

Avaliação da eficiência do modelo AHP na análise de vulnerabilidade a erosão do município de Morro do Chapéu - BA.

Jobabe Lira Lopes Leite de Souza¹
Isaura Gabriela Mendonça Borges¹
Rosângela Leal Santos¹

¹Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS
Caixa Postal 44.036-900 – Feira de Santana - BA, Brasil
jobabe.leite@hotmail.com
isauragabriela@outlook.com
rosangela.leal@gmail.com

Abstract: The work presented here aims to apply and demonstrate the importance of AHP model (Analytic Hierarchy Process) to aid the modeling of erosion processes. Maps of the city of Morro Hat-BA were used, they scale 1: 200.000. From the application of the model, we determined the eigenvectors that defined the equation, in this context, it is noteworthy that the climate by variable rainfall intensity is presented as the most important (0.45). It was evident that the AHP model can contribute significantly to support the modeling of environmental processes, such as erosion. Highlights the relevance of larger discussions around the importance of the variables in their comparison.

Palavras-chave: Modelagem da erosão, AHP, Morro do Chapéu.

1. Introdução

Dentre as principais causas da degradação e, conseqüentemente, do empobrecimento do solo, destacam-se: Os processos de lixiviação; processos hídricos e eólicos de remoção do sedimento superficial; salinização; e a degradação física e biológica. No Brasil a erosão hídrica (pluvial) se apresenta como a de maior importância LEPSCH (2012). Dentre os fatores que afetam a erosão hídrica destacam-se as feições geomorfológicas, o tipo de solo, os condicionantes geológicos da área, o tipo de uso e cobertura da área e, em especial, a atuação do clima na mesma.

Muitos modelos foram propostos para avaliar o grau de intensidade dos processos erosivos em uma unidade de área, vários desses levando-se em consideração os princípios da Ecodinâmica de Tricart (1977). Dentre as principais metodologias usadas atualmente, destaca-se as propostas por Ross (2012), CORINE (1992) e Crepani *et. al.* (2001). No entanto, observa-se que há uma variação no grau de importância das variáveis para cada uma das propostas, o que acaba por ressaltar uma discussão fundamental sobre a relevância de cada uma das variáveis no tocante aos processos erosivos.

Neste contexto, o trabalho aqui apresentado tem como objetivo aplicar e demonstrar a importância do modelo AHP (Processo Analítico Hierárquico) como auxílio a modelagem dos processos erosivos, levando-se em consideração que tal método permite validar a coerência matemática da formulação teórica da equação proposta para o fenômeno.

A AHP é uma técnica utilizada para mapear vulnerabilidades de uma região, neste processo são analisadas variáveis que se relacionam. Kiker (2005) descreve que a combinação de AHP e SIG representa um progresso nos estudos referentes à avaliação da qualidade ambiental. Marins *et. al.* (2009) define AHP como uma metodologia baseada no pensamento newtoniano e cartesiano, já que decompõe e divide o problema em fatores para elucidar uma complexidade, esta decomposição gera fatores mais claros e dimensionáveis e estabelece relações entre estes antes de sintetizar. Ben (2006) defende o uso do AHP porque este possibilita a avaliação por características numéricas, na hierarquização das categorias o AHP permite atribuir valores aos julgamentos subjetivos.

2. Metodologia de trabalho

2.1 Área de estudo

O Município de Morro do Chapéu (Figura 1) possui uma área de 5.920 km², localizado ao norte da Chapada Diamantina entre as coordenadas 10° 46' e 12° 00' de latitude sul 41° 30' e 40° 42' de longitude oeste. Desníveis topográficos variando de 480 a 1293m, conferindo diversidade física natural e constitui uma barreira orográfica esta, por sua vez, gera uma variedade de clima, solo, geomorfologia. Esta variação dificulta a gestão e avaliação do ambiente, uma vez que são necessários ações específicas para cada área dentro do município (LOBÃO *et al*, 2011). Localiza-se na região semiárida do Estado da Bahia, com clima seco a subúmido e semiárido.

