

**Avaliação da Suscetibilidade dos Solos à Erosão da Área de Entorno do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Tombos, MG**



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Solos  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

# **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 75**

## **Avaliação da Suscetibilidade dos Solos à Erosão da Área de Entorno do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Tombos, MG**

*Braz Calderano Filho  
Alúísio Granato de Andrade  
Sebastião Barreiros Calderano  
Celso Vainer Manzatto  
José Silva de Souza*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Solos**

Rua Jardim Botânico, 1024. Jardim Botânico.

CEP: 22460-000 - Rio de Janeiro, RJ

Fone: + 55 (21) 2179-4500

Fax: + 55 (21) 2179-5291

<https://www.embrapa.br>

<https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

Supervisão editorial: *Jacqueline S. Rezende Mattos*

Revisão de texto: *Marcos Antônio Nakayama*

Normalização bibliográfica: *Luciana Sampaio de Araujo*

Editoração eletrônica: *Jacqueline S. Rezende Mattos*

Foto da capa: *Braz Calderano Filho*

**1ª edição**

On-line (2005)

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Solos

---

Avaliação da suscetibilidade dos solos à erosão da área de entorno do reservatório da Usina Hidrelétrica de Tombos, MG / Braz Calderano Filho ... [et al.]. – Dados eletrônicos. – Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2005.

43 p. : il. color – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892 ; 75).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: <<https://www.embrapa.br/solos/publicacoes/>>.

Título da página da Web (acesso em 20 dez. 2005).

1. Erosão do solo. 2. Manejo do solo. I. Calderano Filho, Braz. II. Andrade, Aluísio Granato de. III. Calderano, Sebastião Barreiros. IV. Manzatto, Celso Vainer. V. Souza, José Silva de. VI. Embrapa Solos. VII. Série.

CDD 631.45

---

© Embrapa 2005

# Sumário

<b>Resumo .....</b>	<b>5</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>7</b>
<b>Introdução .....</b>	<b>9</b>
<b>Caracterização da Área .....</b>	<b>11</b>
<b>Material e Métodos .....</b>	<b>17</b>
<b>Resultados e Discussão.....</b>	<b>26</b>
<b>Conclusões .....</b>	<b>38</b>
<b>Referências .....</b>	<b>39</b>
<b>Anexo - Mapa de suscetibilidade dos solos à erosão da área do entorno do reservatório da UHE Tombos, na escala 1:10.000 .....</b>	<b>43</b>



# Avaliação da Suscetibilidade dos Solos à Erosão da Área de Entorno do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Tombos, MG

---

*Braz Calderano Filho<sup>1</sup>*

*Aluísio Granato de Andrade<sup>2</sup>*

*Sebastião Barreiros Calderano<sup>3</sup>*

*Celso Vainer Manzatto<sup>2</sup>*

*José Silva de Souza<sup>4</sup>*

## Resumo

A avaliação dos solos aos riscos de erosão torna-se fundamental em estudos ambientais, principalmente em áreas onde a pressão de uso das terras pode provocar a degradação do ambiente. O objetivo deste trabalho foi avaliar a suscetibilidade dos solos à erosão em uma área periurbana às margens do Rio Carangola, no Município de Tombos, Estado de Minas Gerais, buscando discriminar e quantificar as principais classes de suscetibilidade à erosão que ocorrem na área. Isso possibilitou a geração de um mapa na escala 1:10.000 com a distribuição espacial das classes. Para avaliação do potencial erosivo das terras, foram produzidos, na escala 1:10.000, o modelo digital de elevação (MDE), o mapa de uso e cobertura das terras, o mapa de declividade e o mapa de solos. A integração desses fatores com o apoio de SIG possibilitou realizar um estudo interpretativo com base em parâmetros de clima, solos, geologia, relevo, uso e cobertura das

---

<sup>1</sup> Geógrafo, doutor em Geologia, analista da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.

<sup>2</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.

<sup>3</sup> Geólogo, mestre em Geologia, pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.

<sup>4</sup> Assistente da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.

terras e vegetação, enquadrando as unidades de mapeamento dos solos nos graus de limitações por suscetibilidade à erosão, em face da maior ou menor resistência à erosão de cada unidade de mapeamento identificada. Os resultados contribuem para o plano de manejo conservacionista da área de estudo.

Termos para indexação: erosão, modelo digital de elevação, manejo de recursos naturais.

# Evaluation of the Susceptibility of Soils to Erosion of the Surrounding Area of the Tombos, MG Hydroelectric Reservoir

---

## Abstract

*The assessment of the risks of soil erosion becomes important in environmental studies, especially in areas where pressure for land use can cause environmental degradation. The aim of this study was to evaluate the susceptibility of soils to erosion in a peri-urban area on the river Carangola in Tombos municipality, Minas Gerais State, used in power generation. It was sought to discriminate and quantify the major classes of susceptibility to erosion occurring in the area, creating a map on 1:10,000 scale spatial distribution. To evaluate the erosive potential of the lands, the digital elevation model (DEM) map of land use and cover, the slope map and soil map were produced, at a scale of 1:10,000. The integration of these factors with the support of GIS allowed to conduct a study based on interpretive parameters of climate, soils, geology, relief, land use and land cover and vegetation, framing the mapping units of soils in degrees of limitations for susceptibility to erosion, due to the higher or lower erosion resistance of each map unit identify. The results contribute to the conservation management plan for the study area.*

*Index terms: erosion, digital elevation model, management of natural resources.*



## Introdução

A falta de informações dos elementos físico-bióticos componentes da paisagem, em escalas adequadas para dar subsídios ao uso conservacionista das terras, causa problemas como erosão, assoreamento de rios, canais e reservatórios, diminuição da capacidade de produção de energia, perda da biodiversidade, desvalorização de áreas e o êxodo rural. Por ser um dos indicadores da degradação dos ambientes, a aviação dos solos aos riscos de erosão constitui-se em uma prática indispensável para o planejamento conservacionista de uso das terras.

Guerra (1999) ressalta que embora o processo erosivo causado pela água da chuva tenha uma abrangência em quase toda a superfície terrestre, é particularmente importante nas áreas tropicais devido à concentração das chuvas em determinadas estações do ano e ao uso agrícola do solo, frequentemente precedido da remoção da cobertura vegetal.

A erosão hídrica acelerada por ações humanas inadequadas, como práticas incorretas de agricultura, é sem dúvida um dos fatores de desgaste que mais seriamente tem contribuído para a improdutividade dos solos no Brasil (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999). Estima-se que o Brasil perde anualmente, por erosão hídrica laminar, cerca de 500 milhões de toneladas de terra (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

O processo erosivo está associado principalmente ao comportamento das águas superficiais e subterrâneas, à ação erosiva dos climas tropicais (chuvas), ao declive e morfologia das encostas, à resistência natural dos solos e sua cobertura vegetal. A análise isolada do desempenho de cada um desses fatores é complexa, devido à relação de interdependência entre eles. Além de prejudicar a recarga hídrica do lençol freático, a erosão favorece e eleva os níveis de sólidos dissolvidos e em suspensão, diminuindo a capacidade dos reservatórios e, conseqüentemente, a geração de energia.

Segundo Van Oost et al. (2000), a erosão superficial é um problema mundial que afeta todos os países e, embora mundialmente estudada, ainda existe uma carência de métodos efetivos para sua avaliação, que atenda às particularidades locais, considerando que os modelos atuais de erosão enfatizam muito o aspecto da variabilidade temporal e destacam pouco os estudos que consideram a variabilidade espacial dos atributos do solo ligados à erosão. No processo erosivo, identificam-se fatores ativos e passivos, sendo os primeiros ligados à erosividade dos agentes, e os segundos, à erodibilidade dos materiais. Wischmeier e Smith (1958), na equação universal de perdas de solo, consideram a precipitação como fator ativo, enquanto solo, topografia e cobertura vegetal são fatores passivos.

Neste contexto, buscando estabelecer uma estratégia de aproveitamento racional de uso do solo, para sua utilização e manejo de forma sustentada, e reduzir os problemas de erosão das terras de cotas mais elevadas, prevenindo o assoreamento do reservatório da usina hidrelétrica de Tombos, realizou-se a avaliação da suscetibilidade dos solos à erosão na área de entorno do reservatório da UHE de Tombos, situada às margens do Rio Carangola, área periurbana do Município de Tombos, Estado de Minas Gerais.

O presente trabalho atende à etapa de “Diagnóstico ambiental e caracterização da área do entorno do reservatório da UHE de Tombos”, solicitação de informações para o projeto “Desenvolvimento de técnicas para conservação do solo e recuperação de áreas degradadas do entorno de reservatórios, estudo de caso para UHE de Tombos, MG”, parte integrante do projeto multi-institucional Aneel/Ampla/Embrapa Solos, projeto financiado com recursos da Ampla.

O objetivo do trabalho foi avaliar a suscetibilidade dos solos à erosão, discriminando e quantificando as principais classes de suscetibilidade que ocorrem na área de entorno do reservatório da UHE de Tombos, gerando um mapa na escala 1:10.000 de sua distribuição espacial e um relatório da situação atual. Os resultados contribuem para o plano de manejo conservacionista da área de estudo.

## Caracterização da Área

### Situação e extensão

A área de estudo está localizada no Município de Tombos, Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, entre o conjunto de coordenadas UTM's 7682000 a 7687000 e 808000 a 812000, e ocupa uma extensão aproximada de 553,84 ha (Figura 1).

