

MAPEAMENTO DA ERODIBILIDADE POTENCIAL DOS SOLOS DO ESTADO DO TOCANTINS

Evaristo E. de Miranda, Itamar A. Bognola, Cristina de O. Mattos, Ludmila A.S. Sarraipa, José F. de Lucena Júnior. Embrapa Monitoramento por Satélite
C.P. 491, CEP: 13001-970, Campinas, SP, Brasil. (019) 252-5977,
Fax:254-1100, e-mail: postmaster@nma.embrapa.br

RESUMO

Este trabalho descreve o mapeamento do risco dos processos de perda de solos sob a ação erosiva da chuva, no Estado do Tocantins. A erodibilidade indica a suscetibilidade de ocorrência desses fenômenos em determinados solos sob um clima dado. O conhecimento da erodibilidade potencial foi obtido por métodos indiretos, através do cruzamento das propriedades dos solos com as condições de suas ocorrências. Dado o grande número de informações espaciais e numéricas requeridas pelo trabalho, as técnicas de geoprocessamento foram instrumentos eficientes para a elaboração dos mapas de erodibilidade. Este trabalho, executado pela Embrapa-NMA na escala 1:250.000, é parte integrante do Zoneamento Agroecológico do Tocantins. Foram utilizadas imagens de radar e minutas de interpretação temáticas do Projeto RadamBrasil (1:250.000), cedidas pelo IBGE-RJ; imagens LANDSAT-TM, bandas 3/4/5 (1:100.000 e 1:250.000) e cartas topográficas do IBGE (1:250.000 e 1:1.000.000). Essas informações, integradas no SGI/INPE, serviram para geração das classes de declividades e do potencial erosivo dos solos. O cruzamento digital destes PI's resultou nos mapas de erodibilidade potencial, com as classes: I) muito fraca a fraca ; II) ligeira; III) moderada; IV) forte; V) muito forte e VI) especial. O processo metodológico desenvolvido e testado mostrou-se viável e válido para os objetivos propostos.

ABSTRACT

Hydric erosion comprises all processes of soil loss caused by the rain; erodibility is the susceptibility of the soil to this phenomenon. The determination of the soil erodibility, through indirect methods, is based on the comparison of soil properties and the conditions in which they occur. Due to the large number of georeferenced information that need to be overlaid in this kind of study, geoprocessing techniques, particularly the geographic information systems (GIS), can be powerful tools to the generation of erodibility maps. This work, undertaken by Embrapa's Environmental Monitoring Center Through Satellite, at the scale 1:250,000, is part of the Agro-ecologic Zoning of the Tocantins State, Brazil.

Radar images and their thematic interpretations, both from the RadamBrasil Project (1:250,000), provided the IBGE-Rio de Janeiro; Landsat-TM satellite images, bands 3/4/5 (1:100,000 and 1:250,000); and topographic maps from IBGE (1:250,000) were used to conduct this study. These information, integrated in the GIS (SGI/INPE), were the basis for the production of a slope map and a potential erosion map. The digital overlay of these maps resulted in a potential erodibility map, with the following classes: I) very weak

to weak; II) weak; III) moderate; IV) strong; V) very strong; VI) special. The methodological process developed and tested with this study proved to be viable and adequate to the accomplishment of the proposed objective.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, dada sua grande extensão territorial, ainda são poucos os estudos sobre erodibilidade de solos e erosividade de chuvas, bem como sobre a correlação entre ambos. A obtenção de dados de perdas de solo em experimentos com chuva natural é cara e morosa. Essa é uma das razões que explica o pequeno número de trabalhos realizados no País nesse tema. O conhecimento e o mapeamento do fator erodibilidade de solos é uma ferramenta importante para o planejamento conservacionista e para o uso sustentável dos solos.

A resistência dos solos à erosão hídrica apresenta grande amplitude, devido à variabilidade climática (erosividade das chuvas) e pedológica. As características diferenciadas dos solos refletem-se na sua erodibilidade, que poderá ser acentuada ou atenuada pela posição topográfica, pelo contexto geomorfológico etc. Isso torna arriscado estimar valores ou mapear a erodibilidade potencial dos solos com base unicamente na classificação pedológica (El-Swaify & Dangler, 1982).