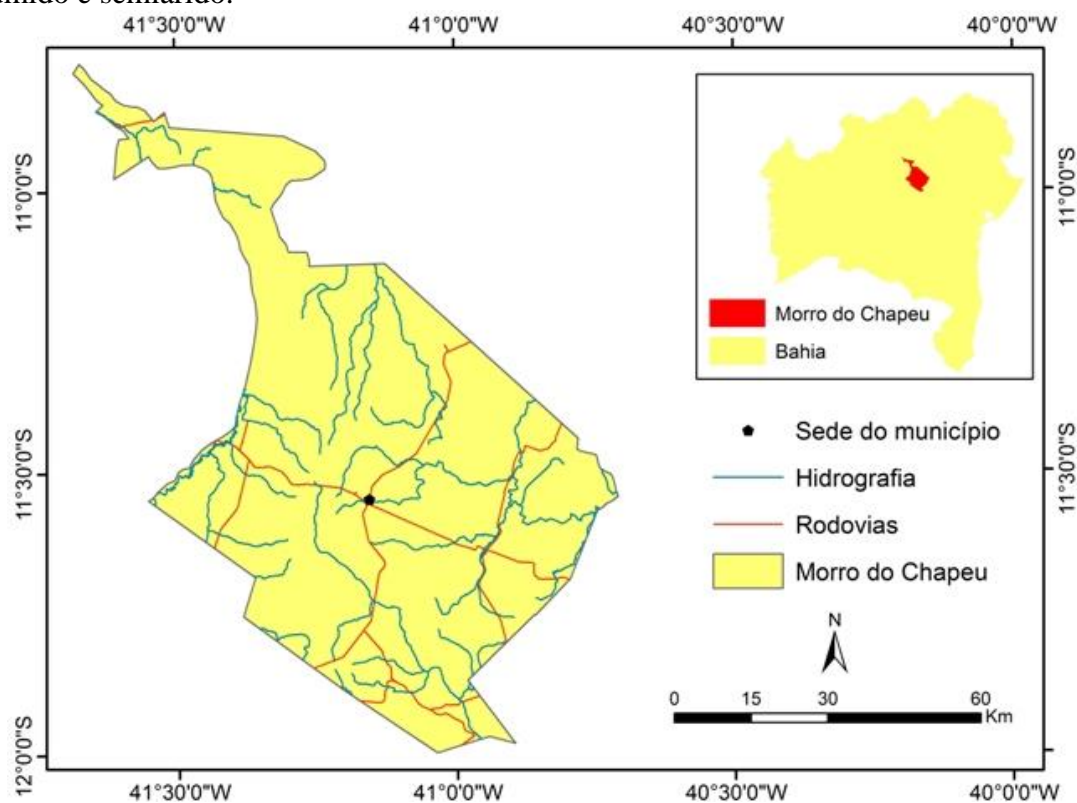


Figura 01: Localização Morro do Chapéu

2.2 Materiais utilizados

- Software ArcMap 10.0
- Dados climatológicos da estação Dias Coelho (01140019)
- Mapas temáticos de geologia, solos, uso e cobertura da terra e o de unidades geomorfologia (escala 1:200.000)
- SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)

2.3 AHP

A partir dos mapas de Morro do Chapéu foram definidas as variáveis de vulnerabilidade a erosão do município. A partir destes dados foram aplicados os pesos de vulnerabilidade através da comparação pareada por níveis de hierarquia usando o método AHP (Quadro 01). Foram aplicadas fórmulas para obter os vetores de peso de cada atributo/variável, utilizados para obter a vulnerabilidade a erosão da área do município de Morro do Chapéu. Como passo seguinte, foi definida a razão de consistência seguindo os

procedimentos do AHP e avaliação dos resultados. Como passo final foi realizada a valoração e gerados os mapas de vulnerabilidade.

Quadro 01: Valores do método AHP para correlação pareada entre as variáveis.

