

## XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo Vulnerabilidade à Degradação dos Solos do Município de Campinas, SP

**LYDIA HELENA DA SILVA DE OLIVEIRA<sup>(1)</sup>, GUSTAVO SOUZA VALLADARES<sup>(2)</sup>, RICARDO MARQUES COELHO<sup>(3)</sup> & CRISTINA CRISCUOLO<sup>(4)</sup>**

**RESUMO** – Este trabalho visou elaborar um mapa de vulnerabilidade à degradação dos solos do Município de Campinas, SP, através de Sistema de Informações Geográficas (SIG), utilizando-se metodologia desenvolvida pelo INPE. Para obtenção das classes de vulnerabilidade foram levadas em conta geologia, geomorfologia, pedologia e uso e cobertura das terras, considerando-se cinco classes: estável, moderadamente estável, medianamente estável/vulnerável, moderadamente vulnerável e vulnerável. A classe de vulnerabilidade considerada medianamente estável/vulnerável foi a mais representativa ocupando em 557,9 km<sup>2</sup> de extensão, ou seja, ocorrem em 70,75% do município. Em seguida a classe moderadamente estável, que ocupa 145,4 km<sup>2</sup> de extensão e representa mais de 18% do município. Os resultados obtidos mostram a viabilidade da aplicação do método para a elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental, que pode ser aplicado na gestão territorial de Campinas.

**Palavras-Chave:** (risco ambiental; SIG; geoprocessamento)

### Introdução

As atividades antrópicas têm gerado degradação ambiental, incluindo erosão e, contaminação de solos, sedimentos e corpos d'água. O modelo impactante atualmente adotado coloca em risco a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

O clima, aliado aos tipos de litologia, relevo, solo e cobertura vegetal, provoca um processo natural de perda de solo que tem sido acelerado devido à ocupação humana em áreas consideradas vulneráveis sob o ponto de vista agrícola (Gomes) [1].

Nos últimos anos, analisando o meio físico e biótico, foram realizados trabalhos baseados no conceito de ecodinâmica (Tricart) [2], com o intuito de desenvolver uma metodologia para a geração de cartas que dividam uma região em classes de maior ou menor vulnerabilidade aos processos de degradação do solo, utilizando para isso dados de Geologia,

Geomorfologia, Pedologia, Fitogeografia e Clima (Crepani et al.) [3]. Para o tratamento e cruzamento dessas informações é utilizado um sistema integrado composto por bancos de dados e sistema de informação geográfica (SIG) que otimizam e permitem o acesso e consultas sobre o produto gerado.

Para a realização do presente trabalho utilizou-se a metodologia desenvolvida pelo INPE no Zoneamento Ecológico Econômico da Amazônia Legal (ZEE) adotado pelo Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal como instrumento de planejamento e ordenamento do território brasileiro (Crepani et al.) [3].

O objetivo do presente trabalho foi gerar um mapa de vulnerabilidade à degradação dos solos do município de Campinas, SP, utilizando-se a metodologia de Crepani et al. [3]. Com intuito de fornecer uma base sintética adequada para a tomada de decisão e a gestão territorial.

### Material e Métodos

#### A. Área de estudo

Campinas está situada na porção centro-leste do Estado de São Paulo, com 22°53'20" de Latitude Sul e 47°04'40" de Latitude Oeste, distando aproximadamente 100 km da capital São Paulo. A área total do Município é de 802,45 km<sup>2</sup> (IBGE) [4].

#### B. Metodologia

A detecção do grau de vulnerabilidade à degradação dos solos do município de Campinas, SP fundamentou-se no enfoque sistêmico com base no estudo de elementos interdependentes e indissociáveis do meio natural, considerando a relação entre os processos de morfogênese e pedogênese e a intervenção antrópica.