A desagregação das partículas de solo é causada tanto pelo impacto direto das gotas de chuva, como pelo escoamento superficial do excesso de água (agentes ativos). O solo pode ser considerado o agente passivo no processo de erosão hídrica (Hudson, 1981). Sua erodibilidade potencial representa a suscetibilidade à erosão, expressa em termos de quantidade de perdas de solo por unidade de erosividade da chuva. Em geral, a erodibilidade do solo é representada pelo fator K da Equação Universal de Perdas de Solo - USLE, e resulta dos parâmetros do solo responsáveis pela resistência à erosão. Já a erosividade, representada pelo parâmetro EI_{30} , consiste no produto da energia cinética total da chuva pela sua intensidade máxima em trinta minutos (Wischmeier & Smith, 1978).

Alguns solos erosionam mais que outros, mesmo quando a chuva, a declividade, a cobertura vegetal e as práticas de manejo são as mesmas. Estas diferenças, devidas às propriedades do próprio solo, afetam a velocidade de infiltração da água, a permeabilidade e a capacidade total de armazenamento de água (Bertoni & Lombardi Neto, 1985). Essa variação das características e propriedades relacionadas à erosão, deve-se as diferentes combinações de fatores como: granulometria, estrutura e coerência entre agregados e permeabilidade (Silva et al., 1997). A estrutura do solo influencia a velocidade de infiltração, a resistência à dispersão, o deslocamento por salpico, a abrasão e as forças de transporte da enxurrada (Suares de Castro, 1980). Em relação à granulometria, estudos realizados por Lemos & Lutz (1957) mostraram que a erodibilidade do solo tende a aumentar quando os teores de silte e areia fina são altos, e a diminuir com a elevação dos teores de argila e matéria orgânica. Para Resende (1985), o solo mais resistente à erosão é aquele que apresenta a melhor combinação dos fatores permeabilidade e coesão entre partículas e/ou agregados. Isso permite uma permeabilidade suficientemente alta para reduzir a enxurrada a valores razoáveis e agregados pequenos o bastante para não favorecer a remoção excessiva dos mesmos por salpicamento e arraste.

Basicamente, existem três maneiras diferentes de se determinar a erodibilidade de um solo. A primeira, direta, envolve sua determinação em condições de campo, sob chuva natural ou simulada. Esse método é oneroso e muito demorado, mas bastante preciso. A

Segunda família de métodos, indiretos, baseia-se em regressões múltiplas que contenham - como variáveis independentes - as propriedades do solo, notadamente as correlacionadas com o fator K. Resultados quantitativos também podem ser obtidos. A terceira família de métodos, também indiretos, baseia-se na análise das propriedades intrínsecas do solo e de seu contexto de ocorrência.

Apesar de sua importância para o planejamento do uso racional das terras, os estudos em grande escala sobre erodibilidade, são difíceis de serem realizados por métodos diretos ou de simulação indireta. Este trabalho desenvolveu uma metodologia de avaliação indireta da erodibilidade e aplicou-a no caso do Estado do Tocantins. Dado o grande número de informações espaciais a serem integradas nesse tipo de abordagem, as técnicas de geoprocessamento, e em particular os sistemas de informações geográficas (SIG), os bancos de dados georreferenciados e as imagens orbitais foram instrumentos eficientes na elaboração digital e interativa dos mapas de erodibilidade potencial dos solos. Este trabalho relata a experiência realizada nesse tema, no âmbito do Zoneamento Agroecológico do Estado do Tocantins. Vinte e cinco cartas de erodibilidade potencial dos solos, na escala 1:250.000, foram elaboradas pela Embrapa Monitoramento por Satélite, em convênio com a Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico daquele Estado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas imagens de radar e minutas de interpretação temáticas do Projeto Radambrasil (1:250.000), cedidas pelo IBGE-RJ (Brasil, 1981); imagens LANDSAT-TM, bandas 3/4/5 (1:100.000 e 1:250.000) e cartas topográficas do IBGE (1:250.000 e 1:1.000.000).