Grau de importancia	Definição e Explicação
1	Importância Igual - as duas variáveis contribuem igualmente para o fenômeno.
3	Importância moderada - uma variável é ligeiramente mais importante que a outra.
5	Importância essencial - uma variável é claramente mais importante que a outra.
7	Importância demonstrada - um fator é fortemente favorecido e sua relevância foi demonstrada na prática.
9	Importância extrema - A evidência que diferencia as variáveis é da maior ordem possível.
2, 4, 6 e 8	Valores intermediários entre julgamentos.

Fonte: Adaptado de Saaty (1991)

2.4 Procedimento

Inicialmente foi realizado, com base nos dados da estação pluviométrica Dias Coelho, o cálculo da intensidade pluviométrica utilizando-se a equação proposta por Crepani et. al. (2004). Posteriormente foi realizada a reclassificação de todos os mapas, levando-se em consideração a literatura e as tabelas de Crepani et. al. (2001).

A integração dos dados foi realizada em ambiente SIG (sistema de informações geográficas), utilizando a equação obtida a partir do método AHP. A legenda dos mapas também seguiu a proposta de Crepani et. al. (2001), tal escolha se deve ao fato de acreditar que há a necessidade da fixação de um padrão de legendas para a erosão dos solos, o que permitiria a comparação dos mapas de diferentes regiões de uma forma mais rápida e fácil.

3. Resultados e discussões

Aplicando-se a metodologia AHP às variáveis uso e cobertura do solo, geomorfologia, intensidade pluviométrica, solos e litologia foi possível a obtenção da matriz de interação representada pela tabela 01.

Tabela 01: Comparação par a par das variáveis, tendo em vista o fenômeno da erosão hídrica do solo.

	Solo	Geomorfologia	Geologia	Clima	Uso e cobertura da terra
Solo	1.00	0.50	4.00	0.25	0.33
Geomorfologia	2.00	1.00	6.00	0.33	0.50
Geologia	0.25	0.01	1.00	0.13	0.14
Clima	4.00	3.00	8.00	1.00	3.00
Uso e cobertura da terra	3.00	2.00	7.00	0.33	1.00
Soma	10.25	6.51	26.00	2.04	4.98

A partir dos valores ponderados, foi então realizado o cálculo dos autovetores, estes que são responsáveis por determinar o peso que cada variável tem na equação para definir a vulnerabilidade a erosão, e o cálculo do grau de consistência, este que foi de 2,4%, ficando abaixo dos 10% recomendados pela metodologia. Assim, foram encontrados os valores apresentados na tabela 02.

Tabela 02: Autovetores para cada variável

Variáveis	Autovetores
Solo	0.10
Geomorfologia	0.17
Geologia	0.03
Clima	0.45
Uso e cobertura da terra	0.25
Soma	1.00

Desta forma, a equação que descreverá o potencial de erosão de cada área será:

$$\text{Vulnerabilidade a erosão} = \text{tipo de solo} * 0,10 + \text{Geomorfologia} * 0,17 + \text{Litologia} * 0,03 + \text{Intensidade Pluviométrica} * 0,45 + \text{Uso e cobertura da terra} * 0,25$$

Pode-se perceber a partir da equação que a intensidade pluviométrica e o uso e cobertura das terras se apresentaram como as variáveis mais relevantes para a equação, o que de certa forma condiz com o fenômeno. A geologia (no caso, a litologia) é a variável que menos influencia em tal processo. Tal afirmativa se faz correta, tendo em vista que, de forma geral, o substrato rochoso não interage diretamente no processo, visto que o mesmo é coberto pelo manto formado pelas formações superficiais.

Com o auxílio das tabelas de ponderação dos pesos encontrada em Crepani *et. al.* (2001), foi possível então classificar cada elemento contido nos mapas, foi então realizada a reclassificação dos mapas, sendo então adquiridos os mapas de geomorfologia (Figura 02), solos (Figura 03), litologia (Figura 04) e o uso do solo (figura 05).

O mapa de vulnerabilidade a erosão para a variável geomorfologia foi gerado a partir da interação do mapa de declividade e o mapa de unidades geomorfológicas. Tendo em vista que a união entre tais variáveis se apresenta como um melhor indicador para tal variável.