Para a determinação da vulnerabilidade dos solos foram atribuídas notas de risco à degradação para cada um dos critérios: geomorfologia, pedologia, uso e cobertura das terras e geologia, sendo então obtidos os mapas de vulnerabilidade referentes a cada variável. Esses critérios são divididos em unidades de paisagem natural (ou polígono de paisagem natural) e polígonos de intervenção

<sup>(1)</sup> Primeiro Autor é Mestrando do PPG em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal do Ceará. Av. Mister Hull, 2977, Campus do PICI, Fortaleza, CE, CEP 60356-000. E-mail: lydiaufc@hotmail.com

<sup>(2)</sup> Segundo Autor é Professor Adjunto do Departamento de Ciências do Solo, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará. Av. Mister Hull, 2977, Campus do PICI, Fortaleza, CE, CEP 60356-000.

<sup>(3)</sup> Terceiro autor é Pesquisador Científico do Instituto Agronômico. Caixa Postal 28, CEP 13.020-902, São Paulo, SP.

<sup>(4)</sup> Quarto Autor é Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite. Av. Soldado Passarinho, 303, Fazenda Chapadão, Campinas, SP, CEP 13070-115.

antrópica para que sejam caracterizadas em relação a sua morfodinâmica (Crepani et al.) [3].

A metodologia aplicada neste trabalho consiste em apresentar um intervalo de valores de estabilidade/instabilidade (ou vulnerabilidade) distribuídos entre as situações de predomínio dos processos pedogenéticos (valores próximos de 1,0), passando por situações intermediárias (valores ao redor de 2,0) e situações de predomínio dos processos de morfogênese (valores próximos de 3,0) (Crepani et al.) [3].

O modelo foi aplicado individualmente aos temas citados anteriormente de forma a atribuir valores de risco para que fossem analisados em conjunto com os mapas temáticos gerados da área de estudo de cada tema através do Software ARGIS com a função RASTER CALCULATOR, permitindo o tratamento dos dados e as análises da vulnerabilidade natural à perda de solos.

Para medir a vulnerabilidade natural à perda dos solos foi necessário calcular a seguinte equação:

$$V = (G + R + S + V) / 4$$

onde:  $V$  = Vulnerabilidade

$G$  = vulnerabilidade para o tema Geologia

$R$  = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia

$S$  = vulnerabilidade para o tema Pedologia

$V$  = vulnerabilidade para o tema Uso e Cobertura das Terras

A participação da Geologia para a análise e definição morfodinâmica compreende as informações relativas ao grau de coesão das rochas que servem de suporte para a unidade geoambiental. Para o tema Geomorfologia, consideraram-se, basicamente, as informações relativas à morfometria. A Pedologia colabora na caracterização morfodinâmica através da maturidade e profundidade dos solos, produtos diretos do balanço morfogênese/pedogênese. O uso e cobertura das terras representa a proteção do solo contra os efeitos dos processos modificadores das formas de relevo, e sua participação na caracterização morfodinâmica das geofácies, está, portanto, relacionada à sua capacidade de proteção (Crepani et al.) [3].

A vulnerabilidade para o tema Geologia apresenta os valores do grau de vulnerabilidade das unidades de mapeamento de litotipos (Tabela 1). O tema Pedologia refere-se ao grau de vulnerabilidade das unidades de mapeamento de solos (Tabela 2). Para o tema Uso e Cobertura das Terras foram analisados parâmetros referentes ao uso e a densidade de cobertura vegetal obtidos de documentação existente (Batistella et al.) [5] (Tabela 3). Para estabelecer os valores de escala de vulnerabilidade para as unidades de paisagem natural ligadas à Geomorfologia, foi necessário analisar os seguintes índices morfométricos do terreno: dissecação

do relevo, amplitude altimétrica e declividade, conforme a Equação abaixo:

$$Ge = (G^\circ + A + D) / 3$$

Onde:  $Ge$  = Vulnerabilidade para o tema

Geomorfologia

$G^\circ$  = Vulnerabilidade atribuída ao Grau de Dissecação

$A$  = Vulnerabilidade atribuída Amplitude Altimétrica

$D$  = Vulnerabilidade atribuída à Declividade

Os dados referentes aos temas geomorfologia, geologia e pedologia foram extraídos respectivamente dos trabalhos (IG; IG; Valladares, Coelho & Chiba) [6, 7, 8].