O método empregado para confecção dos diferentes planos de informação (PIs) teve como ponto de partida a reunião de documentos básicos (solos, geomorfologia, altimetria etc.) e sua compatibilização com as informações cartográficas, bibliográficas, numéricas e iconográficas disponíveis para o Tocantins. Todos os dados serviram para estruturar um sistema de informações geográficas (SGI/INPE). Também foi constituído um banco de dados sobre as características intrínsecas dos solos do Estado. Entre várias características integradas, foi avaliado o fator de erodibilidade (K) de cada unidade de solo. A totalidade dessas informações, integradas no SGI/INPE, serviram inicialmente para geração de dois PIs básicos: classes de declividades e potencial erosivo dos solos.

Para a obtenção do PI classes de declividades, digitalizaram-se as curvas de nível, eqüidistantes de 100m, a partir de cartas planialtimétricas do IBGE, na escala 1:250.000. Através de manipulações automáticas no SGI, foi gerado um Modelo Numérico do Terreno (MNT) e uma primeira versão das classes de declividades. Após ajustes com imagens de satélite e de radar, constituiu-se o PI definitivo, com os seguintes intervalos de declive: Classe A) <5%; Classe B) 5 a 10%; Classe C) 10 a 15%; Classe D) 15 a 30%; Classe E) 30 a 45% e Classe F) > 45%.

Para a obtenção do PI potencial erosivo dos solos, um conjunto de variáveis intrínsecas às 53 unidades de mapeamento foi relacionado com a erodibilidade potencial (textura, transição de horizontes, permeabilidade interna, estrutura etc.). A partir da combinação dessas variáveis foi gerado um indicador de potencial erosivo para cada unidade de solo, analisada no contexto geomorfológico. Aplicado às unidades de mapeamento, esse indicador serviu para gerar uma primeira versão do PI potencial erosivo dos solos. As áreas identificadas foram contextualizadas, segundo as unidades morfoestruturais e

morfopedológicas propostas para o Estado do Tocantins pelo IBGE/DIGEO-CO (Del'Arco *et al.*, 1995), dando origem a versão final do PI.

O PI erodibilidade potencial dos solos resultou dos PIs básicos classes de declividades e potencial erosivo dos solos. Realizaram-se cruzamentos digitais e matrizes de contingência entre os PIs básicos, para a constituição de uma matriz de decisão. Essa matriz foi convertida em um arquivo de regras de cuja aplicação resultou a primeira versão das cartas de erodibilidade potencial do Estado. O tamanho, a forma, a dispersão e a localização das classes de erodibilidade foram consideradas e reclassificadas, por uma equipe multidisciplinar, no contexto da ecodinâmica das paisagens (balanço entre pedogênese e morfogênese). Esse último procedimento deu origem a versão final do PI erodibilidade potencial dos solos do Estado do Tocantins.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O principal resultado deste trabalho são os 25 mapas de erodibilidade, impossíveis de fazerem parte desta publicação pelo volume que representam. Entretanto, a Figura 1 apresenta, de forma resumida, as unidades de mapeamento da erodibilidade potencial dos solos no Estado do Tocantins, elaboradas na escala 1:250.000 e aqui representadas na escala aproximada de 1:6.000.000. Sua análise sugere alguns comentários e discussões sobre as características do meio físico e a erodibilidade dos solos no Estado do Tocantins:

1 - Os mapas de declividades obtidos evidenciaram que o Estado do Tocantins apresenta uma predominância de relevos planos a suave ondulados/ondulados, com declividades médias inferiores a 12%, nas áreas cultivadas.

