

MAPEAMENTO DE RISCO À EROSÃO ACELERADA COM USO DE TÉCNICA FUZZY PARA DIRETRIZES DE ORDENAMENTO TERRITORIAL – O CASO DE DESCALVADO – SP

Mapping of Potential Accelerated Erosion Risk Using the Fuzzy Technique for Territorial Ordering Guidelines – The Case of Descalvado, Sp, Brazil

Abimael Cereda Junior*

Reinaldo Lorandi**

Carla Sanchez Fazzari*

RESUMO – A problemática da erosão linear acelerada, principalmente no contexto urbano e regional, há muito é estudada e cartografada, seja em Escolas de Engenharia, Geociências ou Técnicas. Entretanto, com o avanço no uso dos Sistemas de Informações Geográficas, faz-se necessária a superação do modelo booleano e utilização de sistemas fuzzy, como por exemplo, com a técnica AHP (Processo Analítico Hierárquico), para geração dos mapas de propostas ou indicações de zoneamento. Com o uso da AHP, é possível a avaliação e comparação de atributos em níveis diversos, muito importante em estudos de análise ambiental. A utilização desta técnica permitiu a comparação de fatores condicionantes, onde foram atribuídos pesos em função da sua relativa importância na deflagração do processo de erosão acelerada. Foi assim elaborada a Carta de Risco Potencial à Erosão Acelerada do Município de Descalvado – SP, na escala 1:50.000, ferramenta cartográfica esta que permite aos gestores públicos a adoção de medidas criteriosas quando da análise e definição de políticas de uso e ocupação do solo, garantindo a preservação do meio ambiente e a segurança da população já instalada.

ABSTRACT – The problem of accelerated erosion, especially in the urban and regional context, has long been studied and mapped at engineering, geosciences and technical schools. However, with the advance of geographic information systems (GIS), this Boolean model has been superseded by fuzzy logic, through the application of the AHP (analytical hierarchy process) technique, which allows for the creation of maps showing zoning proposals or recommendations with limits that are no longer static. The AHP technique allows one to evaluate and compare attributes on various levels, which is very important in environmental analysis studies. The use of this technique enabled the comparison of conditioning factors, to which were attributed weights as a function of their relative importance in triggering the process of accelerated erosion. A map was then drawn, called the Potential Accelerated Erosion Chart of the Municipality of Descalvado, SP, on a 1:50.000 scale. This cartographic tool enables public administrators to adopt careful measures in their analysis and definition of land use and occupation policies, ensuring the preservation of the environment and the safety of the population already established on the land.

PALAVRAS CHAVE – Erosão, planejamento urbano-ambiental, sistemas de informação geográfica, fuzzy.

KEYWORDS – Erosion, urban-ambiental planning, geographic information system, fuzzy.

* Universidade Federal de São Carlos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. Rodovia Washington Luís (SP-310), km 235, São Carlos - São Paulo - Brasil - CEP 13565-905. abimaeljunior@gmail.com

** Universidade Federal de São Carlos. Departamento de Engenharia Civil. Rodovia Washington Luís (SP-310), km 235. São Carlos - São Paulo - Brasil - CEP 13565-905. lorandi@power.ufscar.br

1 – INTRODUÇÃO

A cada dia cresce a preocupação com as consequências do processo da erosão linear acelerada - chamada de voçoroca ou boçoroca – que se apresenta como um desafio para os gestores do território, principalmente no Brasil, onde ocorrem ações inadequadas ao uso e ocupação dos solos, como por exemplo, a implantação de um projeto de drenagem sub-dimensionado num conjunto habitacional. Por isso, são essenciais estudos preventivos para corrigir atos negligentes e realizar análises nas regiões com esses tipos de riscos.

Este trabalho relata a metodologia adotada e os resultados obtidos em estudos sobre o grau de risco a erosão acelerada, no município de Descalvado/SP. A escolha do local deve-se a diversos fatores, como o conhecimento prévio de fenômenos erosivos acelerados principalmente pelas condições propícias oferecidas pelos materiais inconsolidados de cobertura, o predomínio de vertentes alongadas, o aumento do lançamento de dejetos diretamente nos mananciais, dentre outros. O tema reflete a importância do manejo conservacionista do solo e do impacto ambiental. O estudo servirá também de base para futuros planos diretores do município e para os projetos de planejamento das bacias hidrográficas no entorno.