Situada na margem direita do Rio Carangola, a área insere-se no domínio morfoestrutural "faixas de dobramentos remobilizados" da região do Vale do Paraíba do Sul, na unidade geomorfológica "alinhamentos de cristas do paraíba do sul (ACPS)" (ALMEIDA et al., 1975). O relevo é forte ondulado com altitudes da ordem de 400 m, onde predominam rochas proterozoicas da Associação Paraíba do Sul, cuja litologia se constitui numa associação de gnaisses, migmatitos e charnoquitos (ALMEIDA et al., 1975; RIO DE JANEIRO, 1984). De forma localizada, ocorrem terrenos do Quaternário (Holoceno), representados pelos depósitos aluviais inconsolidados de consistência arenosa, areno-argilosa e silto-argilosa, ao longo dos córregos Sobradinho e São João, afluentes de primeira ordem do Rio Carangola.

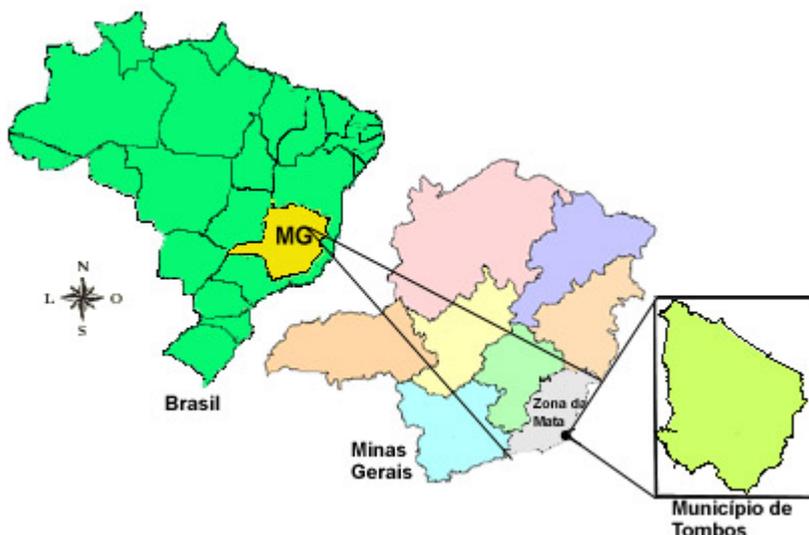


Figura 1. Localização da área de estudo.

O Córrego Sobradinho, na margem esquerda do Rio Carangola, deságua próximo ao pátio atual da casa de máquinas da UHE. O ribeirão São João, na margem direita do Rio Carangola, deságua junto à zona urbana da cidade de Tombos. Esses dois corpos d'água constituem zonas de acumulação de clásticos e são os receptores de sedimentos que fluem das encostas.

## **Vegetação**

A erradicação do estrato vegetal arbóreo para uso do solo com culturas permanentes ou cíclicas tem reduzido ou extinguido o caráter permanente ou semipermanente de mananciais, com o assoreamento de alguns deles. Atualmente, restam apenas pequenas manchas e capões de florestas secundárias, assim mesmo, restritas às áreas de maiores altitudes. Nos trechos onde a floresta ocupava encostas e vales mais suaves, a vegetação encontra-se bastante alterada.

Na área, predomina a floresta tropical subcaducifólia, caracterizada assim por apresentar certa exuberância no período úmido, com formação densa e espécies arbóreas de médio porte, típica de clima com período seco anual prolongado. O período seco anual prolongado reflete na queda foliar dos elementos arbóreos dominantes, durante certo período no ano, os quais tem adaptação fisiológica à deficiência hídrica (RIZZINI, 1972).

Além da floresta tropical subcaducifólia, encontra-se também em ambientes de acumulação dos cursos d'água, sujeitos ou não a inundações periódicas, vegetação apresentando originalmente fisionomia arbustiva ou herbácea, variável de acordo com a intensidade e duração da inundação, com ocorrência de floresta tropical subperenifólia de várzea (Figuras 2 e 3).

Na bacia do Rio Carangola, especialmente na região de Tombos, as formações naturais são caracterizadas por florestas secas, que são muito variadas no que concerne à estrutura e à composição. Embora sejam floristicamente relacionadas com as florestas ombrófilas

regionais, as florestas secas têm designação própria, pois o ritmo estacional se traduz por avançado grau de deciduidade foliar durante a seca. A intensidade da queda das folhas depende da severidade da seca e/ou das condições edáficas existentes, havendo deciduidade completa apenas em casos extremos (RIZZINI, 1972).

De modo geral, na floresta tropical subcaducifólia a disponibilidade de luz é alta nos estratos inferiores devido ao espaçamento entre os indivíduos arbóreos. O estrato herbáceo apresenta ervas e plântulas esparsas, dentre as quais encontram-se gramíneas, capim-navalha, avencas e bromélias (especialmente nos afloramentos de rocha). A serrapilheira é normalmente delgada e seca, sendo frequente a ocorrência de bolsões em meio a trechos de solo desnudo.

Na maior parte da bacia do Rio Carangola, principalmente na área mais próxima à cachoeira de Tombos, a vegetação ciliar encontra-se bastante alterada, formando apenas uma estreita e fragmentada faixa de árvores. Próximo à cachoeira de Tombos, observa-se a presença quase que dominante de apenas duas espécies, o ingá e o sangue-drago, colonizando os afloramentos de rocha, onde o solo é quase inexistente.

Com relação aos ambientes modificados pelo homem na área do projeto, o padrão dominante são as pastagens, que formam extensos campos antrópicos. De um modo geral, podem ser divididas em pastagens de capim-gordura, braquiária e pastos sujos com predomínio de espécies invasoras.

Nas áreas de pastagens abandonadas que apresentam estágios iniciais de regeneração florestal, observa-se a formação de macegas e de capoeiras, nas quais o denso emaranhado de arbusto cobre totalmente o solo. Os principais elementos componentes dessa formação são as espécies pioneiras, com grande capacidade de reprodução e dispersão.

Foto: Braz Calderano Filho.



**Figura 2.** Floresta tropical subcaducifólia em contraste com pasto limpo.

Foto: Braz Calderano Filho.



**Figura 3.** Floresta ciliar ou mata de galeria.

## Clima

O clima na região de Porciúncula, Tombos e Carangola enquadra-se no tipo Cwa (inverno seco e verão chuvoso), de acordo com a classificação climática de Köppen (1948), com temperatura do mês mais frio inferior a 18 °C e, do mês mais quente, superior a 22 °C, apresentando áreas de transição entre os tipos Aw e Cwa.

Porciúncula, município do Estado do Rio de Janeiro, apresenta clima Aw, ou seja, clima tropical com inverno seco, estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco). A temperatura média do mês mais frio é superior a 18 °C. As precipitações são superiores a 750 mm anuais, atingindo 1.800 mm.

À medida que há elevação na altitude nos municípios de Tombos e Carangola, o clima tende ao tipo Cwa, ou seja, clima subtropical de inverno seco com temperaturas inferiores a 18 °C e verão quente com temperaturas superiores a 22 °C (Tabela 1).

**Tabela 1.** Balanço hídrico de Thornthwaite para o Município de Porciúncula, RJ.

Meses	T °C	P mm	N horas	EIP Thornthwaite 1948	P-ETP mm	ETR mm	DEF mm	EXC mm
Jan	26,2	224,7	13,2	151,00	73,7	151,0	0,0	73,7
Fev	26,5	115,6	12,9	137,62	-22,0	135,4	2,3	0,0
Mar	25,8	149,4	12,4	135,78	13,6	135,8	0,0	0,0
Abr	24,2	91,7	11,8	103,92	-12,2	102,5	1,4	0,0
Mai	21,8	39,9	11,2	75,82	-35,9	65,0	10,9	0,0
Jun	19,9	14,7	10,8	54,47	-39,8	33,7	20,7	0,0
Jul	19,7	16,4	10,7	54,29	-37,9	28,7	25,6	0,0
Ago	21,0	22,0	11,0	66,94	-44,9	31,7	35,3	0,0
Set	22,4	57,5	11,6	81,72	-24,2	61,2	20,6	0,0
Out	23,8	110,0	12,2	105,69	4,3	105,7	0,0	0,0
Nov	24,5	165,8	12,8	116,50	49,3	116,5	0,0	0,0
Dez	25,4	221,1	13,2	137,56	83,5	137,6	0,0	50,5
Total	281,2	1228,8	144,0	1221,33	7,5	1104,6	116,7	124,2
Média	23,4	102,4	12,0	101,78	0,6	92,0	9,7	10,4

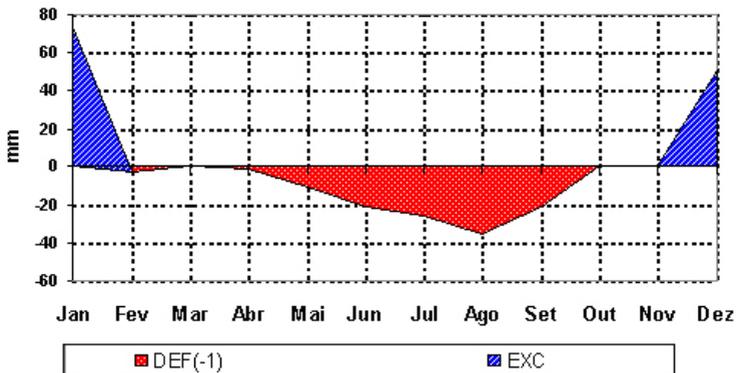
T = temperatura mensal; P = precipitação pluvial.; N = número de horas; ETP = evapotranspiração potencial; P-ETP = pluviosidade menos evapotranspiração potencial; ETR = evapotranspiração real; DEF = déficit hídrico; EXC = excesso.