2 - Este relevo, associado à predominância de solos de textura média e à intensidade mediana das chuvas (distribuídas num período de 6 meses), conduzem a um moderado potencial de erodibilidade dos solos no Estado, de forma geral. Entretanto as cartas obtidas evidenciam situações de contraste, áreas com riscos de efeitos cumulativos, situações particulares de acúmulo de material etc. Diante da dispersão espacial das classes de erodibilidade obtidas, realizou-se uma análise dos resultados à luz das 33 unidades geoambientais do Estado do Tocantins. O Mapa Geoambiental do Estado do Tocantins (Del'Arco *et al.*, 1995) cartografou a diversidade fisiográfica do território em 5 Domínios, sendo quatro de caráter morfoestrutural e um de caráter azonal, compartimentados em 33 Regiões. Estas Regiões foram divididas em 132 Geossistemas, integrados pelos vários planaltos, depressões e planícies.

3 – Nessa análise, algumas situações puderam ser diferenciadas: o solo ideal, com o mínimo de erosão, segundo Resende *et al.* (1997) - abstraídos os aspectos de declividade (Zingg, 1940), comprimento de rampa (Zingg, 1940; Musgrave, 1947; Smith & Wischmeier, 1957; Bertoni *et al.*, 1975) e forma (Walker & Ruhe, 1968; Young & Mutchler, 1969; Franzmeier, 1990) - seria aquele que tivesse o máximo de coerência entre agregados e o máximo de infiltração ou permeabilidade. Como essas são tendências antagônicas, a otimização desses dois aspectos parece ocorrer em solos com alta permeabilidade (mas não tão alta como a dos Latossolos gibbsíticos do Planalto Central Goiano, na região leste do Estado) e com razoável coerência entre os agregados (mas não tão coesos como nos solos argilosos expansivos do Alto Paranã). Uma boa parte dos Latossolos Vermelho-Amarelos, distribuídos por quase todo o Estado, é que parecem aproximar-se mais dessa situação.

4 - Quanto à representatividade das classes de erodibilidade potencial mapeadas, verifica-se para a área estudada (Quadro 1), a predominância das classes II e I,

respectivamente. Isso confirma a predisposição moderada ou ligeira dos solos ao processo erosivo no Estado.

Quadro 1. Percentual aproximado das classes de erodibilidade potencial dos solos do Estado do Tocantins

CLASSES DE ERODIBILIDADE		ECODINÂMICA	PERCENTUAL
N ^o	Tipo		(Aproximado)
I	Muito Fraca/ Fraca	Estável (pedogênese > morfogênese)	26%
II	Ligeira	Transição (pedogênese » morfogênese)	48%
III	Moderada	Transição (pedogênese » morfogênese)	7%
IV	Forte	Instável (pedogênese < morfogênese)	7%
V	Muito Forte	Instável (pedogênese < morfogênese)	10%
VI	Especial	Instável e Transição (pedogênese £ morfogênese)	2%

5 – Uma simples análise visual da Figura 1 indica que a maior predisposição à erodibilidade potencial está localizada na Região Nordeste do Estado. Ela corresponde ao Domínio das Bacias Sedimentares Paleo-Mesozóica e Meso-Cenozóica, o qual é constituído por solos bastante arenosos (Areias Quartzosas e Latossolos Amarelos). A fragilidade dos solos, a geologia marcada por rochas sedimentares bastante friáveis e porosas, facilmente desagregáveis, somada ao relevo suave ondulado a ondulado, são fatores de risco natural ao desenvolvimento de erosões concentradas do tipo voçorocas. Na região da borda dos Chapadões, os fatores de risco de erodibilidade dos solos, tais como o relevo forte ondulado a montanhoso - com altas declividades e superfícies de discontinuidades litológicas - são os responsáveis pela existência do alto potencial de erodibilidade dos solos aí existentes.

6 - Na porção oriental do Estado, numa faixa meridional, também existem áreas críticas de suscetibilidade à erosão, dado o caráter petroplíntico dos solos. Tratam-se de superfícies Tabulares Estruturais, Tabulares Erosivas, Dissecadas em Colinas e Ravinas.

Elas abrangem globalmente as seguintes unidades: Serras e Depressão do Xambioá, Depressões do Araguaia, Cristalândia-Abreulândia e Araguaçu (Faixas de Dobramento do Proterozóico Médio e Superior).