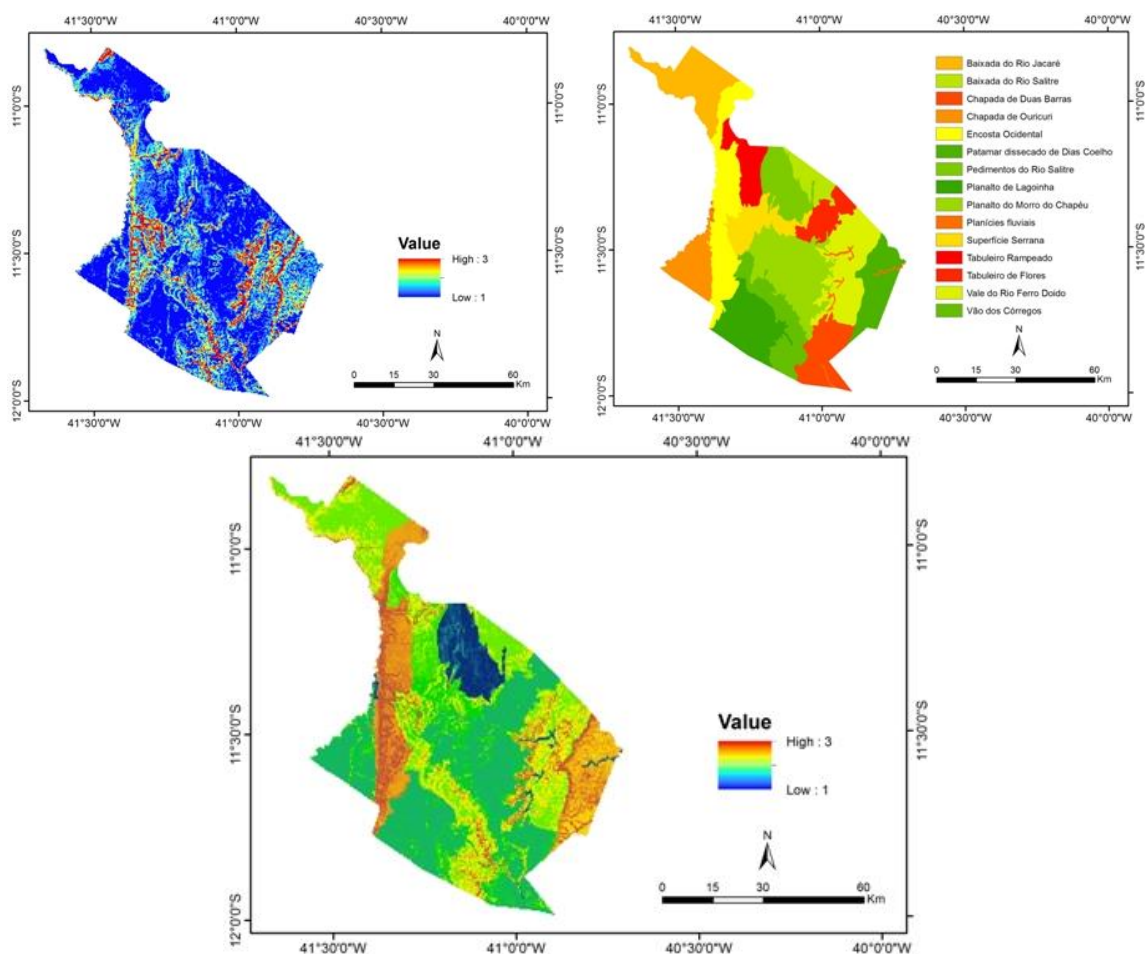


Figura 02: Na figura podem ser observados os mapas de declividade já reclassificado e considerando o potencial erosivo das classes (superior a esquerda), o mapa das unidades geomorfológicas (à direita) e o mapa de vulnerabilidade a erosão, este que foi resultado da média dos dois mapas anteriores.

Pode-se perceber que tal variável se apresenta mais passível de favorecer o fenômeno da erosão na área correspondente a encosta ocidental.

