação das terras por meio de usos múltiplos indica a complexidade e dificuldade na elaboração de propostas para a gestão territorial, tanto em escala local como regional. Em termos específicos do uso da terra, destacam-se, principalmente, os problemas que afetam a agricultura, que têm sido objeto de interesse de instituições e órgãos governamentais voltados ao planejamento e à adoção de políticas agrícolas. Desses problemas, pode-se destacar a ocupação inadequada das terras e a erosão do solo que, acelerada pela ação antrópica, resulta na rápida depauperação dos solos agricultáveis, face às características geo-ambientais das áreas. Observa-se sempre um forte sinergismo entre a dinâmica da ocupação das terras e processos erosivos dos solos. A caracterização e avaliação da dinâmica do uso da terra e dos indicadores da erosão hídrica do solo podem ser conduzidas utilizando-se informações obtidas com técnicas de sensoriamento remoto, tendo como ênfase as fotografias aéreas e imagens orbitais de alta resolução espacial. Outra técnica importante é o geoprocessamento, particularmente os Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Estes sistemas de geoprocessamento têm se mostrado competentes para combinar diferentes dados temáticos georeferenciados e gerar novos produtos cartográficos. Estas operações de integração de dados podem ser conduzidas utilizando-se modelos estatísticos pré-existentes. No caso específico da análise de bacias hidrográficas, têm sido oferecidos modelos preditivos de perda de solo, como por exemplo, a EUPS, MEUPS, SWAT e WEPP. Esses modelos, além de estimar a perda de solo, permitem simular cenários e indicar as classes de capacidade do uso agrícola em determinada bacia hidrográfica. O presente trabalho apresenta um exemplo de abordagem metodológica aplicada à bacia do Rio Corumbataí (na porção centro-leste do estado de São Paulo), com o suporte das técnicas de sensoriamento remoto, SIG e dos modelos preditivos EUPS/MEUPS. As alterações do uso da terra e da cobertura vegetal da bacia estão sendo analisadas para os cenários de 1962, 1972, 1988, 1995 e atual, como base para diagnóstico e prognóstico.

Palavras-chave: Manejo de bacia hidrográfica; Erosão de solo; Geoprocessamento; Sensoriamento remoto; Modelos preditivos.

Introdução

A ocupação antrópica das terras através de usos múltiplos indica a complexidade e dificuldade na elaboração de propostas para a gestão territorial, tanto em nível local como regional. Em termos específicos do uso da terra, destacam-se, especialmente, os problemas que afetam a agricultura, que têm sido objeto de interesse de instituições e órgãos governamentais voltados ao planejamento e à adoção de políticas agrícolas.

Desses problemas pode-se indicar a ocupação inadequada das terras e a erosão, acelerada pela ação antrópica, que resulta na rápida depauperação dos solos agricultáveis, face às características geo-ambientais das áreas. Observa-se sempre um forte sinergismo entre a dinâmica da ocupação das terras e processos erosivos dos solos, particularmente aqueles promovidos pelas águas pluviais que escoam pela superfície das vertentes.

Considerando-se que a produção de alimentos está, em parte, vinculada às condições de fertilidade dos solos, atenção

especial deve ser dedicada às práticas de conservação para diminuir os efeitos da erosão acelerada.

Neste caso é importante ressaltar o desempenho das práticas de manejo, conservação das águas de superfície e aquelas retidas em camadas sub-superficiais no solo. Esta preocupação refere-se ao aproveitamento de bacias hidrográficas de pequeno porte como mananciais para abastecimento das diferentes atividades antrópicas. As condições naturais destes mananciais podem ser modificadas pois o transporte de sedimentos em suspensão e de fundo nos canais fluviais resulta na alteração da qualidade da água e, em assoreamento. Estes processos eliminam ou diminuem a vazão de fontes, modificam o comportamento de escoamento na calha dos canais fluviais e diminuem a vida útil de reservatórios.