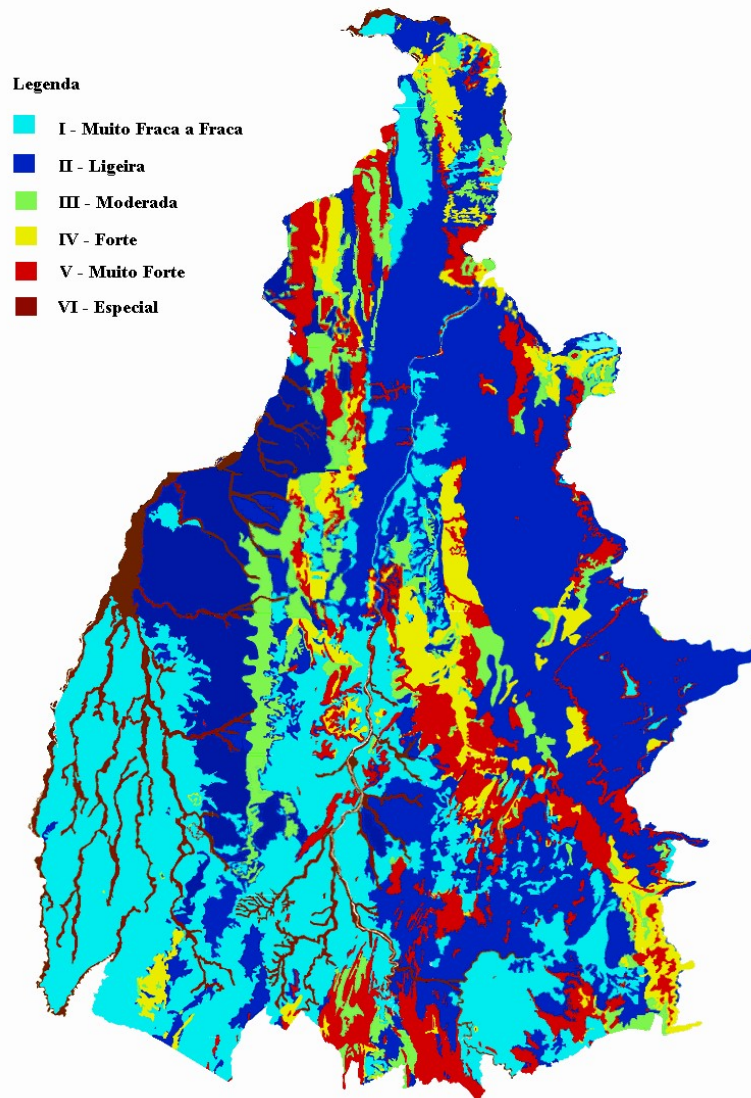


Figura 1. Erodibilidade Potencial dos Solos do Estado do Tocantins.

7 - Na porção sudeste do Estado também ocorrem áreas muito sujeitas à erosão, não só pela ocorrência de solos em relevo muito movimentado, mas também pela presença de solos rasos argilosos expansivos. Tratam-se de áreas

localizadas em superfícies de Relevo Dissecado em Colinas com Vales Encaixados, na Depressão do Alto Tocantins, nas Depressões e Morrarias de Conceição do Tocantins e de Natividade - Santa Rosa. Essas áreas apresentam locais com fortes declividades, muitas vezes superiores à 40%, onde ocorrem Solos Litólicos e Cambissolos derivados de rochas do Domínio dos Complexos Metamórficos e Seqüências Vulcano-Sedimentares do Arqueano e Proterozóico Inferior.

8 - Por fim, a região das Planícies do Araguaia e do Tocantins, pertencentes ao Domínio Azonal das Áreas Aluviais é uma das mais complexas em termos de erodibilidade. A maioria dos solos referidos a essa região vai de imperfeitamente drenados a muito mal drenados, com o nível do lençol freático, normalmente elevado. A ecodinâmica da paisagem é instável e de transição. Os processos morfogenéticos envolvidos são de escoamento concentrado ao longo da drenagem, remobilização e deposição de sedimentos finos bem como, escoamento difuso e lento nas planícies e margens de lagos e, eventualmente, nos terraços fluviais, além de eventuais inundações. A escala do trabalho não permitiu um detalhamento espacial dessas diferentes áreas e dinâmicas.

