



**Qualidade do Solo como Geoindicador para o Manejo de uma Trilha no Parque Nacional da Serra do Cipó, MG, Brasil**

Soil Quality as Geoindicator to Trail Assessment of the Parque Nacional da Serra do Cipó, MG, Brazil

Múcio do Amaral Figueiredo<sup>1</sup>; Ricardo Eustáquio Fonseca Filho<sup>2</sup> & Angélica Fortes Drummond Chicarino Varajão<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São João Del-Rei – UFSJ, Departamento de Geociências, Campus Universitário Tancredo Neves, Av. Visconde do Rio Preto, s/n, 36301-360, São João Del-Rei, MG

<sup>2</sup>Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Programa de Pós-graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Campus Universitário Morro do Cruzeiro, 35400-000, Ouro Preto, MG

E-mails: muciofigueiredo@ufsj.edu.br; ricardo@degeo.ufop.br; angelica@degeo.ufop.br

Recebido em: 14/09/2011 Aceito em: 14/04/2012

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2012\\_1\\_199\\_208](http://dx.doi.org/10.11137/2012_1_199_208)

## Resumo

As trilhas em áreas naturais são reconhecidas como meio de deslocamento entre o visitante e os atrativos turísticos. Assim, em áreas protegidas, ao mesmo tempo que proporciona ao visitante contato direto com a natureza, a visitação resulta em alterações ambientais como, dentre outros, a compactação do solo e erosão no leito das trilhas. O objetivo deste trabalho foi o de caracterizar a qualidade do solo na Trilha da Farofa, localizada no Parque Nacional da Serra do Cipó, município de Santana do Riacho, MG, Brasil. A trilha, que liga a sede do parque ao atrativo natural Cachoeira da Farofa, situada em escarpa rochosa quartzítica de grande beleza cênica, é a mais visitada e utilizada para alcançar o referido atrativo natural, além de servir para prática de caminhadas, ciclismo, cavalgada e do tráfego de veículos autorizados. Essa trilha apresenta impactos ambientais erosivos marcantes e compactação dos solos, este último, pouco visível a observações leigas. Para a caracterização dos impactos, efetuou-se o levantamento de perfis de solo no leito da trilha e no seu entorno, bem como medidas de resistência à penetração (penetrometria), com uso de penetrômetro de cone com anel dinamométrico e coleta de amostras de solo deformadas e indeformadas dos horizontes superficiais para estudos pedológicos. Os resultados demonstram que os solos do leito das trilhas são compactados em relação aos solos adjacentes e que estas precisam ser manejadas visando a conservação da biogeodiversidade associada, e a sua viabilidade enquanto meio de acesso à Cachoeira da Farofa e à escarpa rochosa quartzítica ali presente, o que evidencia a importância da utilização de atributos pedológicos para o manejo de trilhas, estimulando sua conservação através de práticas ambientalmente sustentáveis.

**Palavras-chave:** compactação do solo; geoindicadores; trilhas

## Abstract

The trails in natural areas are recognized as a means of travel between the visitor and tourist attractions. Thus, in protected areas, while providing visitors direct contact with nature, visitation results in environmental changes such as, among others, soil compaction and erosion in the bed of the trails. The objective of this study was to characterize soil quality in Farofa Trail, located in the Serra do Cipó National Park, Minas Gerais state, Brazil. The trail, which connects the park headquarters to the natural attraction Farofa Waterfall, located in quartzitic rocky cliff of great scenic beauty, is the most visited and utilized to achieve that natural attraction, besides serving for the practice of hiking, biking, horseback riding and vehicles traffic allowed. This trail offers outstanding environmental impacts of erosion and soil compaction, the latter barely visible to lay observations. To characterize the impact, we performed a survey of soil profiles in the bed of the trail and its surroundings, as well as measures of penetration resistance (penetrometer), using a cone penetrometer with dynamometric ring and collecting soil samples of disturbed and undisturbed soil surface for soil studies. The results show that soils the bed of the trails are compressed relative to adjacent soil and that these need to be managed to promote the conservation of associated biogeodiversity, and its viability as a means of access to the Farofa Waterfall and quartzitic rocky cliff present there, the highlighting the importance of using pedological attributes for the management of trails, encouraging conservation through environmentally sustainable practices.

**Keywords:** soil compaction; geoindicators; trails

## 1 O Solo como Geoindicador da Qualidade Ambiental de Trilhas Ecoturísticas

Desde os primórdios da humanidade, a demarcação e utilização de trilhas em ambientes naturais, para utilização diversa, incorporaram-se ao dia-a-dia do homem. Na atualidade, esta característica, de percorrer ambientes naturais costumeiros ainda é largamente utilizada, diferenciando dos períodos históricos remotos, no sentido de que são hoje, cada vez mais utilizadas para caminhadas ecoturísticas e menos para deslocamentos necessários.