Por sua vez, o conhecimento da situação das condições dos solos do território brasileiro, em termos da presença dos processos de erosão acelerada, e mesmo com referência à sua potencialidade, enseja a realização de trabalhos em escala local e

regional, para caracterizar seus indicadores e correspondente cartografia.

No Brasil, têm sido realizados e publicados trabalhos que levam em conta aspectos quantitativos e qualitativos de áreas afetadas pela erosão hídrica do solo. Instituições brasileiras de pesquisa para atividade agrícola, como o Instituto Agrônomo de Campinas (SP), têm desenvolvido trabalhos com ênfase em parcelas experimentais. Tendo em vista a influência de diferentes práticas agrícolas, tem sido avaliada a perda pela ação da água do escoamento superficial. Além disso, estudos têm sido conduzidos em Universidades, em projetos de pesquisa desenvolvidos nos Programas de Pós-Graduação, envolvendo bacias hidrográficas de pequeno e médio porte.

Técnicas de sensoriamento remoto na coleta de dados

Na avaliação dos processos erosivos, atenção especial deve ser dada à análise dos fatores que acarretam a degradação rápida dos solos para melhor os compreender. Devem ser levantados e analisados em conjunto a geometria das vertentes (declividade, extensão e arquitetura do perfil), a litologia, a cobertura pedológica, a precipitação pluviométrica, a cobertura vegetal natural e agrícola, além de outras intervenções antropogênicas, distinguindo os fatores mais relevantes para desencadear erosão acelerada. Estes dados podem ser obtidos por medidas feitas em campo e através de registros indiretos, dentre os quais os obtidos por sensoriamento remoto.

Para caracterizar e avaliar a dinâmica do uso da terra e dos indicadores da erosão acelerada do solo podem ser usadas informações obtidas por técnicas de sensoriamento remoto associadas a outras fontes de informação.

As fotografias aéreas têm sido muito utilizadas desde os anos 50 do século XX. A partir da década de 70, imagens orbitais também têm propiciado trabalhos de monitoramento da cobertura vegetal e caracterização de indicadores de erosão. No Brasil, por exemplo, os trabalhos de PINTO (1983) e IPT (1986) são pioneiros. Apesar da resolução espacial das imagens TM do Landsat (multiespectral 30 m e pancromático 15 m) ser inferior às das fotografias aéreas, tem mostrado grande potencial de aplicação, sobretudo no acompanhamento temporal de parte dos indicadores de erosão acelerada. Dado seu sistemático recobrimento da superfície terrestre, constituem importantes fontes de dados para o acompanhamento da variação espaço-temporal da cobertura vegetal. No Brasil isto é particularmente relevante, pois a ocupação da terra tem sido quase sempre inadequada, resultando comumente na instabilidade de vertentes (a erosão acelerada

é expressão dessa instabilidade).

Outra opção de sistema orbital mais recente é SPOT 5, que gera imagens multispectrais com resolução espacial de 10 m e pancromática com 5 m, podendo alcançar 2,5 m. Proporciona apontamentos além do nadir, tanto lateralmente quanto ao longo de uma mesma órbita, o que torna possível a estereoscopia.

A cooperação científico-tecnológica entre Brasil e China resultou num sistema de sensoriamento remoto orbital (CBERS). Este sistema gera imagens multispectrais de resolução espacial intermediária de 20 m, cobrindo todo o território brasileiro.

Outra geração de sistemas de sensoriamento remoto orbital está disponível com imagens detalhadas, como o Ikonos II e o QuickBird, com resoluções nominais em pancromático de até 1 m e 64 cm, respectivamente.

A oferta de imagens orbitais de alta resolução espacial e a possibilidade de obtenção de produtos fusionados (multi+pan) e ortorectificados torna promissora sua aplicação em estudos de detalhe que necessitam de informações com precisão cujos alvos são pequenos. Entretanto, o campo de visada no terreno limitado e o alto custo tem inibido o uso dos produtos gerados por estes sistemas orbitais.