Em Tombos, a temperatura média anual é de 20,90°C, com média máxima anual de 26,50°C e média mínima anual de 14,40°C. O índice pluviométrico médio anual é em torno de 1.200 mm. As temperaturas médias mensais variam de 20,1°C até 26,5°C. Os meses mais quentes são janeiro e março, e os mais frios junho e agosto. A oscilação térmica é muito grande, alcançando 26°C a média dos meses mais quentes, e nos meses mais frios em torno de 7°C. Portanto, o tipo climático da área estudada é o subúmido seco, com acentuado déficit hídrico (KÖEPPEN, 1948; NIMER, 1977).

Com precipitação pluviométrica anual de 1.228 mm, evapotranspiração potencial em torno de 1.221 mm e evapotranspiração real em torno de 1.104 mm, conforme balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955), para o Município de Porciúncula, RJ, a área apresenta limitações de água disponível.

A precipitação pluviométrica é irregularmente distribuída durante o ano, com valores muito baixos de maio a setembro. Excedentes hídricos são observados apenas nos meses de janeiro e dezembro (Figura 4).

#### Extrato do Balanço Hídrico Mensal



**Figura 4.** Balanço hídrico da área com armazenamento no solo.

mm = Volume de água mensal em mm; DEF = déficit hídrico; EXC = excesso.

## Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido visando caracterizar o potencial de riscos de erosão dos solos da área de entorno do reservatório da UHE de Tombos, usada para fins de geração de energia elétrica. A área estudada abrange totalmente a microbacia do Córrego Sobradinho e parte da microbacia do Córrego São João.

Os procedimentos metodológicos utilizados neste trabalho envolveram a aquisição de dados por meio de consultas a fontes bibliográficas, extração e interpretações de dados básicos e a operacionalização dos mesmos, com a utilização de sistema de informação geográfica (SIG). A avaliação da suscetibilidade dos solos à erosão foi elaborada com base na interpretação dos mapas de solos, declividade, uso e cobertura atual, nos dados contidos nos relatórios técnicos de solos e de uso e cobertura das terras, produzidos para a área de entorno do reservatório da UHE de Tombos, e em informações e resultados coletados no campo referente à erosão das terras e degradação dos solos pelo uso agrícola.

A avaliação foi feita de forma qualitativa e realizada em etapas distintas e sucessivas, conforme sugerido em Carvalho (1994), Commission of the European Communities (1992) e Mendes (1982), com adaptações, com base em parâmetros e atributos de clima, solos, geologia, relevo, vegetação, declividade, uso do solo e trabalho de campo para elaboração do mapa final, que foi confeccionado na escala 1:10.000, mostrando as áreas de maior e menor potencial à erosão, conforme Anexo.

As etapas de trabalho consistiram na construção da base de dados geográficos em ambiente SIG, ajustes e reclassificação de dados secundários, aquisição e armazenamento de dados primários em meio digital e elaboração da suscetibilidade à erosão propriamente dita, via superposição temática em SIG.

Como material cartográfico básico, foram utilizadas fotografias

aéreas, na escala 1:30.000, ortofotocarta 1:10.000, em meio analógico e digital, e restituição planialtimétrica na escala 1:10.000, com curvas equidistantes de 5 m e aparelho de GPS.

Todas as informações cartográficas necessárias foram preparadas em ambiente de geoprocessamento, gerando um banco de dados digitais no ArcGIS 9.0, na projeção UTM, Datum SAD 69, fuso 23S, com implementação de fotografias aéreas, ortofotocartas e mapas temáticos produzidos. A restituição planialtimétrica, em formato DWG, foi editada no SIG, extraindo em formato Shape para a área de estudo os layers de drenagem, limites, estradas, pontos cotados e curvas de nível. Numa etapa posterior, colocou-se a topologia nas curvas de nível, efetuaram-se os ajustes e eliminaram-se as informações inconsistentes, obtendo-se, dessa forma, a base cartográfica digital na escala 1:10.000. A seguir, foi elaborado o modelo digital de elevação (MDE), com resolução espacial de 10 m, pelo interpolador Topogrid (HUTCHINSON, 1989).

A partir do MDE isento de depressões espúrias, foi elaborada a grade com a declividade da área e outras variáveis de interesse, utilizando-se o módulo 3D Analyst do ArcGIS Desktop 9.0. Esse mapa, junto com os mapas temáticos e de drenagem, auxiliaram na avaliação da suscetibilidade dos solos à erosão.

Os mapas de solos e de uso e cobertura das terras da área de estudo, elaborados por Calderano Filho et al. (2005b, 2005c), foram convertidos para o meio digital e ajustados no SIG. Reunindo todas as informações em meio digital necessárias ao SIG, para análises, cruzamentos e geração do mapa de erosão, os dados alfanuméricos foram digitados na forma de tabelas em planilhas eletrônicas.

Numa última etapa, realizou-se a edição final com o cálculo de área de cada uma das classes, adequação da legenda de cores e montagem do layout cartográfico no software ArcGIS 9.0. (ESRI). As fases seguidas com o uso do SIG podem ser divididas nos seguintes módulos: entrada de dados; armazenamento e gerenciamento da base de dados; interação; transformação e análises; exibição e saída de dados.

Metodologia semelhante para a identificação dos riscos de erosão do solo foi utilizada no Programa Corine da Commission of the European Communities (1992), apresentada no projeto “Riscos de erosão de solos e avaliação de terras”. Essa metodologia não define pesos para os diversos fatores, devendo ser ajustados às condições e realidade da região em estudo.

A avaliação qualitativa da suscetibilidade dos solos à erosão teve como base os dados morfológicos, físicos, químicos e observações do ambiente, obtidos quando da execução do levantamento de solos na escala 1:10.000. Os resultados desse estudo foram analisados juntamente com os dados de clima (erosividade das chuvas), vegetação e classes de declive, a fim de estabelecer o risco de erosão das terras para a área de estudo.

Nesta metodologia, a variável solo é contemplada, considerando propriedades, atributos e características das classes de solos mapeadas, que, inter-relacionadas, informam sobre as propriedades de erodibilidade do solo, enquanto, para a variável meio, além de considerar precipitação, relevo e cobertura vegetal, que caracterizam os fatores de erosividade do meio físico, leva-se em conta as variáveis morfométricas e o modelo digital de elevação. Também são sucintamente apresentados alguns dos conceitos e critérios adotados neste trabalho que afetam a erodibilidade dos solos e que são bastante conhecidos da literatura, como atributos e propriedades dos solos, formas de relevo, declividade, morfodinâmica e vegetação.

## **Conceitos e critérios adotados**

Vários trabalhos têm demonstrado as variáveis, atributos e propriedades do solo que interferem no processo erosivo, como: profundidade, permeabilidade, textura, estrutura, densidade aparente, porosidade, teor de matéria orgânica, teor e estabilidade dos agregados, pH do solo, argilominerais, fertilidade, matéria orgânica, morfologia da encosta e importância da cobertura vegetal (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; GUERRA, 1998, 1999; RESENDE; ALMEIDA, 1985; RESENDE et al., 1992; WISCHMEIER et al., 1971).

A erodibilidade, maior ou menor de um solo, dependerá das propriedades deste. A natureza do solo é um dos fatores que exerce maior influência sobre a quantidade e qualidade do material erodido. Essa influência depende de características físicas, químicas, morfológicas e mineralógicas, sendo essas características consideradas intrínsecas, isto é, oriundas do processo de formação do solo e apresentando uma ação conjunta, o que dificulta individualizar seus efeitos. Resultados de trabalhos de campo têm demonstrado que as diferenças nas classes de textura são as que apresentam maior influência nas perdas de solo (BERTONI et al., 1975; CARVALHO, 1994).

Outro fator importante que afeta a erosão são os tipos e graus de estrutura dos solos. As estruturas prismáticas e em blocos, quanto mais desenvolvidas e estando presente a cerosidade, tornam os solos mais suscetíveis à erosão hídrica. Com base nessas observações, as unidades de mapeamento, constituídas por solos que apresentam horizonte textural em classes de relevo movimentado, foram enquadradas nos graus de suscetibilidade à erosão Moderada/Forte, Forte e Muito Forte.

O clima, fator ativo por excelência no processo erosivo, deve ser analisado em conjunto com os fatores ditos passivos, a fim de que se possam estimar os riscos de erosão dos solos.

A erodibilidade do solo, como causa passiva ou facilitadora da erosão, por meio da maior ou menor resistência do solo, está diretamente relacionada com sua permeabilidade e capacidade de infiltração de água e à estabilidade de seus agregados, resistência à desagregação e ao transporte das partículas (BERTONI et al., 1975; WISCHMEIER; MANNERING, 1969), conferidos, por sua vez, pelas características físicas, químicas e morfológicas do solo, tais como: textura, estrutura, gradiente textural, teor de argila, teor de matéria orgânica, pH, teor de argila dispersa e presença ou não de camadas de impedimento. Dessa forma, eles respondem diferentemente ao processo erosivo, em função de suas características intrínsecas, que são responsáveis pela susceptibilidade do solo à erosão. Assim, cada classe de solo

apresentará maior ou menor erodibilidade, mesmo quando submetida a condições semelhantes de erosividade.

A profundidade do solo, favorável ao desenvolvimento do sistema radicular, é, sem dúvida, uma importante característica para o estabelecimento dos limites de tolerância de perdas de solo por erosão, mas deve ser avaliada de forma conjugada com a classe e os tipos de solo. Para solos bem desenvolvidos, como a classe dos Latossolos, a profundidade máxima admitida para o desenvolvimento radicular é de 1,00 metro. No caso de solos rasos (profundidade menor que 50 cm), como os Neossolos Litólicos, a profundidade é uma característica importante que definirá a baixa tolerância à perda de solo, implicando, então, alta susceptibilidade dessa classe de solo à erosão.