A principal função das trilhas sempre foi a de suprir a necessidade de deslocamento (Andrade, 2003). No entanto, pode-se verificar que, ao longo dos anos, houve uma alteração de valores em relação às trilhas, cuja utilização ressurge como novo meio de contato com a natureza. A caminhada incorpora um novo sentido e recebe um grande número de adeptos. Atualmente uma das principais atividades em ecoturismo é a caminhada em trilhas e suas variantes. As trilhas oferecem aos visitantes a oportunidade de desfrutar de uma área de maneira tranqüila e alcançar maior familiaridade com o meio natural. Trilhas bem construídas e devidamente mantidas protegem o ambiente do impacto do uso e ainda asseguram aos visitantes maior conforto, segurança e satisfação. Terão papel significativo na impressão que o visitante levará sobre a área visitada/percorrida e a instituição que a gerencia (Hammit & Cole, 1998).

Nesta perspectiva, Salvati (2003a, 2003b) mostra que a trilha é o caminho existente ou estabelecido, com diferentes formas, comprimentos e larguras, que possui o objetivo de aproximar o visitante ao ambiente natural, ou conduzi-lo a um atrativo específico, possibilitando seu entretenimento ou educação através de sinalização ou de recursos interpretativos.

Há pelo menos dois fatores de alteração dos solos decorrentes da utilização de trilhas: compactação e erosão. O efeito do pisoteio produz um impacto mecânico direto, que resulta, entre outros aspectos, na exposição das raízes das árvores, causando riscos de doenças e quedas, e na diminuição da capacidade de retenção de ar e infiltração/absorção de água, alterando a capacidade do solo de sustentar a vida vegetal e animal associada (Cole, 1987; Godwin, 2000; Jewell & Hammitt, 2000; Andrade, 2003). Erosão é um processo natural, correspondendo a uma das variáveis de um conjunto de variáveis ecológicas e ambientais responsáveis pela contínua transformação da paisagem natural ao longo do

tempo geológico (Thornes, 1985). Entretanto, devido à introdução de atividades antrópicas intensivas, neste caso, visitação pública, os focos erosivos podem causar graves problemas nas zonas de trilhas, principalmente em setores de maior declividade.

A literatura especializada mostra que os deslocamentos de pessoas através de trilhas podem contribuir para a degradação das áreas de influência das mesmas. Entre os impactos, a introdução de espécies vegetais exóticas, mudanças na dinâmica da vegetação de borda relacionadas ao contínuo pisoteio de andarilhos, de cavalos e do trânsito de bicicletas, e a ocorrência de erosão no leito e nas áreas de influência das trilhas, ocupam lugar de destaque, merecendo investigações específicas. Todos os impactos citados têm relação direta ou indireta com o solo.

Além disso, é importante destacar que o estudo de geoindicadores em unidades de conservação federais norte-americanas, por exemplo, tem mostrado a necessidade de interação entre a academia e a gerência dessas unidades. Higgins & Wood (2001) mostram que nas últimas décadas, as pressões crescentes sobre os recursos naturais das áreas protegidas norte-americanas alertaram as autoridades para a necessidade de uma gerência ativa dos ecossistemas dos mesmos. Segundo os mesmos autores, o *National Park Service* dos Estados Unidos tem reconhecido que a gerência ativa exige o conhecimento científico e a compreensão de sistemas naturais por parte dos gestores dos parques.

Entretanto, segundo Higgins & Wood (2001), a maioria dos parques daquele país, mesmo aqueles com recursos geológicos significativos, não tem profissionais em número adequado para promover constante monitoramento de geoindicadores na equipe de funcionários ou em seus escritórios oficiais. No Brasil e em Minas Gerais, não é diferente, necessitando de maior estreitamento de relações com instituições de pesquisa que possam executar o necessário e constante monitoramento, conduzido por especialistas devidamente credenciados.

De modo geral, a maioria das pesquisas com monitoramento ambiental em áreas protegidas tem sido realizada apenas com bioindicadores. São poucas as pesquisas com geoindicadores, revelando a importância de utilizá-los como meio de divulgação e promoção de um maior conhecimento a cerca desta metodologia (Jayakumar & Ke, 2007).

Para Berger (2002), os geoindicadores devem contribuir na resposta a quatro questões básicas:

- O que está acontecendo no ambiente? (condições e tendências);
- Por que está acontecendo? (causas, humanas e/ou naturais);
- Por que é importante? (efeitos ecológicos, econômicos e na saúde);
- O que se pode fazer acerca disso? (implicações no planejamento e nas políticas).