Integração por sistemas de informação geográfica

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) são sistemas computacionais para aquisição, armazenamento, manipulação e suporte à análise de dados geocodificados (MARBLE e PEUQUET, 1983; GOODCHILD, 1987; BOCCO e VALENZUELA, 1988; STAR e ESTES, 1990; FAUST et al., 1991 e DOBSON, 1993). Os SIGs constituem outra poderosa ferramenta em estudos temáticos, apesar de relativamente recentes.

ESTES et al. (1987) comentam que um SIG foi implementado pela primeira vez em 1964 pelo governo do Canadá num programa de desenvolvimento e recuperação agrícola.

Outros trabalhos enfatizam os SIGs como técnica para auxiliar a integração de dados (TOMLINSON, 1987; McGUIRE et al., 1994). O livro *Geographical Information Systems in Hydrology* (SINGH e FIORENTINO, 1996), que apresenta capítulos dedicados às técnicas de SIG, Sensoriamento Remoto, modelagem e sua integração em estudos hidrológicos, deve ser destacado.

No Brasil, PINTO (1991), DONZELI et al. (1992), PINTO (1996), OLIVEIRA (2000), MORETTI (2001), PINTO et al. (2002) e AQUINO e PINTO (2003) tratam do uso do SIG nos temas uso da terra e erosão do solo. O mesmo ocorre em muitos trabalhos publicados a partir de meados da década de 90 nos Anais dos Simpósios Brasileiros de Cartografia Geotécnica e dos Congres-

sos da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental.

Também têm sido realizados eventos específicos na área de SIGs no Brasil desde os anos 80, promovidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e pela Editora Sagres de Curitiba, responsável pelo periódico Fator GIS. Atualmente a sua sucessora, Editora MundoGeo, publica na internet e, em meio impresso, as revistas InfoGeo e InfoGPS, sendo atualmente a responsável pelos eventos em geoprocessamento. Nestes eventos, como o Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto e o GeoBrasil, têm sido apresentados e publicados trabalhos de diversificado interesse temático.

Estudo da erosão em bacias hidrográficas com Modelos de perda de solo

Nos SIGs, as operações de análise e integração de informações temáticas podem ser conduzidas através de uma lógica de sobreposição de dados, definidas por regras empíricas de cruzamento ou, através do suporte da formulação de modelos matemáticos e estatísticos.

Para avaliar indicadores de erosão com modelos de perda de solo, tem sido usada a EUPS (Equação Universal de Perda de Solo) de WISCHMEIER e SMITH (1978), ou sua versão modificada, a MUSLE (USLE modificada) de WILLIAMS (1975), ajustadas às condições naturais das vertentes (DONZELI et al., 1992; PINTO, 1996).

O modelo EUPS se presta à análise conjunta dos fatores condicionantes da erosão para estimativa de perda de solo pela ação do escoamento das águas pluviais em superfície, com ênfase nos processos de erosão laminar. Conforme proposto por WISCHMEIER e SMITH, no modelo EUPS, a perda anual de solo em toneladas por hectare (A) é expressa por:

$$A = R * K * L * S * C * P ,$$

Em que o fator R é função da erosividade da chuva, obtido a partir da energia cinética e intensidade da chuva (MJ mm/ ha h). O fator K, ou erodibilidade do solo, é obtido através de equação que considera as características do solo que determinam sua susceptibilidade à erosão (ton/ha). Os fatores L e S são função da topografia, respectivamente, a extensão da vertente (m) e a declividade (%). O fator C é função da cobertura vegetal e seu manejo, obtido a partir índice que considera a cobertura do solo proporcionada pela vegetação natural ou cultivada, incluindo o manejo (adimensional). O fator P inclui práticas de suporte ou de

conservação do solo em áreas agrícolas (adimensional).

O detalhamento do ajuste dos termos da EUPS pode ser encontrado em BERTONI e LOMBARDI NETO (1985 e 1990) e em DONZELI et al. (1992).

O modelo EUPS foi desenvolvido e vinha sendo aplicado originalmente no âmbito do *Soil Conservation Service* (SCS) e do *Agricultural Research Service* (ARS) dos Estados Unidos da América, em cooperação com algumas universidades norte americanas, desde a década de 1980. Foram conduzidos trabalhos em diferentes condições ambientais do território norte americano.