O uso do geoprocessamento vem se destacando no êxito da evolução tecnológica nas pesquisas de impacto ambiental, aumentando e melhorando as análises com técnicas de fotointerpretação para diagnósticos e identificações, utilizando o SIG – Sistema de Informações Geográficas, em processos de tratamento das imagens, álgebras de mapas e gerenciamento em geral. Neste estudo utilizou-se o SIG para realizar a análise multicritério, definida como lógica fuzzy, e com base na comparação pareada foi escolhida a técnica de processo analítico hierárquico (Analytical Hierachy Process - AHP).

2 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 – Localização

A área escolhida como objeto de estudo foi o município de Descalvado (SP) que está situado na porção centro-leste do estado de São Paulo, região sudeste do país, entre as coordenadas geográficas de latitudes 21°45'S - 22°00'S e longitudes 47°30'W - 47°45'W. O município possui uma área territorial de aproximadamente 757 km² e está distante 242 km da capital do Estado (Moreira, 2002).

Segundo a divisão do Instituto Geográfico e Cartográfico, o município está inserido na Região Administrativa Central do estado de São Paulo. O município mantém a seguinte relação de vizinhança: limita-se ao norte com os municípios Luis Antonio e Santa Rita do Passa Quatro, a leste com Porto Ferreira e Pirassununga, ao sul com Analândia, e a oeste com São Carlos. Tem como principais vias de acesso a SP-215 (Rodovia Dr. Paulo Lauro) e a SP-300 (Rodovia Anhanguera).

2.2 – Clima, Relevo, Vegetação e Hidrografia

De acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007), o clima na região está inserida no macrotipo climático Clima Tropical Úmido-Seco; subtipo Clima Tropical do Brasil Central sem seca; caracterizado por apresentar chuva em todos os meses do ano, com maior concentração na estação de verão e redução na estação de inverno. No verão as temperaturas são elevadas e, no inverno reduzidas.

No município de Descalvado, a temperatura média anual é de 21,7 °C, com precipitação média anual em torno de 1.348 mm, estando a área de estudo inserida na unidade morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná, na unidade morfoescultural do Planalto Ocidental Paulista.

Segundo Ross & Moroz (1997), o Planalto Ocidental Paulista está distribuído em duas unidades: Planalto Residual de São Carlos e Patamares Estruturais de Ribeirão Preto. No Planalto Residual de São Carlos predominam as formas de relevo com colinas de topos convexos e tabulares, onde o nível de fragilidade potencial é de baixo a médio. Já a unidade dos Patamares Estruturais de Ribeirão Preto é composta por colinas amplas e baixas com topos tabulares, onde a fragilidade potencial é muito baixa.

A presença do relevo de “cuestas” na região tem sensível influência no clima local, determinando fortemente o regime pluviométrico e a variação de temperatura.

O relevo predominante no município é de Planalto, com altitude média de 648 m com o ponto culminante no Morro do Descalvado, atingindo aproximadamente 900 m de altitude, segundo dados de Kastein (2007).

O município situa-se sobre Aquífero Sedimentar Guarani, encontrando-se no compartimento médio superior da Bacia do Mogi-Guaçu. Sua rede hidrográfica é composta pelos rios: Pântano, Quilombo, Bonito, Ribeirão Santa Rosa, Ribeirão da Areia Branca e Córrego da Prata.

A vegetação mais comum representa-se por campos cerrados, cerrados e cerradões. Ocorrem atualmente atividades de reflorestamento, cultura de citrus e de cana-de-açúcar, além de ocupação urbana em algumas áreas.

2.3 – Geologia e Pedologia

O mapa da geologia de superfície desse município apresenta as seguintes formações: Corumbataí (siltitos e argilitos), Pirambóia (arenitos siltosos e argilosos), Santa Rita do Passa Quatro (sedimentos recentes arenosos), Pirassununga (arenitos), Botucatu (arenitos), Serra Geral (basaltos), Itaqueri (arenitos), Quaternário (areias, argilas e cascalhos) e Intrusivas Básicas (diabásios) (Kastein, 2007).