Da mesma forma, a deficiência de drenagem interna dos solos até solos excessivamente drenados interferem na maior ou menor susceptibilidade à erosão. O gradiente textural ou relação textural entre os horizontes superficiais e subsuperficiais afeta principalmente a infiltração e a permeabilidade. Solos que apresentam gradiente textural são mais suscetíveis à erosão (CARVALHO, 1994).

### ***Relevo***

O relevo tem importância no processo erosivo, principalmente por ser a declividade o fator responsável pela maior ou menor infiltração das águas das chuvas. Segundo Mendes (1982), as classes de relevo descritas como fases das unidades de mapeamento atendem perfeitamente às exigências de uma análise da susceptibilidade à erosão em escalas de levantamento a nível de reconhecimento. No presente trabalho, as classes de relevo foram subdivididas com o mapa de declividade, conforme detalhado na Tabela 2.

**Tabela 2.** Classes de declividade e relevo da área.

Declive	Relevo
< 3%	Plano/praticamente plano
3% a 8%	Suave ondulado
8% a 14%	Moderadamente ondulado
14 % a 20%	Ondulado
20% a 45%	Forte ondulado
45% a 100%	Montanhoso
> 100%	Escarpado

## **Vegetação**

A cobertura do solo funcionou como facilitadora ou amortecedora da suscetibilidade do solo à erosão. A cobertura vegetal compacta, caso das florestas, protege o solo contra o impacto direto das gotas de chuva. Há, portanto, menos erosão num solo florestado. Todavia, desde que a floresta é retirada para utilização do solo em atividades agrícolas, ou para obras de engenharia (estradas vicinais), o solo se torna mais suscetível à erosão.

A cobertura vegetal exerce ação interceptora das gotas de chuva, além do papel de “segurar” o solo por meio das raízes. A influência da vegetação no processo erosivo é consequência da cobertura vegetal oferecida ao terreno, fruto da sua exuberância e massa foliar (BECKER; EGLER, 1997).

Solos com cobertura vegetal densa são menos erodidos do que os solos com cobertura vegetal esparsa ou cultivados sem a adoção de práticas conservacionistas. Para cada uso da terra encontrado na área, foi definido o risco de erosão, conjugando critérios como textura, profundidade, transição de horizontes dos solos, classe de declividade e graus de proteção. Os tipos de cobertura vegetal e graus de proteção adotados foram baseados em Ross (1996), conforme Tabela 3.

**Tabela 3.** Tipos de cobertura vegetal e graus de proteção.

Grau de proteção	Tipo de cobertura vegetal
1 Muito alta	Florestas/matias naturais, florestas cultivadas com biodiversidade.
2 Alta	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso. Formações arbustivas densas (mata secundária, cerrado denso, capoeira densa). Mata homogênea de pínus densa. Pastagens cultivadas sem pisoteio de gado. Cultivo de ciclo longo como o cacau.
3 Média	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível. Terraceamento como plantio de café, laranja com forrageiras entre ruas. Pastagens com baixo pisoteio.
4 Baixa	Silvicultura de eucaliptos com sub-bosque, culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta-do-reino, laranja) com solo exposto entre ruas, culturas de ciclo curto (arroz, trigo, feijão, soja, milho e algodão) com cultivo morro abaixo.
5 Muito baixa a nula	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplenagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.

Fonte: adaptado de Ross (1996).

## Integração dos dados

A avaliação qualitativa da suscetibilidade dos solos à erosão foi elaborada com base na interpretação dos mapas de solos (dados morfológicos, físicos, químicos), declividade, dados de clima (erosividade das chuvas), vegetação, uso e cobertura atual, nos dados contidos nos relatórios técnicos de solos e de uso e cobertura das terras, produzidos para as áreas de estudo.

A integração desses fatores conjugados com a superposição e intersecção dos mapas básicos possibilitaram discriminar e separar as diferentes classes de suscetibilidade à erosão. Na avaliação final, a diferenciação entre os graus de suscetibilidade é feita conjugando as classes de relevo e declive, textura e estrutura, aliadas ao tipo de solos e de cobertura do solo, agravadas ou minimizadas pelas condições físicas dos solos e cobertura atual. Onde o relevo é plano, não há deslocamento e transporte de partículas de solo, independentemente das classes de

solo que compõem a unidade de mapeamento. Por essa razão, essas unidades foram enquadradas no grau de suscetibilidade nula. No levantamento de solos, as associações compreendem duas ou mais unidades taxonômicas, e o critério estabelecido foi a análise do primeiro componente das unidades de mapeamento, tomando-se o cuidado de observar e ponderar os demais componentes. No seu enquadramento, prevaleceram sempre as características da unidade que conferia maior grau de limitação do solo por suscetibilidade à erosão.

A cobertura vegetal funcionou como contrapeso, amenizando ou elevando o grau, em áreas mais suscetíveis ou menos suscetíveis, considerando as classes de suscetibilidade à erosão nula, baixa, moderada, forte, muito forte e extremamente forte. Os resultados deste estudo foram analisados juntamente, a fim de estabelecer o risco de erosão das terras para a área de estudo.

Numa etapa final, efetuou-se avaliação qualitativa da suscetibilidade dos solos à erosão das áreas de estudo, conjugando aspectos dos elementos componentes da paisagem, como substrato geológico, vegetação, relevo com tipos e formas das encostas, características dos solos e do clima, numa abordagem integrada que reflete a natureza e a intensidade das potencialidades e limitações impostas pelo meio, além dos impactos que a atividade produtiva pode causar.

## **Graus de limitação por suscetibilidade à erosão**

- **Nulo (N)** – terras não suscetíveis à erosão. Geralmente ocorrem em áreas de relevo plano ou quase plano (0% a 3% de declive) e solos com boa permeabilidade. Quando cultivadas por 10 a 20 anos, podem apresentar erosão ligeira, que pode ser controlada com práticas simples de manejo.
- **Ligeiro (L)** – terras que apresentam pouca suscetibilidade à erosão. Geralmente, possuem boas propriedades físicas, variando os declives de 3% a 8%. Quando utilizadas com lavouras, por um período de 10 a 20 anos, mostram normalmente uma perda de

25% ou mais do horizonte superficial. Práticas conservacionistas simples podem prevenir contra esse tipo de erosão.

- **Moderado (M)** – terras que apresentam moderada suscetibilidade à erosão. Seu relevo é normalmente ondulado, com declive de 8% a 14%. Esses níveis de declive podem variar para mais de 14%, quando as condições físicas dos solos forem muito favoráveis, ou para menos de 8%, quando muito desfavoráveis, como é o caso de solos com horizonte B, com mudança textural abrupta. Se utilizadas fora dos princípios conservacionistas, essas terras podem apresentar sulcos e voçorocas, requerendo práticas de controle à erosão desde o início de sua utilização agrícola.
- **Forte (F)** – terras que apresentam forte suscetibilidade à erosão. Ocorrem em relevo ondulado a forte ondulado, com declives normalmente de 14% a 20%, podendo ser maiores ou menores, dependendo de suas condições físicas. Na maioria dos casos, a prevenção à erosão depende de práticas intensivas de controle.
- **Muito forte (MF)** – terras com suscetibilidade maior que a do grau forte, tendo o seu uso agrícola muito restrito. Ocorrem em relevo forte ondulado, com declives entre 20% e 45%. Na maioria dos casos, o controle à erosão é dispendioso, podendo ser antieconômico o uso dessas áreas.
- **Extremamente forte (EF)** – terras que apresentam severa suscetibilidade à erosão. Não são recomendáveis para o uso agrícola, sob pena de serem totalmente erodidas em poucos anos. Trata-se de terras ou paisagens com declives superiores a 45%, nas quais deve ser estabelecida uma cobertura vegetal de preservação ambiental.

## Resultados e Discussão

Com base nas características morfológicas e resultados analíticos dos perfis de solos coletados na área de entorno do reservatório da UHE de Tombos, as classes de solos identificadas na área foram: Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd); Latossolo Amarelo distrófico (LAd); Latossolo Vermelho distrófico (LVd); Latossolo Vermelho ácrico (LVw); Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, típico e latossólico (PVAd); Argissolo Vermelho eutrófico, típico (PVe); Argissolo Vermelho distrófico latossólico (PVd), Argissolo Amarelo distrófico (PAd), Cambissolo Háptico Tb Distrófico (CXbd); Gleissolo Háptico Tb distrófico (GXbd); Neossolo Flúvico Tb distrófico (RYd) e Neossolo Litólico Tb distrófico (RLd). Desses, os solos de maior ocorrência na área de estudo são Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo e Argissolo Vermelho, seguidos de Argissolo Amarelo e Gleissolo Háptico. Os demais ocorrem apenas como membro componente de associação ou de inclusão, como é o caso dos Cambissolos Hápticos.

De forma simplificada, podem-se separar dois principais domínios pedológicos, inseridos nas duas grandes feições geomorfológicas, ou seja, as terras baixas e terras altas. As terras baixas compreendem as áreas planas a suave onduladas, algumas vezes interrompidas por pequenas ondulações e depressões incipientes por onde corre o leito dos córregos Sobradinho e São João, afluentes de primeira ordem do Rio Carangola, além de outros igarapés, intermitentes ou não. São ambientes de acumulação dos cursos d'água, sujeitos ou não a inundações periódicas, sendo o domínio das zonas de acumulação de clásticos e áreas receptoras de sedimentos que fluem das encostas. Nesses locais, ocorre a floresta tropical subperenifólia de várzea ou vegetação com fisionomia original arbustiva ou herbácea, variável de acordo com a intensidade e duração da inundação. Os solos dominantes nesse ambiente são Gleissolo Háptico Tb Distrófico (GXbd) e Neossolo Flúvico Tb Distrófico (RYd). De forma restrita, ocorrem nas posições de tabuleiros Argissolo Amarelo e Vermelho-Amarelo distróficos.