Com apoio do EUPS, muitos trabalhos em bacias hidrográficas sob condições naturais, como os de MORGAN e NALEPA (1982), PINTO (1983 e 1991), BERTONI e LOMBARDI NETO (1985 e 1990), WILSON (1986), DE GLORIA et al. (1986), CASTRO e ZOBECK (1986), IPT (1986), DONZELI et al. (1992), CASTRO (1992), LIMA (2000), OLIVEIRA (2000), MORETTI (2001), SILVA (2001), MORETTI e LOBO (2002) e PINTO et al. (2002), têm sido realizados.

Modificações têm sido propostas em alguns termos da EUPS para melhor aproximar as estimativas aos dados obtidos em parcelas experimentais. A *Revised USLE* (MCCOOL et al., 1987; MCCOOL et al., 1989; RENARD et al., 1991; MOORE e WILSON, 1992) considera o manejo nas parcelas agrícolas, conforme os estágios dos cultivos, bem como os usos anteriores.

WILLIAMS (1975) propôs a MEUPS (*Modified USLE*, ou MUSLE) incorporando o fator *runoff* no lugar do fator erosividade. O fator *runoff* foi ajustado às condições do sudeste brasileiro (DONZELI et al., 1994; PINTO et al., 1994). Detalhes da aplicação do modelo MEUPS podem ser encontrados em PINTO (1996).

Nesta pesquisa foi aplicada a MEUPS ajustada ao sudeste. A estimativa do montante de sedimentos de determinada chuva (S) em toneladas é expressa por:

$$S = [89,6*(Q*qp)*0,56] * K * [0,00984*(0,63*L*1,18*S)] * C * P,$$

em que o termo Q é o volume de escoamento superficial (m³). O termo qp é a vazão pico do escoamento superficial (m³/s). O termo K é a erodibilidade do solo (t/ha). O termo L é a extensão de vertente (m). O termo S é a declividade média (%). O termo C representa o uso da terra, a cobertura e o manejo (adim.). O termo P representa as práticas de conservação (adim.).

Outros modelos estão disponíveis para avaliação da erosão hídrica do solo, como o SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) e o WEPP (*Water Erosion Prediction Project*). Em termos hidrológicos, estes são mais completos que a EUPS e a MEUPS.

Entretanto, como foram desenvolvidos para clima extratropical, alguns termos em suas formulações não se ajustam às condições de grande parte do território brasileiro (MACHADO, 2002).

A aplicação destes modelos fornece apenas uma aproximação, sendo essencial comparar os resultados com observações em campo. MORETTI (2001), por exemplo, testou a aplicação do modelo EUPS em uma pequena bacia hidrográfica de 25 km², na região de Piracicaba (SP), comparando dados medidos em campo com aqueles estimados pelo modelo.

Estudo de uma micro-bacia do rio Corumbataí (SP)

Este exemplo apresenta o esquema metodológico do projeto de pesquisa que se desenvolve no Centro de Análise e Planejamento Ambiental do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP de Rio Claro, em cooperação com o Centro de Estudos de Solo da ESALQ (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz) de Piracicaba (SP) e o Centro de Tecnologia Hidráulica (CTH) do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Governo de São Paulo.

A área de estudo é a bacia hidrográfica do rio Corumbataí, com atenção especial à microbacia do Ribeirão Monjolo Grande, com área de 50 km², no município de Ipeúna. A bacia do Corumbataí com área de 1.710 km² (Fig.1) fica na porção centro-leste do estado de São Paulo (entre 22°S e 23°S e entre 47,25°O e 48°O). Abrange os municípios de Analândia, Corumbataí, Rio Claro, Santa Gertrudes, Ipeúna, Itirapina, Charqueada e Piracicaba. Per-tencendo à bacia do rio Piracicaba, a bacia drena importante região agroindustrial e pólo cerâmico paulista.

