



Balanço morfogenético-pedogenético da microbacia do córrego do Marinheiro, Sete Lagoas (MG)⁽¹⁾.

Amanda Ribeiro de Oliveira⁽²⁾; Iago da Silva Rios⁽³⁾; Adriana Monteiro da Costa⁽⁴⁾; João Herbert Moreira Viana⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do projeto FAPEMIG CRA - APQ-03178-13, do projeto Embrapa MP01.12.01.001.01.06 e do projeto TanDEM-X Science proposal IDEM_HYDR0093.

⁽²⁾ Mestranda em Geografia; Universidade Federal de Minas Gerais; Belo Horizonte, Minas Gerais; amanda.geo@hotmail.com; ⁽³⁾ Mestrando em Geografia; Universidade Federal de Minas Gerais; ⁽⁴⁾ Professora Adjunta; Universidade Federal de Minas Gerais; ⁽⁵⁾ Pesquisador; Embrapa Milho e Sorgo.

RESUMO: A vulnerabilidade do terreno à perda de massa ou a favorabilidade ao desenvolvimento de solos é entendida com situações que podem ser tanto influenciadas pelas condições ambientais como pela atuação da sociedade na natureza, sendo esta última para fins de conservação ou acarretando a degradação da paisagem. Assim, o objetivo deste trabalho foi produzir um mapa do balanço morfogenético-pedogenético da microbacia do córrego do Marinheiro, Sete Lagoas (MG). As variáveis utilizadas foram: uso e ocupação do terreno, declividade, formas de terreno e comprimento de vertente. O procedimento metodológico utilizado para correlação espacial dos parâmetros definidos foi o de análise de multicritérios em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), a partir de pesos e notas pré-determinados. Os resultados obtidos permitiram verificar que as áreas onde há uma maior suscetibilidade à erosão estão concentradas nas porções Sudoeste e Sul, coincidindo com as regiões onde encontram-se usos de pastagens e as maiores declividades. As áreas onde se predomina a pedogênese sobre a morfogênese acompanham os cursos do córrego e das linhas de drenagem, acumulando-se próximo à foz desse canal fluvial, onde as declividades são mais suaves, as vertentes apresentam menor comprimento e a cobertura vegetal é de porte arbóreo. Dessa forma, considerou-se possível atribuir a partir de usos e ocupações do terreno e de atributos topográficos ponderações coerentes, que possam ser utilizadas como uma ferramenta na análise do balanço morfogenético-pedogenético da área de estudo.

Termos de indexação: análise de multicritérios, atributos topográficos, uso e ocupação do terreno.

INTRODUÇÃO

O conhecimento dos aspectos físicos e suas dinâmicas evolutivas de determinada área, bem como suas potencialidades e fragilidades, é de grande importância para o planejamento ordenado do território de maneira a respeitar a capacidade de

suporte e as necessidades de cada ecossistema, evitando a sua degradação.

Dentre as principais formas de degradação da paisagem tem-se a erosão, um processo morfogenético que pode ser intensificado pela adoção de manejos inadequados às condições físicas e ambientais em que o solo se encontra. Neste contexto, torna-se necessário compreender a situação de determinados ambientes a partir de estudos quantitativos e qualitativos das suas características e dos processos físicos, para que sejam diagnosticadas áreas com maior ou menor fragilidade ambiental (Xavier et al., 2010).

Estudos que relacionam geometria de vertentes e usos e ocupações nelas presentes possibilitam compreender a dinâmica de fluxo do escoamento superficial e infiltração de água no solo, permitindo identificar áreas onde há maior suscetibilidade à perda (morfogênese) ou desenvolvimento (pedogênese) de solos (Silva Neto, 2010).

Essa relação pedogênese-morfogênese aponta para o conceito de balanço morfogenético de John (1954) e modificado posteriormente por Tricart (1957), o qual apresenta uma relação entre os componentes perpendicular e paralelo, sendo que o primeiro demonstra a ação da infiltração e o segundo os efeitos dos movimentos de massa, ambos podendo ser favorecidos ou não pelo uso e cobertura do terreno (Cassetti, 2005; Christofolletti, 1980).

Dessa forma, a topografia se apresenta como um fator controlador, podendo acelerar ou retardar o trabalho das forças climáticas, uma vez que ela controla a taxa de pedogênese sobre a taxa de erosão. Deste modo, em áreas mais planas, por exemplo, a pedogênese tende a ser maior que a morfogênese, resultando em solos mais profundos, e da forma contrária, solos mais rasos serão formados e haverá maior perda de material.