5. CONCLUSÕES

1) o processo metodológico desenvolvido e testado mostrou-se viável e válido. Ele exigiu equipamentos de geoprocessamento e um esforço multidisciplinar na reunião e na análise dos documentos obtidos e gerados;

2) a análise dos mapas obtidos mostra o predomínio das classes II e I de erodibilidade potencial dos solos. Para a maioria das regiões do estado, a predisposição dos solos ao processo erosivo varia de moderada a ligeira. Por tratar-se de erodibilidade potencial, a mesma poderá variar em função do manejo empregado;

3) os resultados da erodibilidade potencial dos solos do Tocantins, na escala 1:250.000, obtidos através de processo indireto, podem ser considerados satisfatórios para os objetivos inicialmente propostos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: LIVROCERES, 1985. 392p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENNATI JÚNIOR, R. **Equações de perdas de solo**. Campinas: IAC, 1975. 25p. (Boletim Técnico, 21).

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. **Projeto RADAMBRASIL. Folha SC.22. Tocantins**: Pedologia. Rio de Janeiro, 1981. 524p. il.: 5 mapas policr. (Levantamentos dos Recursos Naturais, 22).

DEL'ARCO, D.M.; DEL'ARCO, J.O; RIOS, A.J.W.; DAMBRÓS, L.A.; NOVAES, A.S.S.; PINTO, J.C. de A. Mapa geoambiental do Estado do Tocantins: Escala 1:1.000.000. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 6., 1995. Goiânia. **Anais...** Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1995. v.2. p.511-513.

EL-SWAIFY, S.A.; DANGLER, E.W. Rainfall erosion in the tropics: a state of art. In: KREBS, D.M., ed. **Determinants of soil loss tolerance**. Madison: American Society of Agronomy, 1982. p.1-25.

FRANZMEIER, D. P. Soil landscapes and erosion processes. In: WORKSHOP OF SOIL EROSION AND PRODUCTIVITY, 1990, St.Paul, Minnesota. **Proceeding...** St. Paul: University of Minnesota, 1990. p.81-104.

HUDSON, N. **Soil conservation**. 2.ed. New York: Cornell University, 1981. 324p.

LEMOS, P.O.; LUTZ, J.F. Soil crusting and some factors affecting it. **Soil Science of Society of American Proceeding**, Madison, n.21, p.485-491, 1957.

MUSGRAVE, G.W. The quantitative evaluation of factors in water erosion: a first approximation. **Journal of Soil Water Conservation**, n.2,. p.133-138, 1947.

RESENDE, M. Aplicação de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n.128, p.3-18, 1985.

RESENDE, M.; CURI, N.; DUARTE, M.N. Mineralogia, química e estratificação de ambientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. **Anais...** Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS/SBCS, 1997. 25p.

SILVA, M.L.N.; CURI, N; LIMA, J.M. de; FERREIRA, M.M.; LOMBARDI NETO, F. Métodos estimativos da erodibilidade para Latossolos brasileiros: comparação e avaliação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 1997.

SMITH, D.D.; WISCHMEIER, W.H. Factors affecting sheet and rill erosion. **Transactions, American Geophysical Union**, n.38, v.6, p.889-896, 1957.

SUARES DE CASTRO, F. **Conservation de Suelos**. 3 ed. San José: IICA, 1980. 315p.

WALKER, P. H.; RUHE, R.V. **Hillslope models and soil formation: II Closed systems**. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 9., 1968, Adelaide, Australia. **Proceeding...** (trans., n.4: p.561-569).

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, United States: Department of Agriculture, 1978. 58 p. (Agriculture Handbook, 537).

YOUNG, R.A.; MUTCHLER, C.K. Effect of slope shape on erosion and runoff. **American Society of Agricultural Engineers**, St.Joseph, Michigan, 12(2): 231-233, 239. 1969.

ZINGG, A. W. Degree and length of land slope as it affect soil loss and runoff. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, Michigan, v.21, p.59-64, 1940.

[Voltar](#)