Os tipos de solo encontrados na área apresentaram duas fácies mais predominantes, uma correspondendo as áreas de NEOSSOLOS LITOLICOS e QUARTIZARENICOS, com potencial erosivo bastante elevado, e uma outra região, situada nas áreas planálticas, com baixa elevação e modelado relativamente plano, onde se encontram solos bem desenvolvidos, os LATOSSOLOS.

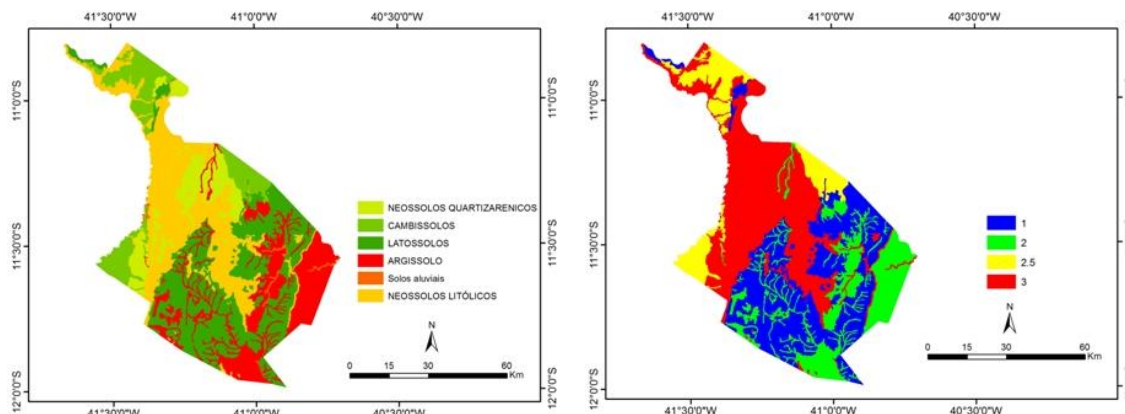


Figura 03: Mapa de solos e a correspondente ponderação dos pesos para o fenômeno erosão dos solos

De forma geral, a litologia da área de estudo favorece a erosão da área, tendo em vista que boa parte das suas rochas são de origem sedimentar, com baixo metamorfismo e até mesmo materiais inconsolidados.

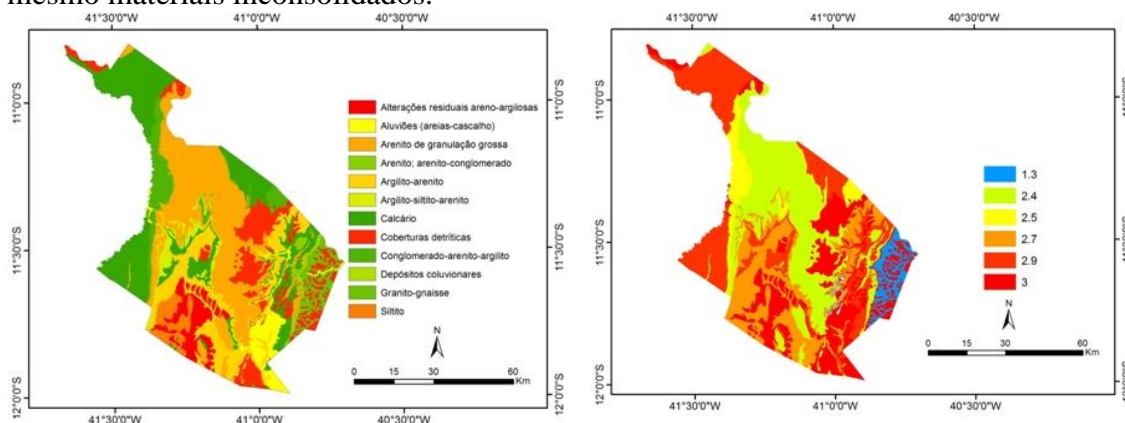


Figura 04: Mapa de litologia e a correspondente ponderação dos pesos para o fenômeno erosão dos solos.