Nesse contexto, Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) são empregados para a criação do banco de dados espaciais como ferramentas de auxílio a estudos ambientais, uma vez que possibilitam a interação entre diversas variáveis, permitindo identificar correlações entre elas e



diagnosticar áreas com maior risco ambiental (Xavier et al., 2010).

Objetivou-se neste trabalho gerar um mapa de balanço morfogenético-pedogenético para a microbacia do córrego do Marinheiro, município de Sete Lagoas, Minas Gerais, utilizando-se atributos topográficos e de uso e ocupação do terreno tratados em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), visando orientar práticas de manejo e usos ordenados na área de estudo.

MATERIAL E MÉTODOS

A microbacia do córrego do Marinheiro localiza-se no município de Sete Lagoas, MG próximo à divisa com Prudente de Morais, entre as coordenadas UTM 23S 7.847.340,374 e 7.841.650,322 m S, e longitudes 581.070,264 e 587.461,152 m W (*datum* SAD 69). Com extensão de 14,5 km², aproximadamente, abrange hoje diferentes usos e ocupações do terreno, entre eles cultivo de milho e sorgo, plantio de eucalipto e pastagem, pecuária de corte e leite, ocupação urbana, extração mineral e vegetação nativa, além de estar em partes no território da Embrapa Milho e Sorgo. A microbacia pertence à bacia o ribeirão Jequitibá, que por sua vez está inserida na bacia do rio das Velhas.

A amplitude altimétrica local varia entre 647 m e 1.063 m e as declividades predominantes variam de suave ondulada a fortemente ondulada. O mapa de solos mais detalhado existente, escala 1:50.000 (CPRM, 1994a & 1994b) indica para a área duas classes de solos: Latossolos Vermelhos e Cambissolos Háplicos. A vegetação é caracterizada por pequenas áreas de cerrado de campo sujo, floresta estacional semidecidual e mata ciliar e de galeria. A litologia local é formada por unidades litoestratigráficas do Completo Belo Horizonte, onde predominam litologias do tipo gnaíse; da Formação Sete Lagoas (Membros Pedro Leopoldo e Lagoa Santa), com presença de calcarenitos, calcissiltitos e micritos; e da Formação Santa Helena, com predomínio de rochas sedimentares do tipo siltito e folhelho; sendo as duas Formações pertencentes ao Grupo Bambuí e Supergrupo São Francisco (Tuller, 2009). A classificação climática, segundo Köppen, é a tropical de altitude, Cwc, com verões quentes e chuvosos e invernos secos.

Para estruturação da base de dados espaciais para *input* do modelo, foram utilizadas imagens de satélite *RapidEye*, com resolução espacial de 5 m; informações levantadas em trabalhos de campo; e um Modelo Digital de Elevação (MDE) proveniente de um voo aerofotogramétrico realizado na área de estudo em junho de 2014 pelo satélite TanDEM-X

do Centro Aeroespacial Alemão (DLR), possuindo resolução espacial de 12m com *datum* WGS84. O *software* SIG utilizado para o processamento dos dados espaciais foi o ArcGIS 10.1 (ESRI, 2012).

O mapa de uso e ocupação do terreno foi gerado a partir de imagens *RapidEye*, utilizando o método da classificação supervisionada, através da extensão *Image Classification*, e aprimorado a partir de registros em campo.

A partir da extensão *Spatial Analyst* foi possível extrair do MDE os atributos de terreno primários: declividade; comprimento de vertente e formas de terreno.

O balanço morfogenético-pedogenético foi gerado a partir do método de análise de multicritérios, que é uma técnica empregada para a tomada de decisão, identificação de áreas prioritárias para algum fenômeno ou arranjo geográfico (Moura, 2007; Nascimento & Moura, 2008). Este procedimento metodológico consiste no cruzamento de variáveis, aplicando-se graus de pertinência a cada plano de informação e de seus componentes de legenda para a criação de um produto final (Moura, 2007).

O método foi aplicado em estruturas matriciais representadas por quatro temas, sendo eles: uso e ocupação do terreno, declividade, formas de terreno e comprimento de vertente. Cada atributo foi reclassificado segundo o peso pré-determinado por meio da ferramenta *Reclassify* e posteriormente multiplicado pela respectiva nota, através da função *Raster Calculator* (**Tabela 1**). O método de análise multicritério consiste, portanto, na soma dos produtos dos pesos pelos intervalos das classes, multiplicadas pelas notas de cada variável escolhida.