As terras altas, formadas por áreas onduladas e forte onduladas, compreendem o domínio da floresta tropical subcaducifólia. Os

solos dominantes dessa unidade são os Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, Argissolo Vermelho-Amarelo e Argissolo Vermelho distróficos e eutróficos, posicionados nas seções convexas das elevações. Em menor proporção, ocorre Latossolo Amarelo distrófico, seguido de Neossolo Litólico e Cambissolo Háptico distrófico, este último posicionado nas seções côncavas da paisagem.

Foram associadas classes taxonômicas devido à ocorrência de variedade de solos com distribuição irregular pela área de estudo. Na composição das associações, foi considerado em primeiro lugar o componente mais importante, sob o ponto de vista de extensão. Informações sobre descrição de perfis de solos, descrição morfológica, resultados analíticos e classes de solos identificadas encontram-se detalhadas no Boletim Pedológico (CALDERANO FILHO et al., 2005b). A Tabela 4 mostra a legenda de solos da área de estudo.

O mapeamento de uso atual procurou contemplar todas as transformações em que o uso da terra alterou a vegetação original, de modo a fornecer um quadro geral da situação atual da área amostrada e o grau de conservação de seus habitats. A Figura 5 mostra o mapa de uso e cobertura das terras da área de estudo, e a Tabela 5 mostra os percentuais de ocorrência das categorias de uso.

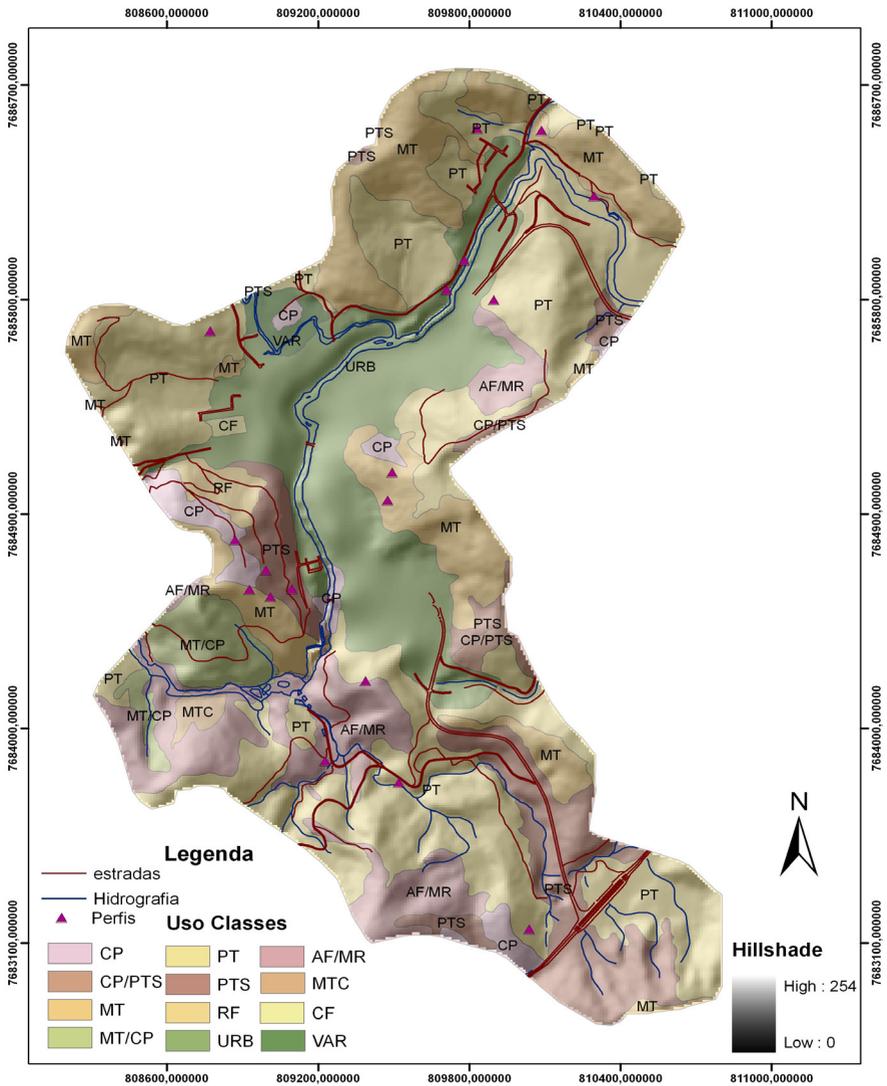
No mapeamento realizado na área do entorno do reservatório da UHE de Tombos, foi possível delimitar e discriminar as seguintes classes e categorias de uso e cobertura: Remanescentes Florestais, separados em Mata, Capoeira e Mata Ciliar; Reflorestamento (eucaliptos); Pastagem, separada em Pasto Sujo e Pasto Limpo; Várzea; Área Urbana; Afloramento de Rocha e associação de categorias de uso (Afloramento + Mata Rala; Capoeira + Pasto Sujo e Mata + Capoeira). Áreas pontuais como agricultura e áreas de solo exposto não foram possíveis de separar, considerando que o cultivo agrícola predomina em pequenos módulos. Também não foram identificadas áreas expressivas com culturas anuais. A classe Mata/Capoeira corresponde às áreas com floresta primária ou secundária ou, ainda, capoeiras em estágio avançado de regeneração.

**Tabela 4.** Legenda do mapa de solos.

<b>Unidade</b>	<b>Classe de solo</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
<b>Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico</b>			
<b>LVAd1</b>	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico + Latossolo Vermelho ácrico, ambos textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo ondulado.	39,07	7,05
<b>LVAd2</b>	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, textura argilosa + Argissolo Vermelho Amarelo distrófico latossólico, textura argilosa/muito argilosa, ambos A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo forte ondulado.	39,50	7,13
<b>LVAd3</b>	Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico de textura argilosa + Argissolo Vermelho Amarelo distrófico latossólico de textura argilosa/muito argilosa, ambos A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo ondulado.	68,75	12,41
<b>Argissolo Vermelho Eutrófico</b>			
<b>PVe1</b>	Argissolo Vermelho eutrófico típico, textura argilosa/muito argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo ondulado.	26,95	4,87
<b>PVe2</b>	Argissolo Vermelho eutrófico típico, textura argilosa/muito argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo forte ondulado.	43,58	7,87
<b>PVe3</b>	Argissolo Vermelho eutrófico típico + Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, ambos textura argilosa/muito argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo ondulado.	6,36	1,15
<b>PVe4</b>	Argissolo Vermelho distrófico latossólico de textura argilosa/muito argilosa + Latossolo Vermelho distrófico típico, textura argilosa, ambos A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo forte ondulado.	25,74	4,65
<b>PVe5</b>	Argissolo Vermelho distrófico latossólico de textura argilosa/muito argilosa + Latossolo Vermelho distrófico típico de textura argilosa, ambos A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo ondulado.	13,91	2,51
<b>Argissolo Amarelo Distrófico</b>			
<b>PAAd</b>	Argissolo Amarelo distrófico típico + Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, ambos A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo suave ondulado.	12,71	2,29

**Tabela 4.** Continuação.

<b>Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico</b>			
<b>PVAd1</b>	Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico de textura argilosa/muito argilosa + Latossolo Amarelo distrófico típico de textura argilosa + Cambissolo Háptico Tb distrófico de textura média/argilosa + Latossolo Vermelho distrófico típico, todos A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo forte ondulado.	19,53	3,52
<b>PVAd2</b>	Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico + Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico + Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico, todos A moderado, textura argilosa/muito argilosa, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo forte ondulado.	101,08	18,25
<b>PVAd3</b>	Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico Latossólico + Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, ambos A moderado, textura argilosa/muito argilosa, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo ondulado.	15,51	2,80
<b>PVAd4</b>	Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico Latossólico + Latossolo Amarelo distrófico típico, ambos textura argilosa/muito argilosa, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo forte ondulado.	11,97	2,16
<b>Gleissolo Háptico Tb Distrófico</b>			
<b>Gxbe1</b>	Gleissolo Háptico Tb distrófico de textura argilosa + Neossolo Flúvico Tb distrófico de textura média com cascalho, ambos típicos, A moderado, fase campo de várzea e floresta tropical subperenifólia de várzea e relevo plano.	19,74	3,57
<b>Afloramentos de Rocha</b>			
<b>AF</b>	Afloramento de Rocha + inclusão de Neossolo Litólico Tb distrófico típico, textura média com cascalho, A moderado, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo forte ondulado.	5,13	0,93
Água		14,74	2,67
Área urbana		89,57	16,17
<b>Total</b>		<b>553,84</b>	<b>100,00</b>



**Figura 5.** Mapa de uso e cobertura das terras da área de entorno do reservatório da UHE de Tombos.

**Tabela 5.** Percentuais das classes de uso e cobertura das terras.

<b>Categoria de uso</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>	<b>Categoria de uso</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>
Mata	81,72	14,76	Área Urbana	88,00	15,89
Capoeira	15,17	2,74	Água	14,74	2,66
Mata Ciliar	2,75	0,50	Afloramento de Rocha	1,04	0,19
Reflorestamento	5,87	1,06	Afloramento + Mata Rala	56,62	10,22
Pasto Sujo	56,32	10,17	Capoeira + Pasto Sujo	5,47	0,98
Pasto Limpo	202,80	36,62	Mata + Capoeira	17,70	3,19
Várzea	5,64	1,02			
<b>Total</b>	<b>553,84</b>	<b>100</b>			

## Suscetibilidade dos solos à erosão

A suscetibilidade dos solos à erosão diz respeito ao desgaste que a superfície do solo poderá sofrer, quando submetida a qualquer uso, sem medidas conservacionistas (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995). Está na dependência das condições climáticas (especialmente do regime pluviométrico), das condições do solo (textura, estrutura, permeabilidade, profundidade, capacidade de retenção de água, presença ou ausência de camada compacta e pedregosidade), das condições do relevo (declividade, extensão da pendente e microrrelevo) e da cobertura vegetal. Nesse sentido, os principais fatores relacionados à maior ou menor suscetibilidade de um terreno à erosão são clima, tipo de solo, declividade do terreno, tipo de cobertura vegetal e manejo agrícola empregado.