A formação Santa Rita do Passa Quatro representa a maior parte da área do município, compreendendo 56% do total, seguida das Intrusivas Básicas que atingem os 17% da área territorial. As outras formações com áreas de abrangências significativas são: formação Serra Geral e Quaternário, com 8% e 6% respectivamente. As demais formações existentes na região completam os 13% da área municipal restantes, segundo Moreira (2002).

O intemperismo das rochas magmáticas e sedimentares distribuídas no território do município de Descalvado favoreceram a ocorrência das seguintes classes de solo: latossolo vermelho escuro, latossolo roxo, latossolo vermelho-amarelo, podzólico vermelho-amarelo (argilossolos), terra roxa estruturada (nitossolos), areias quartzosas profundas (neossolos), solos litólicos (neossolos) e solos hidromórficos (gleissolos) (Moreira, 2002).

3 – MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho utilizou-se o banco de dados cartográficos temáticos elaborados por Moreira (2002), na escala 1:50.000, constando a Carta de Classes de Declividade, Mapa de Formações Geológicas de Superfície, Mapa de Materiais Inconsolidados, Carta de Potencial de Escoamento Superficial da qual foram obtidos os cruzamentos de todas as informações, via sobreposição de imagens, utilizando a Lógica Difusa, que expressa o conhecimento da realidade geotécnica, na definição de critérios de análise de múltiplas cartas.

As informações cartográficas e amostrais disponíveis foram organizadas em ambiente de Sistema de Informações Geográficas - SIG, utilizando o software SPRING (INPE) Versão 4.2, conforme Câmara et al. (1996) sob um mesmo banco de dados georreferenciado. A partir do modelo numérico do terreno (MNT) de cada elemento, realizou-se uma operação *fuzzy* que transfor-

mou os valores da grade em valores de 0 a 1. Essa e outras operações foram feitas através de uma linguagem de programação, denominada de LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algebrico).

Para a apresentação dos resultados da graduação dos atributos para a área estudada, com base no método de Cook, foi utilizada a tabela da metodologia de Pejon (1992), para a pontuação dos atributos do meio físico.

3.1 – Utilização do Método Fuzzy

Proposta por Lofti A. Zadeh no início de 1960, a lógica *fuzzy* teve as primeiras aplicações datadas de 1974, sendo hoje aplicada nas ciências ambientais, medicina, engenharia e em outras ciências. A lógica ou possibilidade *fuzzy* está contida na categoria de análises algébricas de mapas não cumulativas ou análises lógicas, junto com a simultaneidade Booleana e a probabilidade Bayesiana. Os produtos gerados por essa categoria de análise são mapas integrados, ao invés de mapas fundidos, gerados pela álgebra de mapas cumulativos, segundo Paula & Souza (2007).

Utilizando o método *fuzzy*, as imprecisões caracterizam as classes que podem ter ou não fronteiras bem definidas. Burrough e McDonnell (1998), recomendam a utilização dessas técnicas para tratar de fenômenos ambíguos, vagos ou ambivalentes em modelos matemáticos ou conceituais. Diferentemente da teoria clássica de conjuntos, onde uma função de pertinência é definida como verdadeira ou falsa, ou seja, 0 ou 1, o grau de pertinência do conjunto *fuzzy*, é expresso em termos de escala que varia entre 0 e 1.

Dentre as funções, a função de pertinência para conjuntos *fuzzy*, deve assegurar que o grau de pertinência seja igual a 1,0 no centro do conjunto, e que esteja distribuída de forma adequada das regiões de fronteira até as regiões externas do conjunto onde o valor seria 0. O ponto onde o grau de pertinência é 0,5 é chamado de ponto de crossover.

Escada (1998) afirma que existem várias funções que podem ser utilizadas para determinar o valor de pertinência das bordas do conjunto *fuzzy*, podendo-se citar a linear, a sigmóide e a quadrática, mais comumente utilizadas em SIG.

Os modelos baseados em lógica *fuzzy* permitem maior flexibilidades nas combinações de mapas com pesos, implementados nos Sistemas de Informação Geográfica.