Esta área tem sido objeto de estudos da UNESP de Rio Claro, da ESALQ e do Centro de Energia Nuclear na Agricultura de Piracicaba. Conforme CEAPLA (2001) e FERRAZ et al (2001), há importante acervo documental oriundo de diferentes estudos temáticos, destacando-se os geológicos, geomorfológicos, climatológicos, enquadramento das águas e de uso da terra.

Na aquisição de dados da microbacia do ribeirão Monjolo Grande estão sendo usados os seguintes produtos de sensoriamento remoto: aerofotos (1962, 1972 e 1988), imagens orbitais Landsat TM (1995), SPOT 5 e Quick-Bird (atual). Estes dados, assim como os de documentos cartográficos e de trabalhos de campo serão aplicados no modelo MEUPS em SIG. Os dados serão trabalhados na escala de 1:10.000 e apresentados na escala final de 1:25.000.

As alterações do uso da terra e de indicadores da erosão

hídrica do solo no tempo e no espaço estão sendo caracterizadas e avaliadas. Os dados de perda de solo estimados pelo modelo MEUPS serão confrontados com dados de campo. A microbacia será equipada com instrumentos automáticos para medir a precipitação, infiltração e vazão de sólidos e líquidos no canal principal com vertedor a ser construído. Esse conjunto de comporá um posto hidrossedimentométrico incorporado à rede nacional e operado pelo CTH.

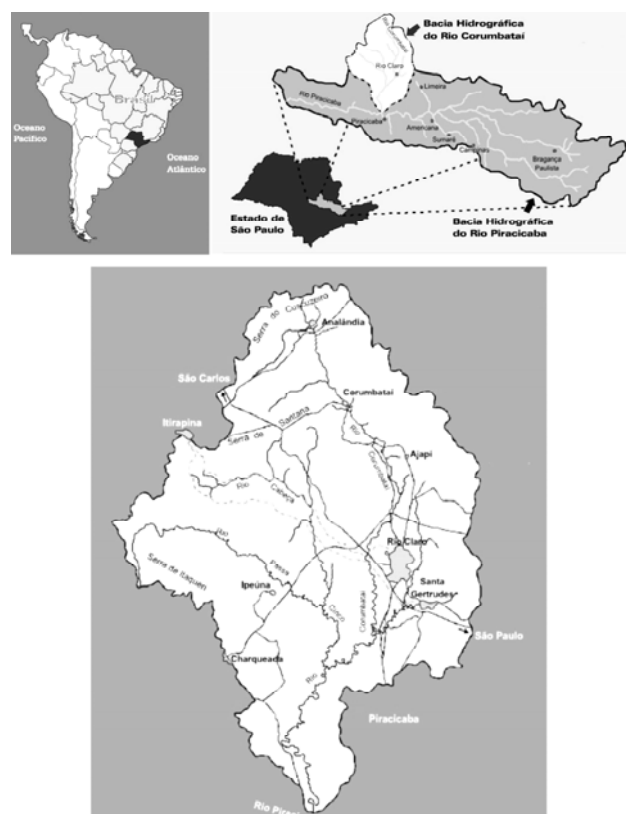


Figura 1 Localização da área de estudo. Fonte: CEAPLA, 2001.

Os fluxogramas das Figuras 2 a 5 representam de forma sintética o método da pesquisa que se desenvolve na microbacia do ribeirão Monjolo Grande. Esperam-se os seguintes resultados: (a) mapas de uso do solo e cobertura vegetal; (b) mapas de solos e de capacidade de uso da terra; (c) mapas de potencial de erosão; (d) mapas de predisposição aos riscos de erosão; (e) mapas das alterações de uso da terra; (f) informações diagnósticas; (g) simulações de cenários; (h) informações de prognóstico; (i) plano de manejo da microbacia.