A Tabela 4 apresenta os valores de vulnerabilidade para a amplitude e altimetria referente ao tema Geomorfologia. Os valores dos graus de vulnerabilidade para a declividade foram calculados segundo a regressão apresentada na Figura 1 e modelo digital de elevação gerado a partir de folhas topográficas na escala 1:50.000.

## Resultados

O Município de Campinas apresenta grande variabilidade do meio físico, incluindo a geologia, a geomorfologia e a pedologia. A porção mais a leste, correspondente a APA de Campinas, apresenta embasamento cristalino do Planalto Atlântico com rochas ígneas e metamórficas do Pré-cambriano com baixa vulnerabilidade à degradação, porém, em relação a geomorfologia e solos é a região com relevo mais declivoso, caracterizado por morros e encostas íngremes e em grande parte por solos pouco desenvolvidos como por exemplo os Cambissolos. Características essas do relevo e da pedologia que conferem maior vulnerabilidade em contraste a geologia.

Outro grande domínio geomorfológico em Campinas é a Depressão Periférica, caracterizada por dois tipos de rochas, as sedimentares, mais abundantes e as intrusões de diabásio. Enquanto as rochas sedimentares conferem alto grau de vulnerabilidade o diabásio apresenta baixo grau. Do ponto de vista da geomorfologia o relevo é representado principalmente por colinas com declividades menores quando comparadas às superfícies do Planalto Atlântico. Os solos dessa região são em geral mais profundos e com baixo grau de vulnerabilidade, classificados principalmente como Latossolos e Argissolos, porém ocorrem Neossolos e Cambissolos, mais frágeis.

Tais características geraram um mapa da depressão periférica com menores graus de vulnerabilidade na porção centro-oeste, refletindo a estabilidade dos diabásios, com relevo colinoso e medianamente declivoso e solos profundos, muito evoluídos e pouco vulneráveis. Já a região das rochas sedimentares caracteriza relativamente maiores graus de vulnerabilidade, devido a natureza litológica, solos mais vulneráveis à degradação como os Neossolos Quartzarênicos, Neossolos Litólicos e

Cambissolos.

Na elaboração do mapa de vulnerabilidade o tema declividade teve um peso de somente 1/12, por este motivo a metodologia não indicou maiores graus de vulnerabilidade na porção leste com embasamento do cristalino, e mais declivosa, quando comparada a regiões sedimentares e menos declivosas.

### Discussão

Observando o mapa de vulnerabilidade à degradação dos solos do município de Campinas, SP (Figura 2) é possível identificar as seguintes classes de vulnerabilidade:

#### *Estável*

Esta classe ocupa menos de 1% do município de Campinas. Essas áreas estão associadas aos corpos d'água, que estão fora da análise, os quais foram atribuídos valor zero e ainda, com relação ao tema geologia, a áreas com ocorrência de Latossolos originários de diabásio em relevo pouco declivoso na depressão periférica sob vegetação de floresta.

#### *Moderadamente Estável*

Esta classe foi a segunda mais representativa do município ocupando 145,4 km<sup>2</sup> de extensão (mais de 18% da área), que também podem estar relacionadas às áreas com predomínio de rochas intrusivas de diabásio. Quanto ao uso e cobertura das terras estas áreas são densamente urbanizadas (BATISTELLA et al., 2003) [5]. Apresentando relevo mais movimentado do que na classe Estável.

#### *Medianamente Estável/Vulnerável*

Esta classe é a que predomina no município de Campinas, ocupando 557,9 km<sup>2</sup> de extensão (mais de 70% da área), a qual pode estar relacionada com maiores declividades, apresentando uma geomorfologia mais acidentada, e com predomínio de solos classificados como Argissolos originários do contato entre rochas do cristalino e da depressão periférica. Ou associadas a solos profundo como os Latossolos originários de rochas sedimentares em relevo suave ondulado.

Com relação ao uso e cobertura das terras existe grande variabilidade, ocorrendo áreas de pastos, com vegetação ciliar e mista e até mesmo zonas urbanas. O predomínio dessa classe pode ainda estar associada ao fato de que a localização do município na linha de separação de duas grandes áreas geomorfológicas, mais a diversidade litológicas, faz com que a interação entre os processos endógenos e exógenos resultem em conjuntos diversos de formas de relevo (BATISTELLA et al., 2003) [5].