3.2 – Aplicação da Técnica de Processo Analítico Hierárquico (AHP)

Saaty (1991) propõe como técnica para esta atribuição de pesos o chamado AHP – Processo Analítico Hierárquico, que a partir de diferentes pesos para cada variável (estas numéricas), expressa a potencialidade a uma determinada variável estudada. Gomes *et al.* (2004) explica que após a divisão do problema em níveis hierárquicos, o AHP permite determinar de forma clara e pela síntese dos valores dos agentes de decisão uma medida global para cada uma das alternativas, priorizando-as ou classificando-as ao finalizar sua aplicação.

De acordo com Cunha *et al* (2001), o primeiro passo para a aplicação dessa técnica é a elaboração de uma relação de importância relativa entre as evidências. Essa relação é utilizada como dado de entrada em uma matriz de comparação pareada, onde são calculados os autovalores e autovetores da matriz.

Os pesos de cada membro *fuzzy* equivalem, então, aos autovetores da matriz de comparação pareada. Assim, conforme uma escala predeterminada, que vai de 1 a 9, onde o valor 1 equivale à importância igual entre os fatores, foi realizada a comparação.

Com base na comparação, a AHP ponderou todos os critérios e sub-critérios e calculou-se um valor de razão de consistência entre [0-1], com 0 indicando a completa consistência do processo de julgamento.

O método Booleano consiste em se dispor de um conjunto de informações de entrada e de uma metodologia que permitem a descoberta de localizações que satisfazem um conjunto de critérios.

Os dados de saída são representados por um mapa binário onde cada ponto do mapa, satisfaz ou não as condições do modelo.

Segundo Weber e Hasenack (2000), o método AHP é apenas uma das possíveis formas de determinar pesos de variáveis para o processo de agregação das mesmas. Uma ponderação não necessita obrigatoriamente de seu uso, pois os pesos podem ser determinados de várias outras formas, inclusive por atribuição direta com base em conhecimento empírico sobre o assunto. A partir da obtenção dos pesos, eles foram aplicados às variáveis padronizadas para a geração do mapa final de aptidão.

Foram levantados os condicionantes das erosões aceleradas, em função de sua importância como fator predisponente para a eclosão do processo: Declividade, Escoamento Superficial, Geologia e Material Inconsolidado.

Os mapas temáticos gerados foram submetidos ao Processo Analítico Hierárquico (AHP), citado anteriormente, no qual são atribuídos pesos aos mapas, que representam os condicionantes do processo, e também às classes dos mapas, constituindo-se numa soma ponderada, para gerar as cartas correspondentes.

Para gerar as cartas através do Processo Analítico Hierárquico, os vários condicionantes, representados através dos mapas temáticos, foram analisados quanto à sua importância relativa na deflagração do processo e, segundo essa importância, foram calculados os pesos numéricos de cada um deles no processo sob análise.

Segundo Silva (2005), obtido um valor de razão de consistência indicativo de um processo de julgamento adequado, o módulo AHP permite o cálculo do peso que cada informação tem em relação ao aspecto de potencialidade ou restrição analisado.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado obtido no mapeamento de risco à erosão acelerada do município foi a Carta Preliminar de Risco Potencial à Erosão Acelerada do Município de Descalvado – SP. Para obtenção desta carta adotaram-se como variáveis relevantes no fenômeno da erosão acelerada os seguintes atributos: Declividade, Escoamento Superficial, Geologia de Superfície e Material Inconsolidado.

O Quadro 1 apresenta a matriz de comparação pareada adotada no processo. Esse procedimento é realizado para a obtenção das notas das variáveis de estudo. Para a elaboração desta, foram consultados pesquisadores de formações diversas, como Geografia, Geologia e Engenharia Civil, bem como conhecedores empíricos da área em questão, sempre colocando a pergunta: “para o objeto de estudo, variável *coluna 1* é “importância” do que a variável *coluna 2*.”

No software SPRING, as importâncias apresentadas são: “Igual” (1), “Um Pouco Melhor” (2), “Algo Melhor” (3), “Moderadamente Melhor” (4), “Melhor” (5), “Bem Melhor” (6), “Muito Melhor” (7), “Criticamente Melhor” (8) e “Absolutamente Melhor” (9).

Quadro 1 – Matriz de Comparação Pareada (Planos de Informação).