O uso e cobertura das terras, responsável por 25% do fenômeno de erosão, se apresentou como desfavorável ao fenômeno da erosão, tendo em vista que boa parte da área se mostra parcialmente coberta por tipos de cobertura que atenuam tal processo (ver Figura 05). Destaca-se apenas a área do extremo leste, esta bastante utilizada pela agropecuária, o que potencializa a atuação dos processos erosivos na área.

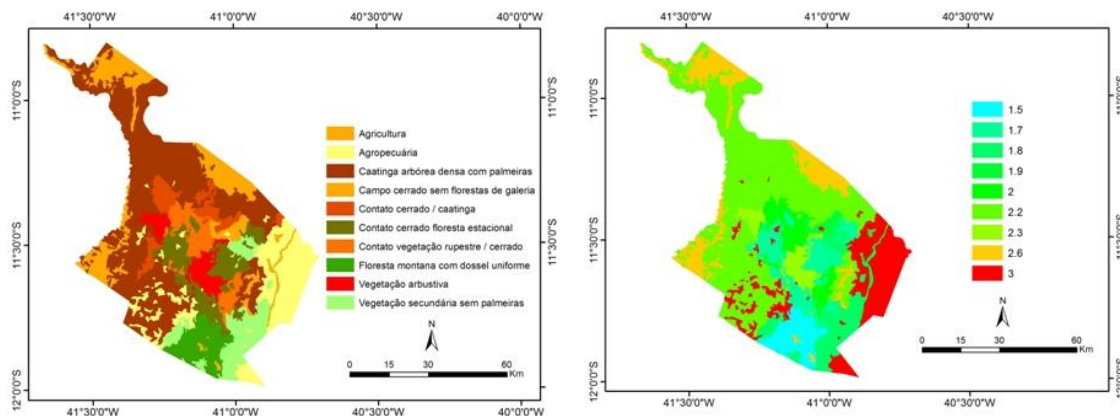


Figura 05: Mapa de uso e cobertura do solo e a correspondente ponderação dos pesos para o fenômeno erosão dos solos.

A intensidade pluviométrica da área foi calculada, obtendo-se o valor de 241s.u., correspondendo a o valor de 1,8 na escala de potencial erosivo de Crepani *et. al.* (2001).

Com as variáveis reclassificadas, e os mapas convertidos para o formato Raster, foi possível a integração dos mapas em ambiente SIG, sendo gerado o mapa de suscetibilidade a erosão (Figura 06).

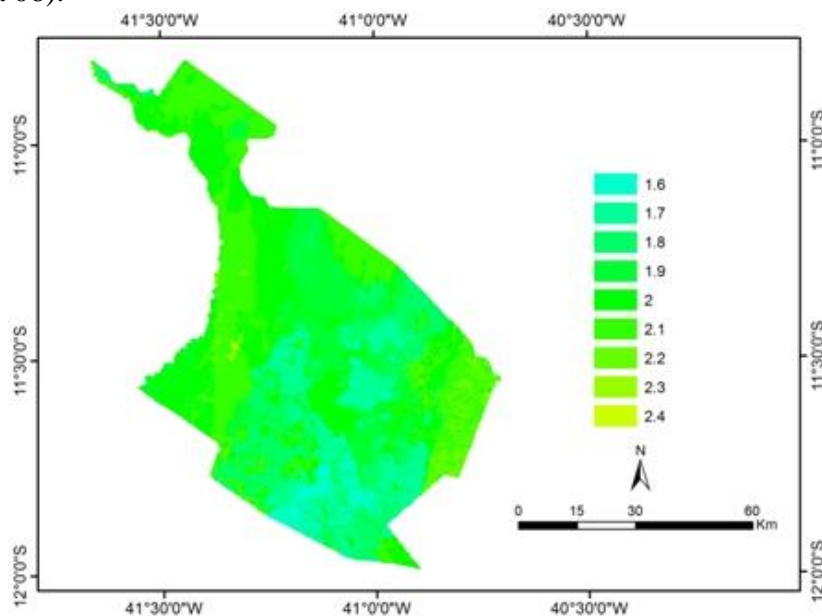


Figura 06: mapa de suscetibilidade a erosão elaborado a partir da metodologia AHP para o município de Morro do Chapéu. A legenda de cores e a escala do fenômeno foi adotado da proposta de Crepani *et. al.* (2001).