O uso de geoindicadores pode fornecer subsídios básicos para o monitoramento de mudanças rápidas nos processos de erosão, transporte e deposição, e de compactação do solo das trilhas. Através da caracterização das componentes físicas, tais estudos podem fornecer instrumentos de avaliação e controle de tendências que podem influenciar as condições do solo e suas implicações para a gestão dos impactos advindos do tráfego de pessoas, cavalos de montaria, bicicletas e veículos automotores pelas trilhas das áreas protegidas abertas à visitação pública.

Assim, o presente trabalho procura abordar características físicas gerais dos solos onde a trilha estudada se localiza, procurando demonstrar a importância do diagnóstico e monitoramento da mesma, como instrumento de conhecimento das condições gerais das trilhas que levam aos atrativos naturais locais. Conhecer as condições ambientais das trilhas é fundamental, pois é através delas que a visitação aos atrativos geoturísticos e demais atrativos naturais é viabilizado. Trilhas mal planejadas e mal manejadas podem se tornar focos de desequilíbrios ambientais (Belnap, 1998; Nepal & Nepal, 2004), além de potencialmente colocar em risco a integridade física do visitante (Gualtieri-Pinto *et al.*, 2008), o que desvirtuaria o objetivo da visita às áreas protegidas.

## 2 Materiais e Métodos

O Parque Nacional da Serra do Cipó localiza-se na porção central do estado de Minas Gerais, entre as coordenadas 19° 12' a 19° 34' S e 43° 27' a 43° 38' W, na parte sul da cadeia montanhosa do Espinhaço (Figura 1). Sua área total, segundo a administração do parque, é de 31.733,56 hectares, cujo perímetro é de cerca de 150 km. Está situado dentro de quatro municípios, Jaboticatubas, Santana do Riacho, Morro do Pilar e Itambé do Mato Dentro, ainda fazendo divisa com o município de Itabira (Almeida, 2005).

A área objeto deste trabalho situa-se entre duas serras de direção Norte-Sul (Figura 2), constituídas de quartzitos resistentes (Figura 3) que sofrem menos desgaste com o intemperismo (Silva *et al.*, 2007). O vale formado entre estas (Figuras 2 e 3) evoluiu sobre rochas de menor resistência, cuja constituição é, principalmente, de quartzitos imaturos, mal selecionados, sendo mais facilmente alterados e transportados pelos processos erosivos (Silva *et al.*, 2007).

De leste para oeste, as duas serras são localmente conhecidas como Serra das Bandeirinhas e Serra dos Confins. A depressão entre elas forma um vale fluvial, cuja extensão é de aproximadamente 3 km de largura por 15 km de comprimento (Silva *et al.*, 2007), e cuja rede de drenagem forma o Ribeirão Mascastes, nível de base local.

A rede de drenagem nesta área tem íntima relação com as estruturas formadoras da Serra do Cipó, estando instaladas em grandes lineamentos de falhas de direção N - S, (Ribeirão Mascastes e Córrego das Pedras), e E - W representado pelo Ribeirão Bocaina (Figura 3) (Silva *et al.*, 2007).

O presente trabalho foi realizado na trilha situada entre a sede do parque e o atrativo natural Cachoeira da Farofa - situada em imponente escarpa quartzítica da Serra das Bandeirinhas - denominada por Almeida (2005) de Trilha Farofa (Figuras 2 e 3). A referida trilha está localizada nas coordenadas 19° 22' 26'' a 19° 20' 56'' S e 43° 34' 41' a 43° 37' 07'' W, respectivamente.

A geologia local (Figura 3) é constituída por rochas metassedimentares de idades distintas, cuja disposição na área ocorre, de acordo com Silva *et al.* (2007), da seguinte forma.:

- **Formação Galho do Miguel:** constitui a unidade mais antiga, composta predominantemente por quartzitos puros, homogêneos, recristalizados, às vezes microcristalinos, podendo variar lateralmente para quartzitos micáceos, sericíticos, de granulometria mal selecionada com lentes centimétricas de filito. Devido à tectônica de empurrão houve uma inversão estratigráfica que colocou a Formação Galho do Miguel sobre o Grupo Macaúbas.

- **Grupo Macaúbas:** representado por quartzitos micáceos, imaturos, quartzitos conglomeráticos, quartzitos puros, filitos e diamictitos.