#### *Moderadamente Vulnerável*

Nesta classe está presente mais de 10% do município, o que corresponde a 82,8 km<sup>2</sup> de extensão,

correspondente às áreas com presença de Cambissolos e Neossolos de arenitos e Gleissolos de sedimentos inconsolidados. No que diz respeito à geomorfologia a variabilidade é grande, podem ser áreas bem declivosas com relevo bastante acidentado ou áreas planas em fundo de vales estáveis associadas a sedimentos aluviais.

#### *Vulnerável*

Esta classe foi a que se apresentou em menor proporção, detectada em 0,1% da área, que corresponde a 0,1 km<sup>2</sup> de extensão. Essa classe está relacionada às áreas com solo exposto e aos Organossolos.

O uso do SIG permitiu ganhar conhecimento sobre as relações entre os atributos ambientais, estimando áreas de riscos, com graus diferentes de vulnerabilidade à degradação dos solos. Esta ferramenta mostrou-se bastante eficiente no que se refere à obtenção do mapa de vulnerabilidade, produto que pode auxiliar na gestão territorial do Município de Campinas.

### Conclusões

Pode-se concluir que os procedimentos metodológicos adotados permitiram a adaptação da proposta de Crepani, que foi desenvolvida para a Amazônia, ao Município de Campinas, que está situado numa região muito diversa. Sendo a ferramenta SIG fundamental na elaboração do mapa de vulnerabilidade.

O produto gerado pode ser aplicado na gestão territorial do Município de Campinas.

Para o Município de Campinas a variável declividade pode ter um peso maior do que na metodologia original.

### Referências

- [1] GOMES, A.G. 2005. *Avaliação da vulnerabilidade à perda de solo em região semi-árida utilizando sensoriamento remoto e geoprocessamento – área piloto de Parnamirim (PE)*. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- [2] TRICART, J. 1977. *Ecodinâmica*. Rios de Janeiro, FIBGE/SUPREN. 91p.
- [3] CREPANI, E.; MEDEIROS, S. J.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V. 2001. *Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial*. José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE-8454-RPQ/722). 103p.
- [4] IBGE. 2003 [Online]. *Censo Demográfico 2000*. Homepage: <http://www.ibge.gov.br>.
- [5] BATISTELLA, M.; GUIMARÃES, M.; PANCIERA, F.; CAMARGO DE ASSIS, M.; VALLADARES, G.S. 2003. *Base de dados geográficos para o Município de Campinas com ênfase no uso e cobertura das terras*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. 45p. (Documentos, 26).
- [6] IG. 1993a. *Mapa geomorfológico do Município de Campinas*. São Paulo. Esc. 1:50.000 (Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do Município de Campinas, SP).
- [7] IG. 1993b. *Mapa geológico do Município de Campinas*. São Paulo. Esc. 1:50.000 (Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do Município de Campinas, SP).
- [8] VALLADARES, G. S.; COELHO, R.M.; CHIBA, M.K. 2008. *Mapa Pedológico do Município de Campinas, SP: Legenda Expandida*. Campinas: CNPM (Comunicado Técnico).

**Tabela 1.** Valores Atribuídos às Unidades Litotipo de Geologia.

Litotipo	Valor
Aluviões	3,0
Diabásios	1,5
Arenitos médios a grossos, conglomerados e finos a médios	2,4
Diamictitos maciços e ritmitos	2,6
Ritmitos turbidíticos	2,6
Arenitos feldspáticos, arenito lamíticos e lamitos	2,4
Protomilonitos, milonitos e ultramilonitos	1,7
Biotita granitos e quartzo-monzonitos maciços	1,2
Biotita granitos maciços	1,2
Biotita granitos e granodioritos	1,2
Biotita quartzo-monzonitos e granitos	1,1
Hornblenda – biotita granitos porfíricos	1,3
Biotita granitos foliados	1,2
Hornblenda – biotita granitóide gnáissico	1,5
Granitos gnáissicos, turmalina e muscovita	1,3
Gnaisses bandados	1,5
Gnaisses xistosos	1,7
Granada, biotita gnaisses	1,4
Gnaisses indiferenciados	1,5