Os pesos de cada intervalo de classe foram atribuídos em uma escala de 1 a 10, enquanto que as notas variaram de 0 a 100. Quanto maior os valores dos pixels, maior a suscetibilidade à morfogênese, enquanto que os menores valores representam áreas onde há condições favoráveis ao predomínio da pedogênese sobre a morfogênese.

A divisão dos intervalos e as notas e pesos foram divididos e atribuídos, respectivamente, com base em revisões bibliográfica de trabalhos científicos, como Moura (2007), Carvalho (2010), Silva Neto (2010), Xavier et al. (2010), Valladares et al. (2012), Reis, Costa & Ribeiro (2014); conhecimentos prévios da área de estudo e consulta a profissionais experientes (*Estimate-Talk-Estimate*). Além disso, a partir de informações adquiridas em trabalhos de campos realizados na área de estudo foi possível a calibração dos parâmetros e retorno às etapas de análise.



Tabela 1 – Notas e pesos atribuídos às variáveis e aos intervalos de classes, respectivamente.

Variável	Nota	Classe	Peso	
Uso e Ocupação do Terreno	35	Solo Exposto	10	
		Cultivo agrícola	7	
		Pastagem	6	
		Ocupação Urbana	4	
		Vegetação de Porte Arbórea	3	
		Corpos D'água	1	
Declividade (%)	30	> 20	10	
		12 - 20	8	
		8 - 12	5	
		3 - 8	3	
		0 - 3	1	
Formas de Terreno	20	Convergente (vales)	Côncava	9
			Retilínia	8
			Convexa	7
		Planar	Côncava	6
			Retilínia	5
			Convexa	4
		Divergente	Côncava	3
			Retilínia	2
			Convexa	1
Comprimento de Vertente (m)	15	291 - 630	10	
		206 - 290	8	
		131 - 205	6	
		61 - 130	4	
		0 - 60	2	

Após a reclassificação e o cruzamento das variáveis, foi feita a normalização dos valores obtidos utilizando-se a seguinte equação:

$$\text{normalização} = \frac{a + (x - A) \times (b - a)}{(B - A)}$$

Onde, **a** e **b** representam os valores mínimo e máximo, respectivamente, para a escala de normalização escolhida (1-100); **x** o raster; e **A** e **B** os valores mínimo e máximo, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da classificação das áreas onde predominam-se a morfogênese ou a pedogênese na microbacia do córrego do Marinheiro permitiu observar que as áreas onde há uma maior suscetibilidade à erosão estão concentradas nas porções Sudoeste e Sul, dispostas em núcleos com certo padrão de alinhamento linear (**Figura 1**). Essas áreas coincidem com as regiões onde

encontram-se uso de pastagens e as maiores declividades (> 20%) da microbacia.

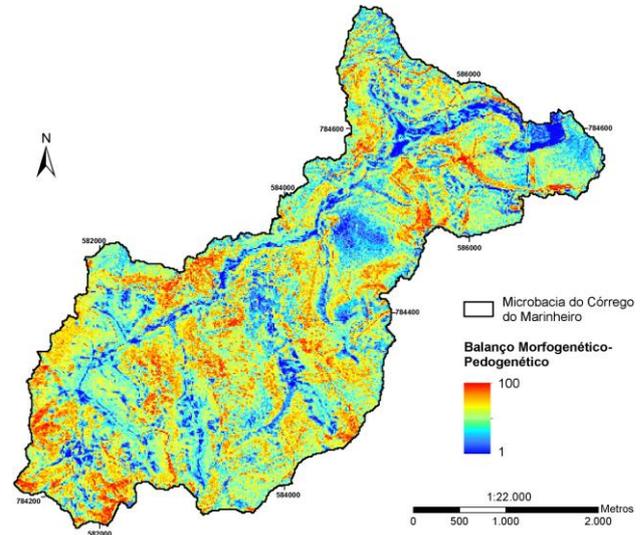


Figura 1: Balanço morfogenético-pedogenético.

As áreas onde se encontram os menores valores do *range* do balanço acompanham os cursos do córrego e das linhas de drenagem, acumulando-se próximo a foz desse canal fluvial, onde as declividades são mais suaves, as vertentes apresentam menor comprimento e a cobertura vegetal é de porte arbóreo (mata ciliar), apesar das formas de terreno predominarem encostas de curvatura planar/retilínea, planar/côncava e convexa/retilínea. Outro núcleo de destaque com favorabilidade à pedogênese apresenta-se na porção central da microbacia. Neste caso, os atributos topográficos se mostraram com maior influência no balanço morfogenético-pedogenético que o uso e ocupação do terreno. Neste núcleo, o uso é de pastagem (gado de corte) sobre relevo plano a suave com vertentes de comprimento variando entre 0 e 130 m.