Os graus de suscetibilidade à erosão resultaram do cruzamento de informação contidas no mapa de solos e a avaliação das características genéticas dos solos, classes texturais, declividade e uso atual. As classes de solos predominantes na área de estudo são discriminadas no item 4. As classes de declives adotadas foram: A = 0% a 3% (plano), B = 3% a 8% (suave), C = 8% a 14% (moderadamente ondulado), D = 14% a 20% (ondulado), E = 20% a 45% (forte ondulado), F = 45% a 100% (montanhoso e escarpado) (Figura 6). O grau de declive do

terreno exerce influência direta sobre a quantidade de perda de solo por erosão, pois, quanto maior seu gradiente, maior a intensidade de escoamento das águas sob o efeito da gravidade, sendo menor o seu tempo disponível para a infiltração no solo (OLIVEIRA et al., 2007).

Os dados a respeito das formas de relevo e declividade foram obtidos de Calderano Filho et al. (2005a). As respectivas áreas e percentuais de ocorrência são mostradas na Tabela 6. As Figuras 6 e 7 mostram os mapas de declividade e suscetibilidade das terras à erosão. O Anexo mostra o mesmo mapa de erosão no formato padrão.

**Tabela 6.** Área e percentagem das classes de declive.

Classe de declividade	Área (ha)	%
A (0% a 3%)	28,38	5,12
B (3% a 8%)	35,34	6,38
C (8% a 14%)	78,22	14,12
D (14% a 20%)	131,36	23,73
E (20% a 45%)	162,03	29,26
F (45% a 100%)	14,20	2,56

Os graus adotados de limitação por susceptibilidade a erosão foram: Nulo (N < 3%), Ligeiro (L 3% a 8%), Ligeiro a Moderado (L/M), Moderado (M 8% a 14%), Forte (F 14% a 20%), Muito Forte (MF 20% a 45%), Extremamente Forte (EF > 45%). As classes de solos identificadas na área foram enquadradas nas seguintes classes de susceptibilidade à erosão.

- **Nulo (N)** – São as áreas compostas de terras planas ou quase planas, declive inferior a 3%, onde o assoreamento superficial ou enxurrada (deflúvio) é muito fraco ou lento. O declive do terreno não oferece riscos à erosão hídrica significativa, salvo, possivelmente, em áreas cujas rampas sejam muito longas e com solos altamente suscetíveis à erosão, ou quando recebem enxurradas de áreas vizinhas, situadas à montante e mais declivosas. Engloba a classe de declive A e ocorre em 26,76 ha, correspondendo a 4,83% da área de estudo. No mapa, corresponde à classe 6 de suscetibilidade à erosão.

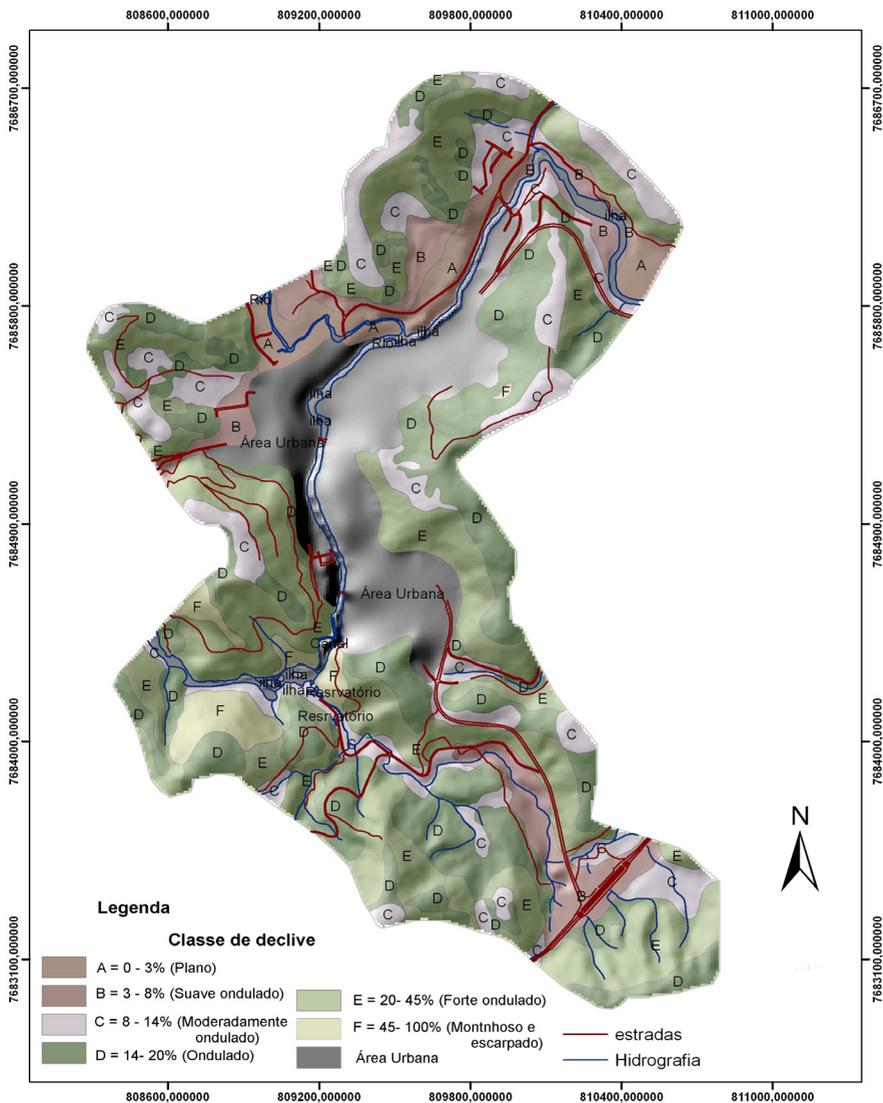
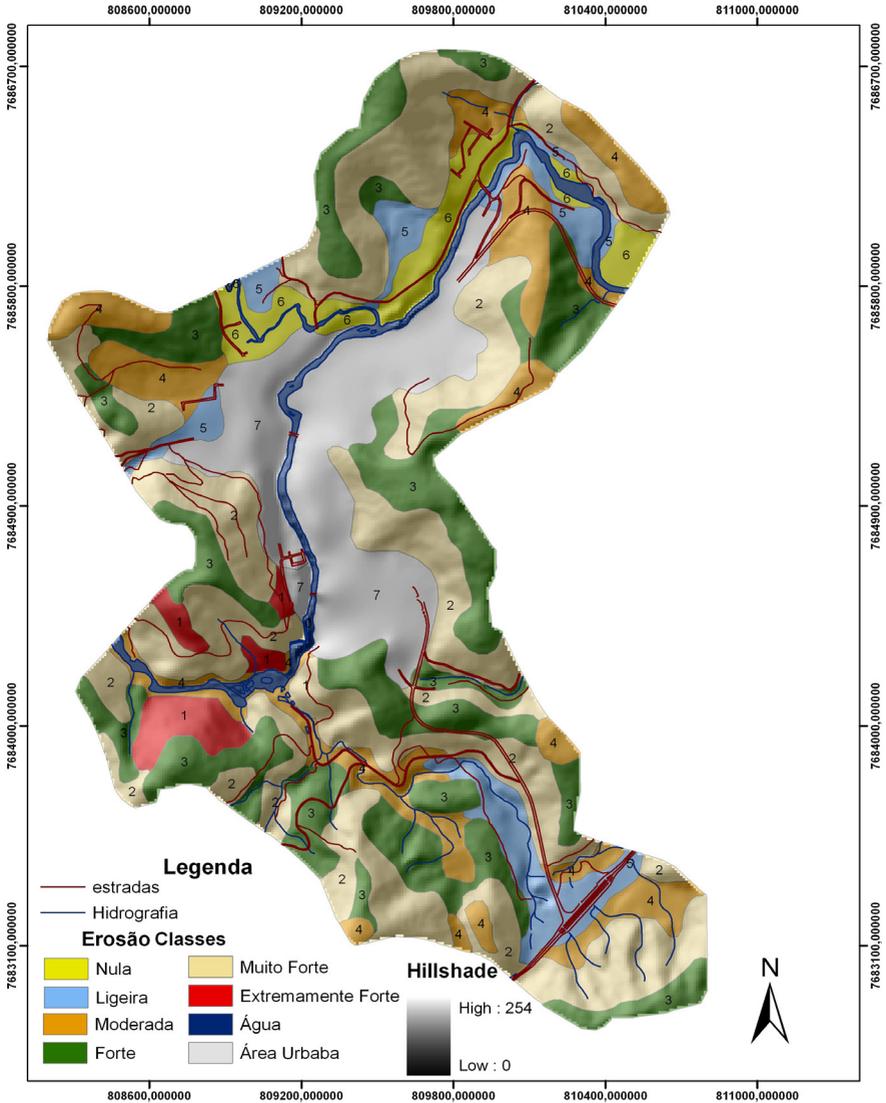


Figura 6. Mapa de declividade da área de entorno do reservatório da UHE de Tombos.