Variável	Importância	Variável
Declividade	“Moderadamente Melhor” (4)	Escoamento
Geologia	“Algo Melhor” (3)	Declividade
Geologia	“Criticamente Melhor” (8)	Escoamento
Geologia	“Igual” (1)	Material Inconsolidado
Material Inconsolidado	“Um Pouco Melhor” (2)	Declividade
Material Inconsolidado	“Criticamente Melhor” (8)	Escoamento

Com a comparação pareada concluída, obteve-se razão de consistência de valor 0,008. Segundo Carvalho e Riedel (2005) a soma dos pesos calculados deve ser igual a 1, sendo aconselhável que este valor sempre seja sempre menor que 0,1 (onde quanto mais próximo de 0, mais coerente será o modelo). Os autores também pontuam que esta razão mede a coerência e a consistência das relações de importância consideradas na análise, onde com razão de consistência superior a 0,1, o julgamento dos condicionantes deve ser refeito, por apresentar incoerências.

Também, conforme descreve Câmara *et al.* (2002), de cada matriz de comparação pareada foram extraídos seus autovetores, que correspondem ao grau de importância relativa para cada fator considerado. Os autovetores resultantes da matriz de comparação dos atributos do segundo nível da hierarquia, no caso os PIs, são denominados Notas e os resultantes da matriz de cada conjunto de atributos do terceiro nível, ou seja, as feições mapeadas em cada PI, são chamados de Pesos. No presente trabalho, as notas foram 0,169 para a Declividade, 0,046 para o Escoamento Superficial, 0,413 para a Geologia de Superfície e 0,371 para o Material Inconsolidado (Silva & Nunes, 2009).

Como exposto, após essa etapa foi necessário atribuir pesos às classes temáticas pertencentes às variáveis que foram anteriormente comparadas, atribuindo ao relacionamento um critério de importância, conforme escala pré-definida. A atribuição destes pesos e os critérios de decisão foram definidos a partir do conhecimento dos pesquisadores, portanto, essa relação depende exclusivamente do conhecimento destes, que indicaram o grau de importância relativo entre os critérios comparados. Tais pesos são explicitados no Quadro 2.

Após qualquer alteração nos pesos por parte dos pesquisados, o processo da AHP deve ser executado novamente, para que o mapa final seja atualizado a cada nova modificação.

Neste trabalho, a metodologia AHP foi utilizada como suporte à decisão de atributos ligados à fragilidade dos elementos. A metodologia mostrou-se adequada para a análise da dinâmica dos geossistemas quando incorpora, junto aos componentes do sistema natural, o fator antrópico.

No ambiente do estudo do caso descrito, após a análise de diferentes alternativas, o método AHP, como ferramenta metodológica, mostrou-se adequado ao problema a ser estudado, notadamente pela sua grande utilidade na estruturação do problema decisório, permitindo aos pesquisadores a definição das suas prioridades e escolhas, com base nos seus objetivos, conhecimentos e experiência.

Através de um programa de álgebra de mapas em linguagem LEGAL, foi gerada a Carta Preliminar de Risco Potencial à Erosão Acelerada do Município de Descalvado – SP (Figura 1). O risco potencial a erosão acelerada é classificado de 0,1 a 1, representando 0,1 o menor valor de risco e 1 o maior.

Analisando regionalmente o resultado final, conforme a Figura 1, a área de menor risco à erosão acelerada, (representada pelas classes de 0,1 a 0,3), localiza-se na região sudoeste, próximo aos municípios de São Carlos e Anápolis, onde a formação geológica é regular e possui baixo grau de escoamento e declividade.

Outro território com pouco risco situa-se no nordeste do município, trecho estreito e na fronteira com os municípios de Santa Rita do Passa Quatro e Porto Ferreira, influenciada principalmente pelo material inconsolidado da região. As áreas em destaque com os maiores riscos (0,7, 0,8 e 0,9) predominam em praticamente todo o município. A classe 0,9 se distribui em pequenas partes, porém em todas as regiões, inclusive ao centro próximo a área urbana.