**Tabela 2.** Valores atribuídos às Unidades de solos

Unidades de Solos	Valor
LVA1, LVA2, LVA3	1,0
LA1, LVA5, LV2, LV3, LV4, LVE1, LVdf1, LVdf2, LVEf1	1,1
LA2, LVA4, LVA6, LVA7, LVA8, LVA9, LVd1	1,2
LA3	1,3
NXd1, NXe2, NVEf1	1,6
PVe2	1,7
PA1, PVA2, PVA4, PVA7, PVAe1, PVAe2, PVD1, PVE3, LVA10, NXe2	1,8
PVe1	1,9
PAe1, PVA3, PVA5, PVA6, PVE4, TCp1	2,0
PVA1	2,1
PVA8, PVA9, PVAe3, PVAe4	2,3
CXbd4	2,4
CXbd1, CXbe1, CXbc2, RQo1	2,5
CXbd2, CXbd3	2,6
CXbd5, GXb1	2,7
OX1	3,0

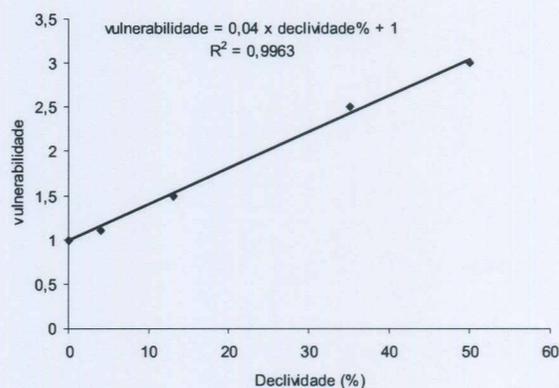
Fonte das unidades de mapeamento e do mapa de pedológico: [10]