**Figura 7.** Mapa de suscetibilidade dos solos à erosão da área de entorno do reservatório da UHE de Tombos.

- **Ligeiro (L)** – Composta de áreas com declives suaves que apresentam em sua maior parte escoamento superficial lento ou médio. São pouco suscetíveis à erosão, o relevo é suave ondulado com declives entre 3% e 8%. No manejo, recomendam-se práticas simples de conservação, como aração mínima, rotação de culturas e culturas em contorno. Engloba unidades com declive B e ocorre em 35,41ha, correspondendo a 6,39% da área de estudo. No mapa, corresponde à classe 5 de suscetibilidade à erosão.
- **Ligeiro a Moderado (L/M)** – Corresponde às áreas com superfícies inclinadas, geralmente com relevo ondulado, no limite inferior da classe, nas quais o escoamento superficial é médio ou rápido, para a maior parte das terras. Em alguns casos, a erosão hídrica oferece poucos problemas, ou então pode ser controlada com práticas simples; na maior parte das vezes, no entanto, práticas complexas de conservação do solo podem ser necessárias. Essas terras podem apresentar erosão em ravinas e mesmo em forma de voçorocas. Embora o potencial erosivo da classe em questão seja fraco, o uso do solo de maneira inadequada, principalmente por atividades antrópicas, responsáveis pela aceleração dos processos erosivos, pode levar à ocorrência de deslizamentos em vertentes utilizadas de modo inadequado. No mapa, corresponde à área urbana, classe 7 de suscetibilidade à erosão, e ocorre em 82,44 ha, correspondendo a 14,88% da área de estudo.
- **Moderado (M)** – Corresponde às áreas moderadamente suscetíveis à erosão, onde o escoamento superficial é rápido na maior parte da área. O relevo é ondulado com declive entre 8% e 14%, as terras dessa classe são facilmente erodíveis, exceto aquelas muito permeáveis. Apesar de serem indicativas de um potencial erosivo mais forte, são atenuadas em função das classes de solo e declividade predominantes, declive ondulado no limite inferior da classe e também pela cobertura atual, ausência de atividades antrópicas e de práticas agrícolas adequadas. No manejo, recomendam-se práticas como terraços de base larga, cordões, diques, aração mínima, rotação

de culturas, culturas em contorno, pastoreio controlado. Engloba unidades com declive C e ocorre em 71,11 ha, correspondendo a 12,84% da área de estudo. No mapa, corresponde à classe 4 de suscetibilidade à erosão.

- **Forte (F)** – Corresponde às áreas muito suscetíveis à erosão, onde o escoamento superficial é muito rápido, na maior parte da área. O relevo é ondulado com declives entre 14% e 20%. Na maioria dos casos, a prevenção à erosão é difícil e dispendiosa. Deslizamentos podem ocorrer. No manejo dos solos nessa classe, devem-se usar práticas como terraços em patamar, em nível, banquetas individuais, interceptadores, controle de voçorocas e cobertura morta no inverno e viva no verão. Engloba unidades com declive D e ocorre em 125,13 ha, correspondendo a 22,60% da área de estudo. No mapa, corresponde à classe 3 de suscetibilidade à erosão.
- **Muito Forte (MF)** – Corresponde às áreas fortemente suscetíveis à erosão. O escoamento superficial é muito rápido, o relevo é forte ondulado com declives entre 20% e 45%. Não são recomendadas ao uso agrícola intensivo sob pena de serem totalmente erodidas em poucos anos. Trata-se de terras ou superfícies nas quais deve ser estabelecida cobertura vegetal que evite seu arrasamento. No manejo dessa classe, devem-se usar práticas como banquetas individuais, interceptadores, controle de voçorocas e cobertura morta no inverno e viva no verão. Na maioria dos casos, a prevenção à erosão é difícil e dispendiosa. Deslizamentos e quedas de blocos podem ocorrer. Nessa classe, o solo deve estar sempre coberto, pastagem ou silvicultura com restrições podem ser usadas, mas pode ser antieconômico cultivar nessas áreas. Engloba unidades com declive E e ocorre em 182,20 ha, correspondendo a 32,90% da área de estudo. No mapa, corresponde à classe 2 de suscetibilidade à erosão.
- **Extremamente Forte (EF)** – Composta de terras altamente suscetíveis à erosão, o relevo é montanhoso e escarpado, com declives

superiores a 45%. Pelas características mencionadas, é evidente que qualquer alteração nesta classe irá desencadear a aceleração dos processos erosivos, envolvendo deslizamentos e quedas de blocos. No manejo, envolve práticas conservacionistas intensas e técnicas economicamente pouco viáveis. São por excelência destinadas à preservação da flora e da fauna ou revegetação. Engloba unidades com declive F e ocorre em 16,05 ha, correspondendo a 2,90% da área de estudo. No mapa, corresponde à classe 1 de suscetibilidade à erosão.

Neste trabalho, procurou-se correlacionar todas as características do meio físico como tipos de solo, tipos de cobertura vegetal, precipitação, características do relevo e uso com o potencial de erosão laminar existente na área. Os resultados produzidos mostram estreita relação da cobertura vegetal, declividade e tipos de solos com a suscetibilidade dos solos à erosão. Nas áreas com baixa suscetibilidade à erosão, verifica-se boa conjugação de fatores relevo plano a suave ondulado, boa infiltração de água no terreno e tipo de cobertura vegetal mais eficiente.

Nas áreas onde a cobertura vegetal foi removida e convertida para plantios diversos, o potencial erosivo dos solos aumentou, até mesmo nas áreas suaves da paisagem, verificando, em alguns talhões, onde os plantios são efetuados morro abaixo, que o processo erosivo nos solos é mais acelerado. Da mesma forma, observa-se que as tolerâncias de perdas de solo variam conforme a profundidade efetiva do solo e a relação textural entre os horizontes B e A, e solos com menores teores de argila apresentam maior suscetibilidade à erosão.

Na classe dos Latossolos, os Latossolos Amarelos apresentam maior potencial erosivo, devido à conjugação de fatores relevo, declive e posição onde ocorrem na paisagem. Por outro lado, a classe do Argissolo Amarelo, apesar da classe textural semelhante ao LA, apresenta menor suscetibilidade à erosão em campo, devido às áreas com declividades mais acentuadas estarem, no geral, associadas às menores taxa de

infiltração de água, podendo promover maior escoamento superficial e, conseqüentemente, maior perda de solo por erosão.

Os Neossolos litólicos e os Argissolos são as classes de solos mais suscetíveis à erosão, devido à associação de declividades mais acentuadas, menor profundidade efetiva dos solos e ineficiência da cobertura vegetal. Os Neossolos Litólicos são solos de ocorrência pouco expressiva na área e constituem, segundo Resende et al. (1988), solos tipicamente mais suscetíveis à erosão hídrica. Os fatores para a maior tendência a perdas por erosão nesses solos são a profundidade efetiva e a pouca cobertura vegetal nesta classe de solo.

No caso dos Argissolos, a maior relação textural indica um acúmulo de argila em profundidade, limitando a infiltração de água e favorecendo um maior deflúvio superficial. As classes de solos que apresentaram menor suscetibilidade à erosão foram dos Gleissolos e Latossolos. O relevo predominantemente plano na classe dos Gleissolos sugerem baixos riscos de perdas de solos por erosão. No caso dos Latossolos, a permeabilidade acentuada, resultado da elevada profundidade efetiva e da baixa relação textural, associadas à predominância de textura média/argilosa, estrutura bem desenvolvida (tipicamente entre blocos e granular) e teores consideráveis de matéria orgânica, contribui para a maior resistência à erosão hídrica desses solos (RESENDE, 1985).

## Conclusões

O mapa de suscetibilidade dos solos à erosão fragmenta a área de estudo em glebas categorizadas segundo seu potencial latente de instabilidade à erosão. A utilização desse método permitiu avaliar a suscetibilidade dos solos à erosão nas unidades de mapeamento definidas, com seus respectivos componentes, bem como a percentagem de ocorrência de cada componente dentro da unidade de mapeamento.

Os procedimentos utilizados com o uso do SIG e apoio do modelo digital de elevação demonstraram bons resultados. A utilização de SIG se mostrou eficiente, tanto no manuseio dos dados relativos

ao estudo, como facilitou a análise ambiental. O banco de dados georreferenciados permitiu atualizações e correções de modo rápido e eficiente, facilitando a saída gráfica e o acabamento final.

Pode-se concluir que a metodologia apresentou-se adequada ao estudo da suscetibilidade dos solos à erosão e contribuiu para o planejamento de áreas de relevo movimentado, sob intervenção antrópica, pois, onde foi identificada a ocorrência de solos e compartimentos mais frágeis e problemáticos em função do gradiente textural, maior declividade, menor grau de cobertura vegetal e maior grau de fragilidade ambiental, estes se encaixaram nas classes de suscetibilidade à erosão forte, muito forte ou extremamente forte.