Aprofundando a análise, é possível observar que um grande percentual do espaço territorial do município de Descalvado está classificado como classe 0,9 e 0,8 na escala de distribuição de classes de risco de erosão (8% e 53 % respectivamente) o que significa que 61 % da área do município apresenta um importante potencial à erosão, conforme a Figura 2.

Em face desta realidade podemos sugerir que estas áreas devam ser tratadas ou consideradas como prioritárias na definição de ações e políticas que possam minimizar estes riscos, ou as suas consequências, e indicar algumas ações:

- Baseado na Carta de Risco Potencial à Erosão, realizar estudos com o objetivo de definir e elaborar regras de uso e ocupação do solo, compatíveis com cada classe de potencial à erosão;

Quadro 2 – Matriz de Comparação Pareada (Classes Temáticas [Atributos] dos Planos de Informação).

Plano de Informação	Classe Temática (Atributo)	Peso
Declividade	0 – 2 %	0,1
	2 – 5 %	0,2
	5 – 10 %	0,4
	10 – 15 %	0,6
	15 – 20 %	0,8
	> 20 %	1
Escoamento	1	0,1
	2	0,2
	3	0,3
	4	0,4
	5	0,5
	6	0,7
	7	0,9
	8	1,0
Geologia	Quaternário (Q)	0,1
	F Santa Rita PQ	1
	F Pirassununga	1
	F Itaqueri	0,4
	F Serra Geral Basaltos	0,2
	Intrusivas Básicas	0,2
	F Botucatu	0,8
	F Pirambóia	0,7
	F Corumbataí	0,5
Material Inconsolidado	Q	0,1
	FS - RT	1
	FS - R	1
	FPir – RT	1
	FPir – R	1
	FI – R	0,5
	FSG - R	0,2
	FSG - RR	0,2
	FSG - RE	0,2
	IBV - RT	0,3
	IBV - RE	0,2
	FB - RT	0,9
	FB - R	0,8
	FB - RR	0,8
	FB - RE	0,8
	Fpiram - RT	0,8
	Fpiram - R	0,7
	FC - RT	0,5
	FC - R	0,4
	FSR - RE	1

- Identificar e propor medidas de manejo de acordo com o potencial de cada área;
- Rever e analisar os usos e ocupações nas áreas de potencial 0,8;
- Realizar a recuperação de áreas degradadas com potencial entre 0,8 e 0,9;
- Identificar e coibir ações que potencializem o risco de erosão nas áreas consideradas prioritárias (potencial 0,8 e 0,9).

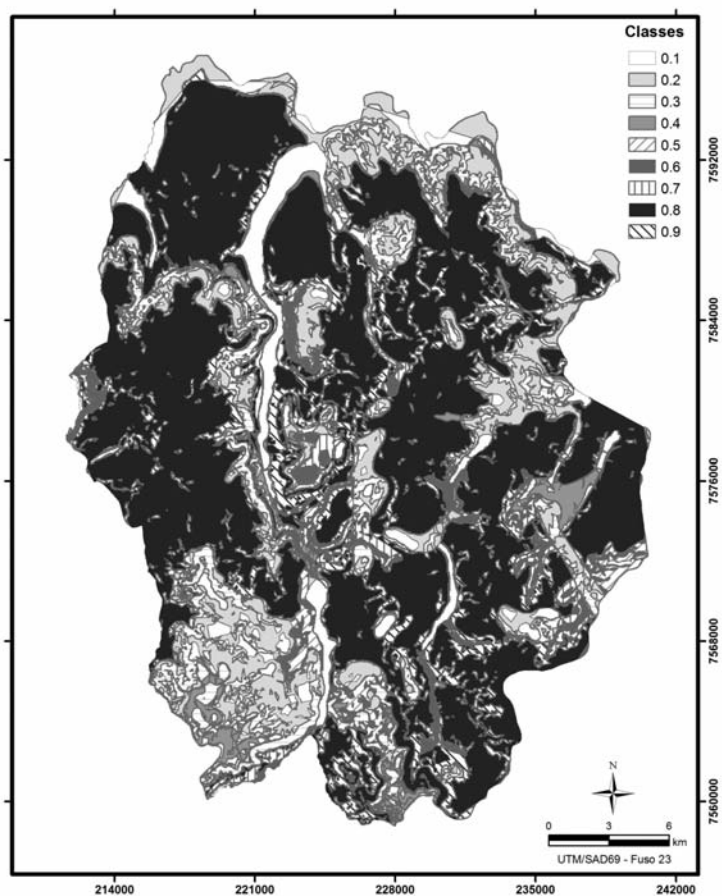


Fig. 1 – Mapa de Risco Potencial à Erosão Acelerada.