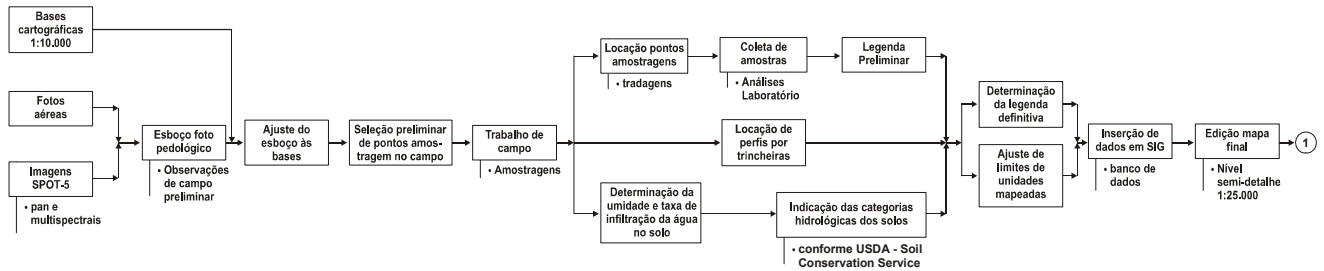


Figura 4 Levantamento de solos da Microbacia do Monjolo Grande.

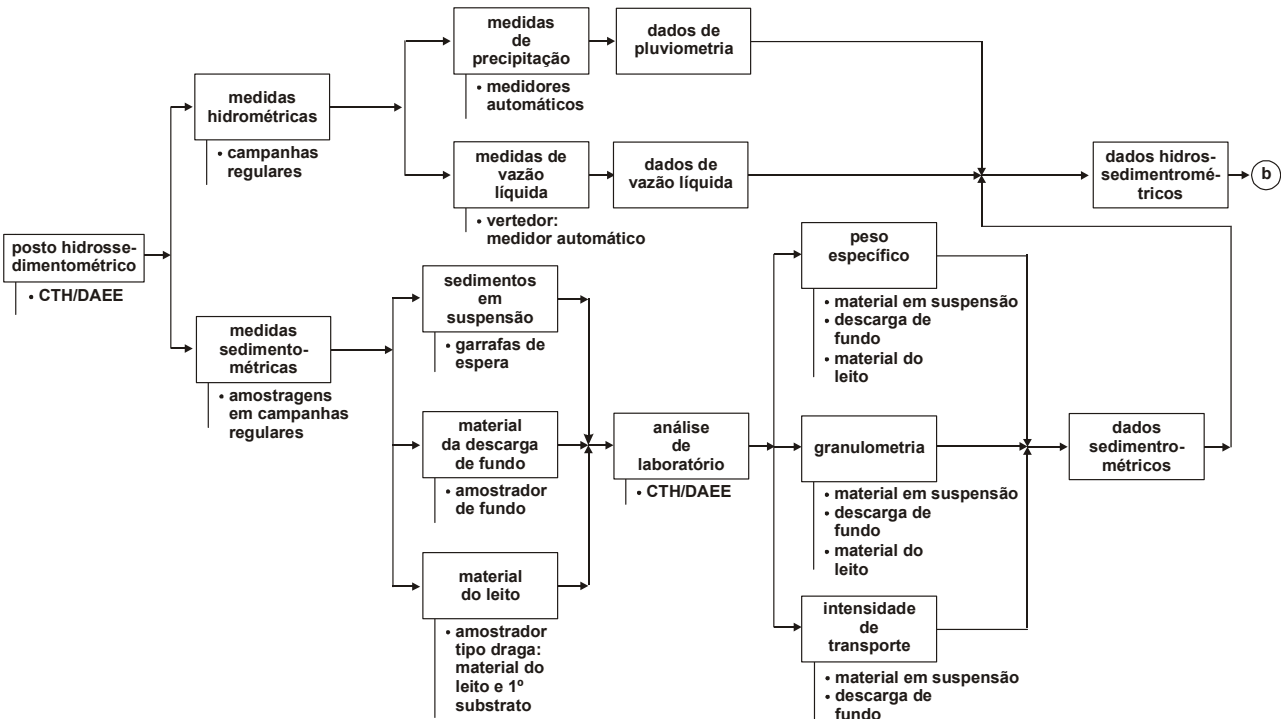


Figura 5 Dados hidrossedimentológicos da Microbacia do Monjolo Grande.