## Referências

- ALMEIDA, F. F. M. de; HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R. Lineamento de Além-Paraíba. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 47, n. 3/4, p. 575-576, 1975.
- BECKER, B. K.; EGLER, C. A. G. **Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos estados da Amazônia Legal**. Brasília, DF: Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 1997. 43 p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999. 355 p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JÚNIOR, R. Equação de perdas de solo. Campinas: IAC, 1975. 25 p. (IAC. Boletim técnico, 21).
- CALDERANO FILHO, B.; ANDRADE, A. G. de; CALDERANO, S. B.; MANZATTO, C. V.; SOUZA, J. S. de. **Diagnóstico do meio físico da área de entorno do reservatório da Usina Hidrelétrica de Tombos, MG**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005a. 44 p. Rio de Janeiro, 2005a. 34 p. (Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 79).
- CALDERANO FILHO, B.; ANDRADE, A. G. de; CALDERANO, S. B.; MANZATTO, C. V.; SOUZA, J. S. **Caracterização dos solos da área de entorno do reservatório da Usina Hidrelétrica de Tombos, Estado de Minas Gerais**. Rio de Janeiro, 2005b. 33 p. (Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 80).
- CALDERANO FILHO, B.; ANDRADE, A. G. de; RAMALHO FILHO, A.; PRADO, R. B.; GONÇALVES, A. O.; SOUZA, J. S. de; LUZ, L. D. **Uso e cobertura das terras da área do entorno do reservatório da usina hidrelétrica de Tombos, no estado de Minas Gerais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005c. 34 p. (Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 89).

CARVALHO, A. P. de. Solos do arenito Caiuá. In: PEREIRA, V. de P.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da. (Ed.). **Solos altamente suscetíveis à erosão**. Jaboticabal: UNESP/SBCS, 1994. p. 39-50.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. **CORINE land cover**. Bruxelas, 1992. 106 p.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 17-50.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; Cunha, S. B. da (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p. 149-209.

HUTCHINSON, M. F. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. **Journal of Hydrology**, v. 106, n. 3/4, p. 211-232, Apr. 1989.

KÖEPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. México, DF: Fondo de Cultura Economica, 1948. 466 p.

MENDES, W. Relação entre os graus de limitações do uso do solo por suscetibilidade à erosão e às unidades de mapeamento de solo. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, ano 44, n. 3, p. 445-476, jul./set. 1982.

NIMER, E. Clima. In: IBGE. **Geografia do Brasil: Região Sudeste**. Rio de Janeiro, 1977. v. 3, p. 51- 89.

OLIVEIRA, A. M. M. de; PINTO, S. dos A. F.; LOMBARDI NETO, F. Caracterização de indicadores da erosão do solo em bacias hidrográficas com o suporte de geotecnologias e modelo predictivo. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, SP, v. 5, n. 1, p. 63-86, 2007.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65 p.

RESENDE, M. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 128, p. 3-18, 1985.

RESENDE, M.; ALMEIDA, J. R. de. Modelos de predição de perdas de solo: uma ferramenta para manejo e conservação do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 128, p. 38-54, 1985.

RESENDE, M.; CARVALHO FILHO, A.; LANI, J. L. Características do solo e da paisagem que influenciam a susceptibilidade à erosão. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1990, Goiânia. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 32-67.

RESENDE, M.; CURTI, N.; SANTANA, D. P. **Pedologia e fertilidade do solo**: interações e aplicações. Brasília, DF: MEC; Lavras: ESAL; Piracicaba: POTAFOS, 1988. 81 p.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Turismo. Departamento de Recursos Minerais. **Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro**: folha Porciúncula. Rio de Janeiro, 1984. Escala 1:50.000.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**: manual de dendrologia brasileira. São Paulo: E. Blucher: USP, 1972. 294 p.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia aplicada aos EIAs-RIMAs. In: GUERRA, A. J.T.; CUNHA, S. B. da. (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 291-336.

THORNTHWAITTE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p. (Publications in climatology, v. 8, n. 1).

VAN OOST, K.; GOVERS, G.; DESMET, P. Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage. **Landscape Ecology**, v. 15, n. 6, p. 577-589, Aug. 2000.

WISCHMEIER, W. H.; JOHNSON C. B.; CROSS B. V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. **Journal of Soil Water Conservation**, v. 26, p. 189-193, 1971.

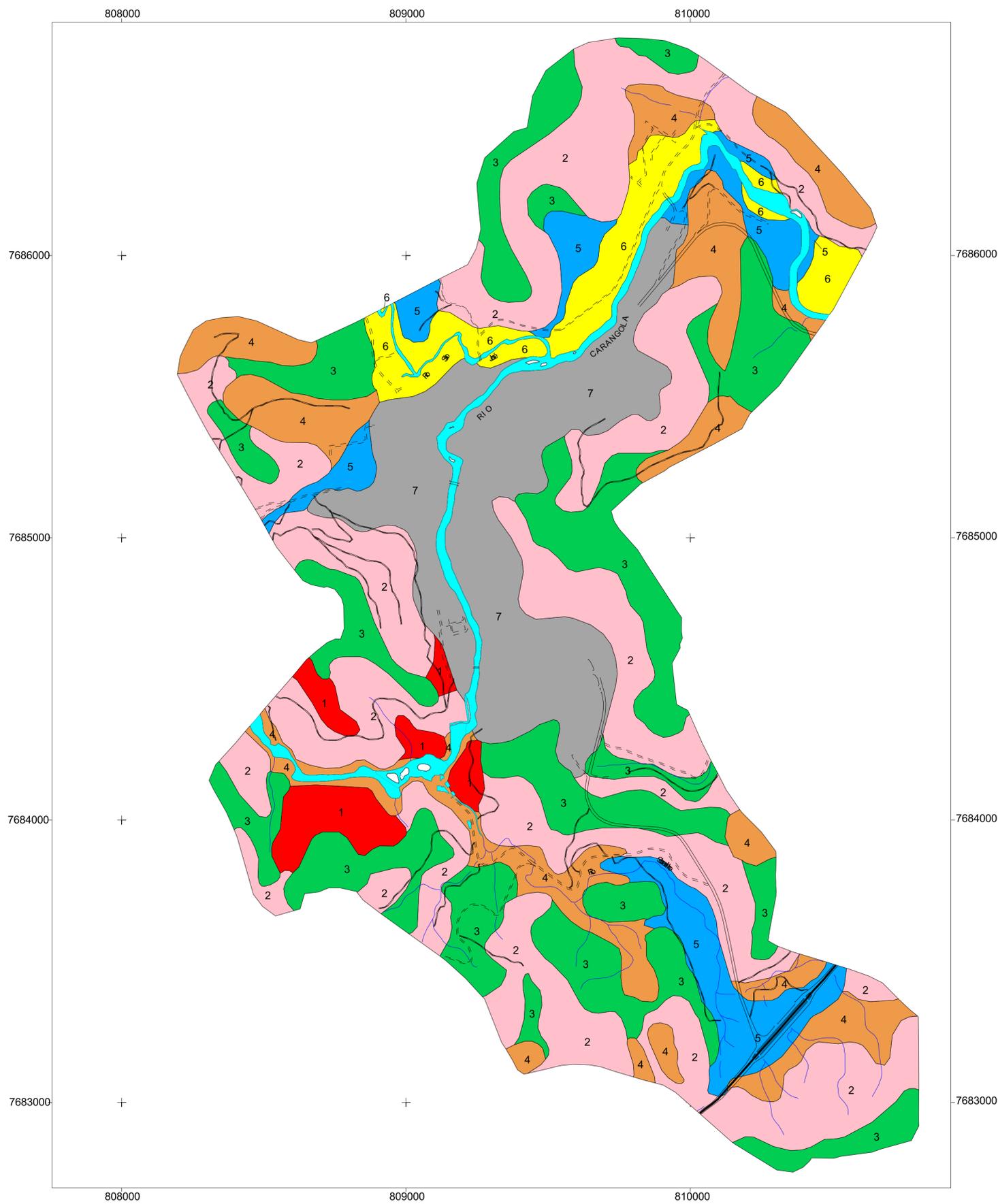
WISCHMEIER, W. H.; MANNERING, J. W. Relation of soil properties to its erodibility. **Soil Science Society of America Journal**, v. 33, n. 1, p. 131-137, 1969.

WISCHMEIER, W. H.; SMIITH, D. D. Rainfall energy and its relationship to soil-loss. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, v. 39, n. 2, p. 285-291, Apr. 1958.

## **Anexo**

---

**Mapa de suscetibilidade dos solos à erosão  
da área do entorno do reservatório da UHE  
Tombos na escala 1:10.000.**

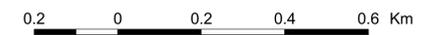


**LEGENDA**

**Classes de Erosão**

- 1 = Extremamente Forte
- 2 = Muito Forte
- 3 = Forte
- 4 = Moderada
- 5 = Ligeira
- 6 = Nula
- 7 = Área Urbana

**ESCALA 1:10.000**



Projeção: UTM  
Datum: SAD 69  
Fuso: 23



**Sinais Convencionais**

- |                                    |                          |
|------------------------------------|--------------------------|
| Rio periódico                      | Área urbana              |
| Rio intermitente                   | Rua-Pavim-S-Meio-Fio     |
| Poço ou Tanque                     | R-Não-Pavim-Sem-Meio-Fio |
| Ilha                               | Caminho                  |
| Limite entre Unidade de Mapeamento | Ponte                    |
|                                    | Rodovia-MG-111           |

**AUTOR:**  
Braz Calderano Filho:

**DIGITALIZAÇÃO, EDITORAÇÃO E REVISÃO CARTOGRAFICA DIGITAL:**  
José Silva de Souza