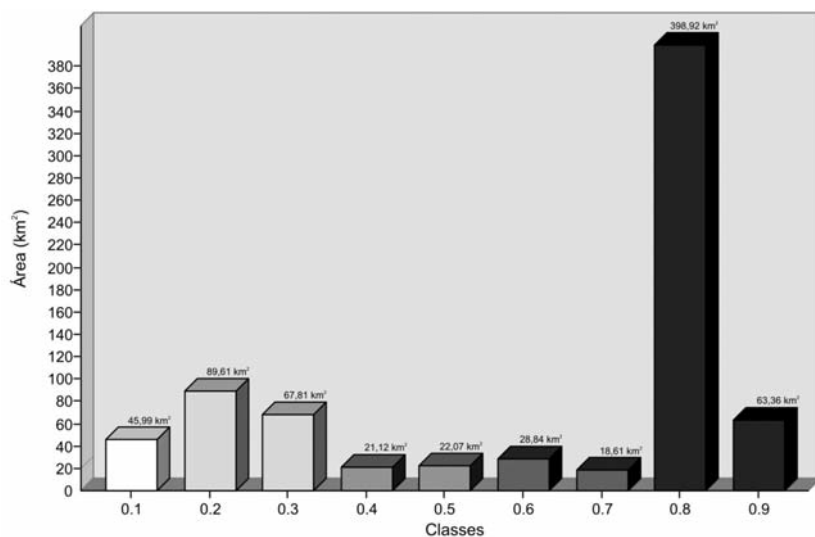


Fig. 2 – Distribuição de Classes de Risco de Erosão.

A importância de ações e estudos como estes, é potencializada ao se considerar consequências como a degradação do meio ambiente e risco à segurança da população que vive em áreas com alto potencial à erosão.

5 – CONCLUSÕES

A elaboração de documentos cartográficos com o objetivo de representar atributos do meio físico, utilizando o método *fuzzy*, permite, de acordo com Silva (2005), a confecção de documentos com representação das formas de distribuição espacial dos atributos, possibilitando uma melhor representação de informações do meio físico que os processos tradicionais fundamentados na lógica booleana.

A técnica AHP (Processo Analítico Hierárquico), aplicada neste estudo, utiliza a metodologia de avaliação e comparação de atributos em níveis diversos, muito importantes em estudos como este de mapeamento geotécnico com ênfase à erosão acelerada.

O uso desta técnica permitiu a comparação de fatores condicionantes, onde foram atribuídos pesos em função da sua relativa importância na deflagração do processo. Esta etapa do processo, de atribuição do grau de importância no relacionamento, depende em parte do conhecimento do pesquisador, o que, para muitos, pode ser classificado como uma limitação da técnica, mas que, neste estudo, permitiu identificar a importância do pesquisador e do conhecimento científico no processo, oferecendo condições de aferições do resultado com a alteração nos pesos e uma nova execução do processo AHP.

O Processo Analítico Hierárquico se apresentou como uma ferramenta metodológica adequada ao estudo e permitiu, aliada ao avanço na utilização de ferramenta de SIG e álgebra de mapas, a elaboração de uma Carta de Risco Potencial à Erosão Acelerada do Município de Descalvado. O resultado obtido se mostrou coerente com a realidade (Moreira, 2002) e a análise desta carta, possibilitou avaliar que o município apresenta uma área de aproximadamente 67% (509,73 km²) com potencial entre 0,5 e 0,9 de risco à erosão acelerada.

Uma observação cartográfica a ser feita é que por conta do número de classes temáticas totais (nove), a representação utilizando a variável visual valor, segundo os preceitos da semiologia gráfica, não parece adequada a um entendimento completo do objeto de estudo, sendo, quando possível, recomendável a utilização da variável visual cor.