**Tabela 3.** Valores Atribuídos às Unidades Uso e Cobertura das Terras.

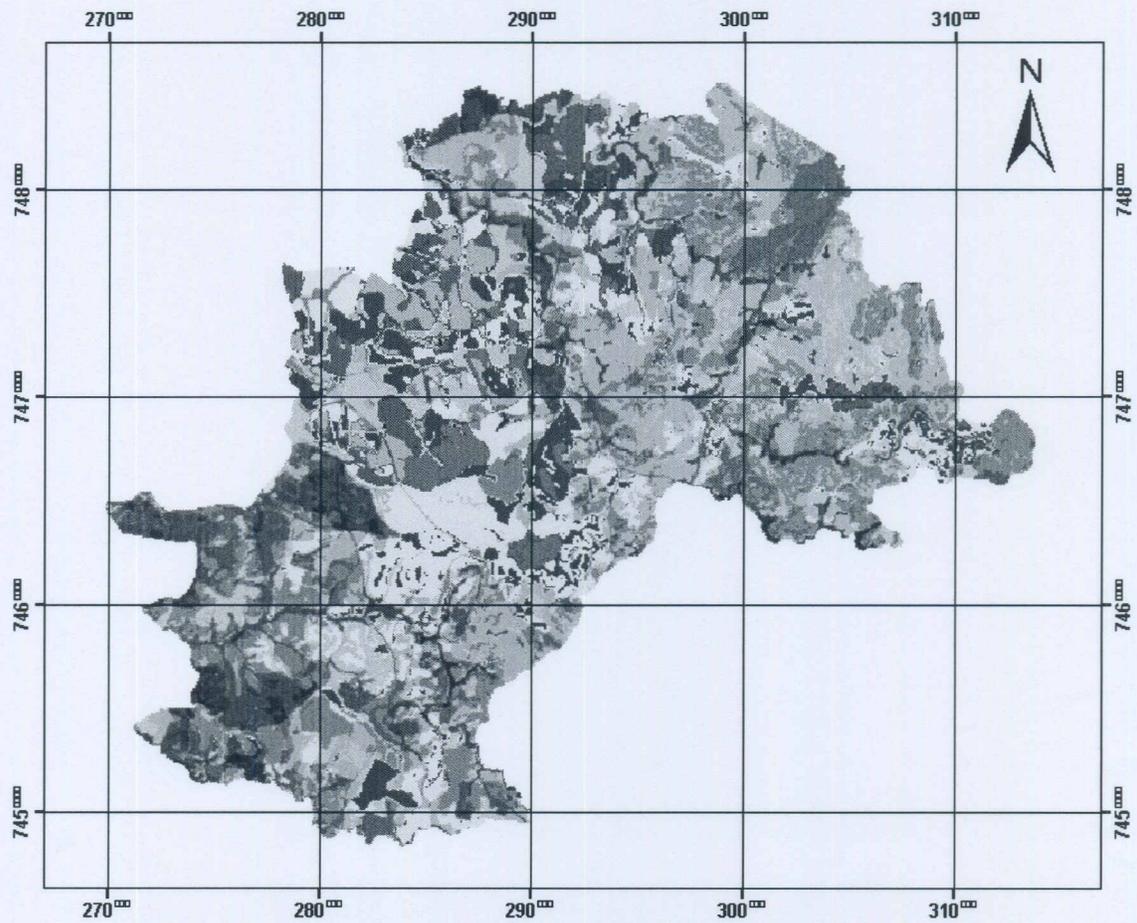
Uso e Coberturas das Terras	Valor
Áreas Densamente Urbanizadas	1,5
Áreas Densamente Urbanizadas com forte verticalização	3,0
Áreas Urbanizadas e em Urbanização	3,0
Áreas Urbanizadas e em Urbanização Esparsa	3,0
Cana-de-Açúcar	2,5
Capoeira	2,0
Cerradão	1,7
Cerrado	2,0
Corpos d'água	0,0
Cultura Anual	3,0
Cultura Perene	2,8
Floresta Estacional Semi-Decidual	1,5
Floresta Paludosa	1,0
Pasto Limpo	2,4
Pasto Sujo	2,4
Resflorestamento (Eucalipto)	2,3
Rodovias Principais	3,0
Solo Exposto	3,0
Vegetação Ciliar	2,0
Vegetação Mista	2,0

**Tabela 4.** Valores atribuídos às Unidades de relevo Grau de Dissecação (G°) e Amplitude Altimétrica (A).

Feição	Relevo	G°	A
PF	Planícies Fluviais	1,5	1,5
Ev	Escarpas Degradadas	2,5	2,5
MTCc	Morrotes e Colinas	2,5	1,5
Ca	Colinas Amplas	2,0	1,5
Cal	Colinas Alongadas	2,5	2,0
Cav	Colinas Alveolares	2,5	1,5
Cm	Colinas Médias	2,5	2,0
Cma	Colinas Médias e Amplas	2,0	2,0
CMT	Colinas e Morrotes	2,5	2,0
Cp	Colinas Pequenas	2,5	2,0
CpMT	Colinas Pequenas e Morrotes	2,5	2,0
MMT	Morros e Morrotes	2,5	2,5
Mp	Morros Paralelos	2,5	2,5
MTP	Morrotes Paralelos	2,5	2,0



**Figura 1.** Regressão entre declividade (%) e o valor do grau de vulnerabilidade(D).



UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA	GRAU DE VULNERAB.	GRAU DE SATURAÇÃO CORES
U1	3,0	VULNERÁVEL	[Dark Grey]
U2	2,9		
U3	2,8		
U4	2,7		
U5	2,6	MODERADAM. VULNERÁVEL	[Medium-Dark Grey]
U6	2,5		
U7	2,4		
U8	2,3		
U9	2,2	MEDIANAM. ESTÁVEL/VULNERÁVEL	[Medium Grey]
U10	2,1		
U11	2,0		
U12	1,9		
U13	1,8	MODERADAM. ESTÁVEL	[Light Grey]
U14	1,7		
U15	1,6		
U16	1,5		
U17	1,4	ESTÁVEL	[White]
U18	1,3		
U19	1,2		
U20	1,1		
U21	1,0		

Figura 2. Mapa de vulnerabilidade à degradação dos solos do município de Campinas, SP.