O uso da metodologia AHP se mostrou bastante útil e de extrema relevância para a modelagem dos processos erosivos, tendo em vista que a mesma se apresenta como uma ferramenta que auxilia e norteia a ponderação das variáveis de acordo com o fenômeno estudado.

É válido ressaltar que apesar da metodologia AHP auxiliar na modelagem do fenômeno, ainda é necessário que ocorra uma discussão profunda sobre o quão uma variável é mais importante que a outra para o fenômeno, tendo em vista que o método fornece um meio simples de relacionar tais variáveis e ainda busca validar o grau de consistência das relações,

o que não substitui em momento algum a experiência necessária para se ponderar o valor de cada variável.

4. Considerações finais

A metodologia AHP se mostrou apta para auxiliar na modelagem do fenômeno de erosão, no entanto, destaca-se que a mesma não deve ser utilizada sem critérios bem determinados e sem que aja uma grande reflexão sobre a interação entre as variáveis. A ponderação da importância das variáveis, uma em relação às outras, deve estar respaldada na literatura ou no conhecimento aprofundado de todas as variáveis, para que não se cometa erros teóricos grosseiros, estes que, muitas vezes, são incapazes de serem percebidos mesmo pela análise do grau de consistência das relações.

A equação aqui apresentada não pretende apresentar-se como uma solução incontestável, e que deve ser seguida a risca por futuras modelagens. Está se apresenta apenas como a expressão de uma forma de ver os processos erosivos, neste caso, apresentando a intensidade pluviométrica como elemento de maior influência no processo erosivo.

Fica aqui o convite para a discussão sobre o grau de influência das variáveis ambientais para o fenômeno da erosão, e ressalta-se a importância da metodologia AHP como um instrumento de grande relevância, que ajudará nas discussões e formulações teóricas do grau de influência das variáveis no fenômeno estudado.

5. Referências

- BEN, Fernando. **Utilização do Método AHP em Decisões de Investimento Ambiental**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 26. Fortaleza - CE: Abepro, 2006.
- CORINE. **CORI_E Land Cover (Coordination of Information on the environment)**. Comm. of European Communities, Bruxelas. 1992, 106 pp.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S. de; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T.G.; Duarte, V.; BARBOSA, C.C.F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos, Junho de 2001.
- CREPANI, E; MEDEIROS, J.S. de; PALMEIRA, A.F. **Intensidade pluviométrica: uma maneira de tratar dados pluviométricos para análise da vulnerabilidade de paisagens à perda de solo**. São José dos Campos: INPE, ago. 2004.
- LEPSCH, Igo. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2002. 178p.
- LOBÃO, Jocimara Souza Britto; FRANCA-ROCHA, Washington de Jesus Sant'anna da; SILVA, Ardemirio Barros da. Geoprocessamento na Modelagem da Vulnerabilidade Natural a Erosão no Município de Morro do Chapéu-Ba. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 01, n. 63, p.101-114, mar. 2011.
- KIKER, G. A.; BRIDGES, T. S.; VARGHESE, A.; SEAGER, T. P. and LINKOV, I. Application of Multicriteria Decision Analysis in Environmental Decision Making. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v. 1, n. 2, p. 95-108, 2005.
- MARINS, Cristiano Souza; SOUZA, Daniela de Oliveira; BARROS, Magno da Silva. O Uso do Método de Análise Hierárquica (AHP) na Tomada de Decisões Gerenciais: Um Estudo de Caso. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 41., 2009, Porto Seguro - Ba. **XLI SBPO**. Porto Seguro - Ba:Unifacs, 2009. v. 1, p. 1778 - 1788.
- ROSS, Jurandy Luciano Sanches. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 9. ed. São Paulo, SP: Contexto, 2012.
- SAATY, T. **Método de Análise Hierárquica**, Makrom Books, S.P., (1991).
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Superintendência de Recursos Naturais e Meio ambiente. Diretoria Técnica. Rio de Janeiro, p. 97, 1977.