Considerações Finais

A utilização de novas tecnologias para aquisição, armazenamento e manipulação de dados (banco georeferenciado e relacional) agiliza a análise, combinando múltiplas variáveis temáticas representadas no espaço e no tempo.

O forte sinergismo entre várias dessas tecnologias como o sensoriamento remoto e o geoprocessamento, com o suporte de modelos, permite desenvolver procedimentos de análise e

síntese, tanto para avaliações diagnósticas como prognósticas.

A avaliação de processos em bacias hidrográficas, em seus diferentes aspectos temáticos, tem se beneficiado do uso destas tecnologias, particularmente no manejo do solo e da água.

Potencializando a abordagem integrada e interdisciplinar, as geotecnologias subsidiam tanto o zoneamento ambiental, quanto o planejamento e gestão integrada da exploração dos recursos disponíveis.

PINTO, S. dos A. F.; GARCIA G.J. (2005). An approach on application of Geotechnologies and models on river basin studies. *Revista do Departamento de Geografia*, n. 17, p. 30-37.

Abstract: Soil and water management is an important focus in watersheds environmental studies. Integrated data approaches have been carried out, considering the support of geotechnologies. In this aspect remote sensing and geoprocessing technologies can be used for data acquisition, storage, handling and analysis for watersheds studies. In this presentation, it is exemplified a methodology that combines remote sensing, geographical information systems (GIS) technologies and the Modified USLE predictive model to characterize soil erosion potential and risks. The Corumbatai river basin (central- eastern section of Sao Paulo state – Brazil) is the selected area for this study. Temporal analysis are in progress to indicate the more disturbed situation by antropoc activities considering land use and cover changes for 1962, 1972, 1988, 1995 and actual scenarios.

Key words: Watershed management; Remote sensing; Geoprocessing technologies; Soil erosion; Predictive model.

Recebido em 7 de setembro de 2005, aceito em 2 de outubro de 2005.

Referências

- AQUINO, L.H.M. de; PINTO, S.A.F. (2003) Caracterização de indicadores de erosão na bacia do rio Santa Bárbara, entorno imediato do reservatório de Peti (MG) in *Anais do XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Belo Horizonte (MG). São José dos Campos, INPE.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. (1985) *Conservação do Solo*. Piracicaba, Editora Ceres.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. (1990) *Conservação do Solo*. São Paulo, Icone.
- BOCCO, G.; VALENZUELA, C.R. (1988) Integration of GIS and image processing in soil erosion studies using ILWIS. *ITC Journal*, 4:309-319.
- CEAPLA/UNESP (2001) *Atlas ambiental da bacia do rio Corumbataí*. Rio Claro, CEAPLA / IGCE / Unesp. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/ceapla/atlas.swf> [acesso em 24/01/03]
- DOBSON, J.C. (1993) A conceptual framework for integrating Remote Sensing, GIS and Geography. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 59:1491-1496.
- DONZELI, P.L.; VALÉRIO FILHO, M.; PINTO, S.A.F.; NOGUEIRA, F.P.; ROTTA, C.L.; LOMBARDI NETO, F. (1992) Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao diagnóstico básico para o planejamento e monitoramento de microbacias hidrográficas. *Documentos IAC*, 29:91-119.
- DONZELI, P.L.; PINTO, S.A.F.; LOMBARDI NETO, F.; VALÉRIO FILHO, M.; VALÉRIANO, M.M. (1994) Modelo MUSLE e Sistemas de Informações Geográficas aplicados ao estudo de pequenas bacias hidrográficas. Campinas, *Caderno de Resumos da X Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e Água*, p. 140.
- ESTES, J.E.; MAGUIRE, D.J.; FLETCHER, G.A.; FORESMAN, T.W. (1987) Coordinating hazardous waste management activities using geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1(4):359-377.
- FAUST, N.L.; ANDERSON, W.H.; STAR, J.L. (1991) Geographic Information Systems and Remote Sensing Future Computing Environment. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 57:655-668.
- FERRAZ, E.S.B.; MARTINELLI, L.A; VICTORIA, R.L. (2001) *Coleção de notícias Piracena: a bacia do rio Piracicaba*. Piracicaba, C.N. Editora, CENA, USP, 182 p.
- GOODCHILD, M.F. (1987) A spatial analytical perspective on geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1 (4):327-334.
- IPT (1986) Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo - bacia do Peixe - Paranapanema. *Relatório Técnico nº 23.739*, São Paulo, IPT, 6v.
- MACHADO, R.E. (2002) *Simulação de escoamento e de produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento*. Piracicaba, ESALQ, 152 p. Tese de Doutorado.
- MARBLE, D.F.; PEUQUET, D.J. (1983) Geographic Information Systems and Remote Sensing in MARBLE, D.F.; PEUQUET, D.J. (eds) *Manual of Remote Sensing*. American Society of Photogrammetry. Chapter 22, vol.1.
- McCOOL, D.K.; BROWN, L.C.; FOSTER, G.R.; MUTCHLER, C. K.; MEYER, L.D. (1987) *Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation*. TRANS. of the ASAE 30(5): 1387-1396.
- McCOOL, D.K.; FOSTER, G.R.; MUTCHLER, C.K.; MEYER, L.D. (1989) *Revised slope length factor for the Universal Soil Loss*