Dividindo-se e reclassificando-se os valores dos pixels em cinco intervalos iguais (*Equal Interval*), foi possível quantificar a área de ocorrência de cada intervalo, permitindo interpretar a sua espacialização. O resultado foi o seguinte: 0 - 20 (0,9 %), 20 - 40 (28,4 %), 40 - 60 (58,6 %), 60 - 80 (11,5 %) e 80 - 100 (0,6 %). De modo geral, observou-se uma distribuição quantitativa semelhante de áreas de maior suscetibilidade à erosão e maior favorabilidade a pedogênese. Entretanto, as áreas onde há certo equilíbrio entre as duas possibilidades foram as que predominaram na microbacia.



CONCLUSÕES

A correlação espacial entre variáveis topográficas e de uso e ocupação do terreno permitiram compreender processos atuantes nas vertentes e, logo, diagnosticar determinados arranjos geográficos, como áreas suscetíveis à erosão ou favoráveis a pedogênese.

O método de análise de multicritérios mostrou-se satisfatório, possibilitando identificar áreas onde os processos morfogenéticos são mais atuantes e, logo, auxiliar aos gestores territoriais na adoção de práticas de manejo e conservação adequadas, de modo a controlar ou evitar a degradação do solo.

O balanço morfogênese-pedogênese mostrou-se uma ferramenta potencial para subsidiar planejamentos do uso da terra.

AGRADECIMENTOS

Ao apoio financeiro à pesquisa e divulgação dos resultados dos projetos FAPEMIG CRA - APQ-03178-13, Embrapa MP01.12.01.001.01.06 e TanDEM-X Science proposal IDEM_HYDR0093. À Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) pelo auxílio com infraestrutura e oportunidade de participação no evento.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, G. A.; MOURA, A. C. M. Análise espacial urbano-sócio-ambiental como subsídio ao planejamento territorial do município de Sabará [dissertação] Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; 2010.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2.ed. rev. e amp. São Paulo: Ed. Blücher, 1980. 188p.

CASSETI, V. Geomorfologia. [S.L.]. 2005. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 10 de maio de 2015.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). Informações básicas para a gestão territorial: Região de Sete Lagoas – Lagoa Santa. Caracterização geológica. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1994a.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). Informações básicas para a gestão territorial: Região de Sete Lagoas – Lagoa Santa. Caracterização geomorfológica. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1994b.

ESRI: ArcGIS 10.1. Redlands, California: Environmental Systems Research Institute; 2012.

JAHN, A. Balance de dénudation du versant. *Czasopismo Geograficzne*, 1954. p.38-64.

MOURA; A. C. M. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. Florianópolis, 2007. Anais. INPE, 2007. p.2899-2906.

NASCIMENTO, J. S.; MOURA, A. C. M. Geoprocessamento e análise multicriterial: subsídios ao incremento da biodiversidade na área de proteção ambiental Morro da Pedreira – Serra do Cipó/MG – “uma revisão teórica”. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 2. Recife, 2008. Anais. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2008. p.1-4.

REIS, T. E.; COSTA, V. C.; RIBEIRO, M. F.. Mapeamento de susceptibilidade à erosão em zona de amortecimento de áreas protegidas brasileiras, utilizando técnicas de geoprocessamento. Multidimensão e territórios de risco. 1ed. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2014. v.1, p.141-145.

SILVA NETO, J. C. A. Avaliação da vulnerabilidade à perda de solos na bacia do rio Salobra, MS, com base nas formas do terreno. *Geografia (Londrina)*, 22:5-25, 2013.

TRICART, J. Mise en point: l'évolution des versants. *L'information géographique*, 21:108-15, 1957.

TULLER, M. P. Carta geológica. Programa Geologia do Brasil. Serviço geológico do Brasil - CPRM. Escala 1:100,000. 2009.

VALLADARES, G. S.; GOMES, A. da S.; TORRESAN, F. E.; RODRIGUES, C. A. G.; GREGO, C. R. Modelo multicritério aditivo na geração de mapas de suscetibilidade à erosão em área rural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47:1376-1383, 2012.

XAVIER, F. V.; CUNHA, K. L.; SILVEIRA, A.; SALOMÃO, F. X. T. Análise da Susceptibilidade à Erosão Laminar na Bacia do Rio Manso, Chapada Dos Guimarães, MT, Utilizando Sistemas de Informações Geográficas. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 11:51-60, 2010.