Esta avaliação indica que os estudos devem ser aprofundados permitindo ao gestor público a adoção de medidas criteriosas quando da análise e definição de políticas de uso e ocupação do solo, garantindo a preservação do meio ambiente e a segurança dos habitantes do município.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Burrough, P. A.; McDonnell, R. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. New York: Oxford University Press.
- Câmara, G.; Souza, R. C. M.; Freitas, U. M., Garrido, J. Spring (1996): Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. *Computers & Graphics*, 20: (3) 395-403.
- Câmara, G.; Moreira, F. R.; Barbosa, C.; Almeida Filho, R.; Bönisch, S. (2002). *Técnicas de Inferência Geográfica*. Em: Introdução à Ciência da Geoinformação. Livro online, Divisão de Processamento de Imagens do INPE, São José dos Campos.
- Carvalho, C. M.; Riedel, P. S. (2005). *Técnicas de Geoprocessamento Aplicadas ao Estudo da Suscetibilidade a Escorregamentos Translacionais nos Entornos dos Polidutos de Cubatão – SP*.

Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia – PR - Brasil, INPE, p. 2901-2908.

- Cunha, E. R. S. P.; Oliveira, M. V.; Silva, F. R. M. (2001). *Utilização da técnica de processo analítico hierárquico (AHP) na avaliação da "favorabilidade" para a prospecção mineral de cromo na região de Pinheiros Altos, município de Piranga, MG, Brasil*. Revista da Escola de Minas, Ouro Preto – MG, 54(2): 127-132.
- Escada, M. I. S. (1998). *Aplicação de Técnica Fuzzy em SIG como alternativa para o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE)*. Trabalho de Conclusão de Curso, Disciplina Análise Espacial, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos – SP – Brasil, 26p.
- Gomes, L. F. A. M.; Araya, M. C. G.; Carignano, C. (2004). *Tomada de Decisões em Cenários Complexo*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning.
- Kastein, L. C. A. *Conheça Descalvado*. Disponível em: <<http://www.descalvadoonline.com.br/conhecadescalvado/dados.htm>> Acessado em: 10 ago. 2007.
- Mendonça, F.; Danni-Oliveira, I. M. (2007). *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos. 206p.
- Moreira, M. A. A. (2002). *Aplicação de técnicas de geoprocessamento para seleção de áreas de disposição de resíduos sólidos em aterro sanitário – município de Descalvado*. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de São Carlos. 114p. + 6 mapas.
- Paula, E. M. S.; Souza, M. J. N. (2007). *Lógica Fuzzy como técnica de apoio ao Zoneamento Ambiental*. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis – SC - Brasil, INPE, p. 2979-2984.
- Pejon, O. J. (1992). *Mapeamento geotécnico da Folha de Piracicaba-SP (Escala 1:100.000): estudo de aspectos metodológicos, de caracterização e de apresentação de atributos*. São Carlos, USP - São Carlos, 2v., 224p. (Tese).
- Ross, J.L.S.; Moroz, I.C. (1997). *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo*. Laboratório Geomorfologia-Depto. Geografia FFLCH-USP/Laboratório de Cartografia Geotécnica-Geologia Aplicada-IPT/FAPESP-Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. 2v, 64p., 2 mapas coloridos. Escala 1:500.000.
- Saaty, T. L. (1991) *Método de Análise Hierárquica*. Rio de Janeiro: Makron Books do Brasil Editora Ltda. e Editora McGraw-Hill do Brasil.
- Silva, S. F. (2005). *Zoneamento Geoambiental com Auxílio de Lógica Fuzzy e proposta de um Geoindicador para Caracterização do Meio Físico da Bacia do Rio do Peixe*. Tese de Doutorado Apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2v. 394p.
- Silva, C. A.; Nunes, F. de P. (2009). *Mapeamento de vulnerabilidade ambiental utilizando o método AHP: uma análise integrada para suporte à decisão no município de Pacoti/CE*. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, p. 5435-5442.
- Weber, E.; Hasenack, H. (2000). *Avaliação de Áreas para Instalação de Aterro Sanitário Através de Análise em SIG com Classificação Contínua dos Dados*. Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento da América Latina, 6. *Anais...* Salvador/BA. Disponível em: <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/publicacoes.php>. Acesso: 17/07/2009.