- Equation. TRANS. of the ASAE 32(5):1571-1576.
- McGUIRE, D.J.; GOODCHILD, M.F.; RHIND, D.W. (1994) *Geographical Information Systems*. New York, Longman Scientific & Technical.
- MOORE, J.D.; WILSON, J.P. (1992) Length-slope factors for the Revised Universal Soil Loss Equation: simplified method of estimation. *Journal of Soil and Water Conservation*, 47 (5): 423-428.
- MORETTI, L.R. (2001) *Avaliação da erosão superficial em pequenas bacias hidrográficas rurais*. São Paulo, Universidade de São Paulo, 128p. Tese de Doutorado.
- OLIVEIRA, A.M.M. (2000) *Análise da dinâmica do uso da terra: estudo da bacia hidrográfica do Ribeirão São João (SP)*. Rio Claro, IGCE, Unesp. Dissertação de Mestrado.
- PINTO, S.A.F. (1983) *Utilização de técnicas de sensoriamento remoto para a caracterização de erosão do solo no SW do Estado de São Paulo*. São José dos Campos, INPE. Dissertação de Mestrado.
- PINTO, S.A.F. (1991) *Sensoriamento remoto e integração de dados aplicados no estudo da erosão dos solos: contribuição metodológica*. São Paulo, Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado.
- PINTO, S.A.F.; DONZELI, P.L.; VALÉRIO FILHO, M.; LOMBARDI NETO, F.; VALERIANO, M.M. (1994) Análise comparativa da aplicação dos modelos USLE e MUSLE, com o suporte de técnicas de geoprocessamento. Campinas, *Caderno de Resumos da X Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água*, p. 127.
- PINTO, S.A.F. (1996) *Contribuição metodológica para análise de indicadores da erosão do solo utilizando técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e modelo predictivo*. Rio Claro, IGCE/UNESP. Tese de Livre-Docência.
- SINGH, V.P.; FIORENTINO, M. (1996) *Geographical Information Systems in Hydrology*. London, Kluwer Academic Publishers, 445p.
- TOMLINSON, R.F. (1987) Current and potential uses of geographical information systems - the North American experience. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1(3): 203-218.
- WILLIAMS, J.R. (1975) Sediment yield prediction with universal equation using runoff energy factor. In: Present and perspective technology for predicting sediment yields and sources. *USDA-ARS Handbook S-40*, p. 244-252.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. (1978) Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. *Agriculture Handbook n° 537*. Washington, USA Department of Agriculture, 58p.