As informações aqui apresentadas consistem na utilização dos dados de penetrometria apurados



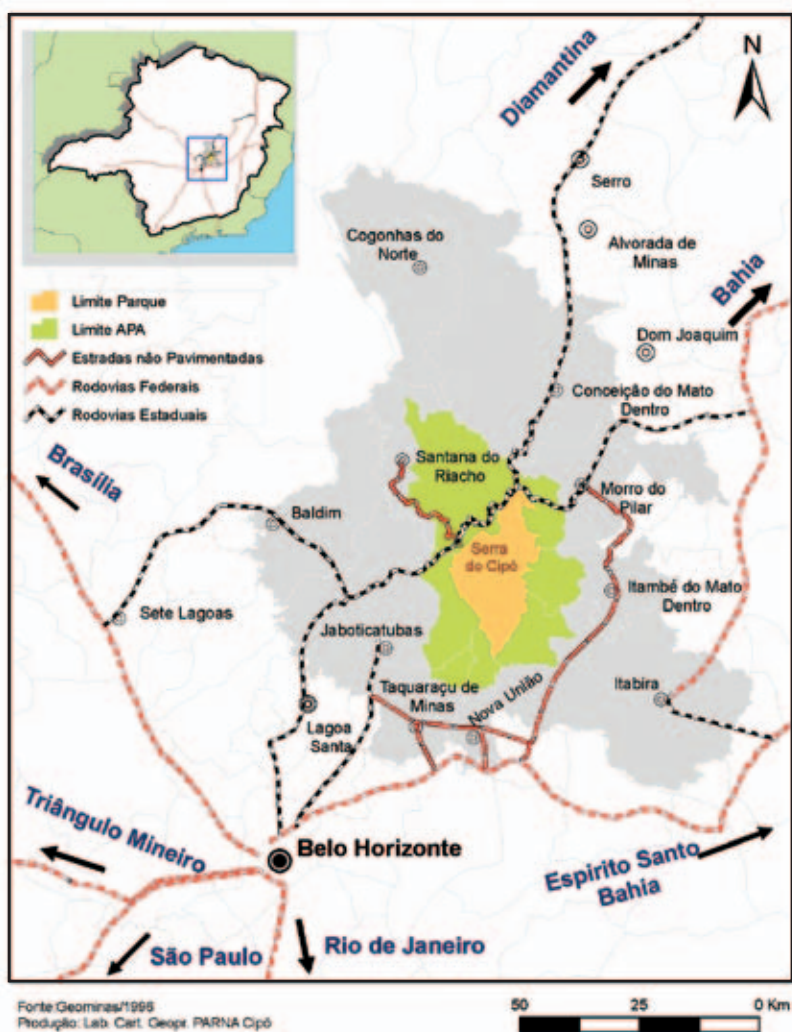


Figura 1 Localização do Parque Nacional da Serra do Cipó.

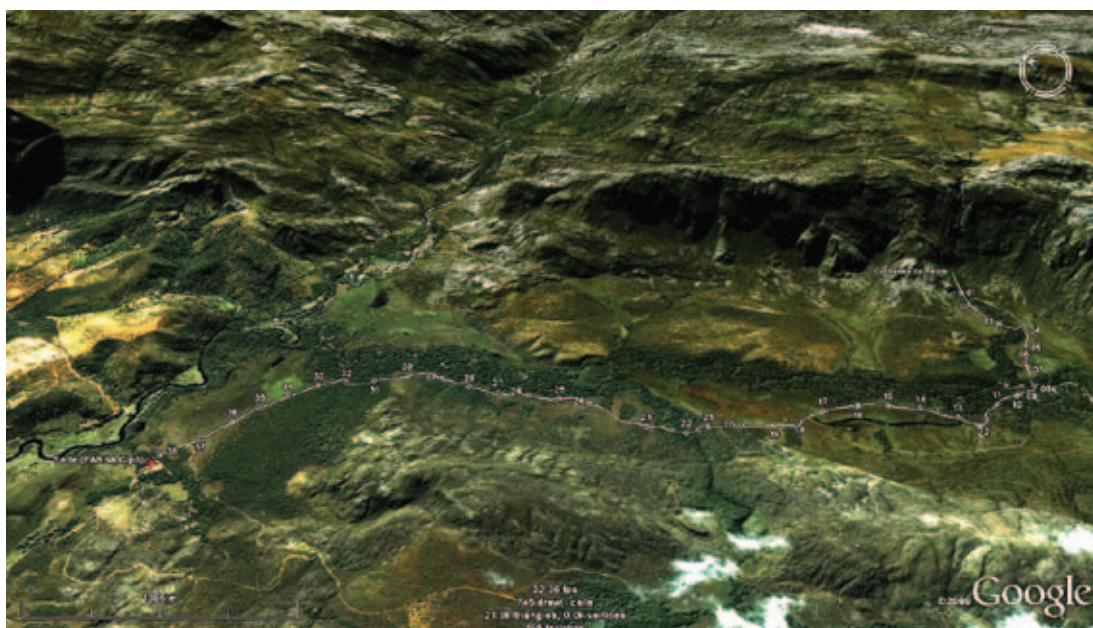


Figura 2 Imagem orbital da área investigada, com a trilha e os 39 pontos de avaliação penetrométrica. Serra dos Confins na parte inferior e Serra das Bandeirinhas na parte superior da imagem. Fonte: Google Earth™.

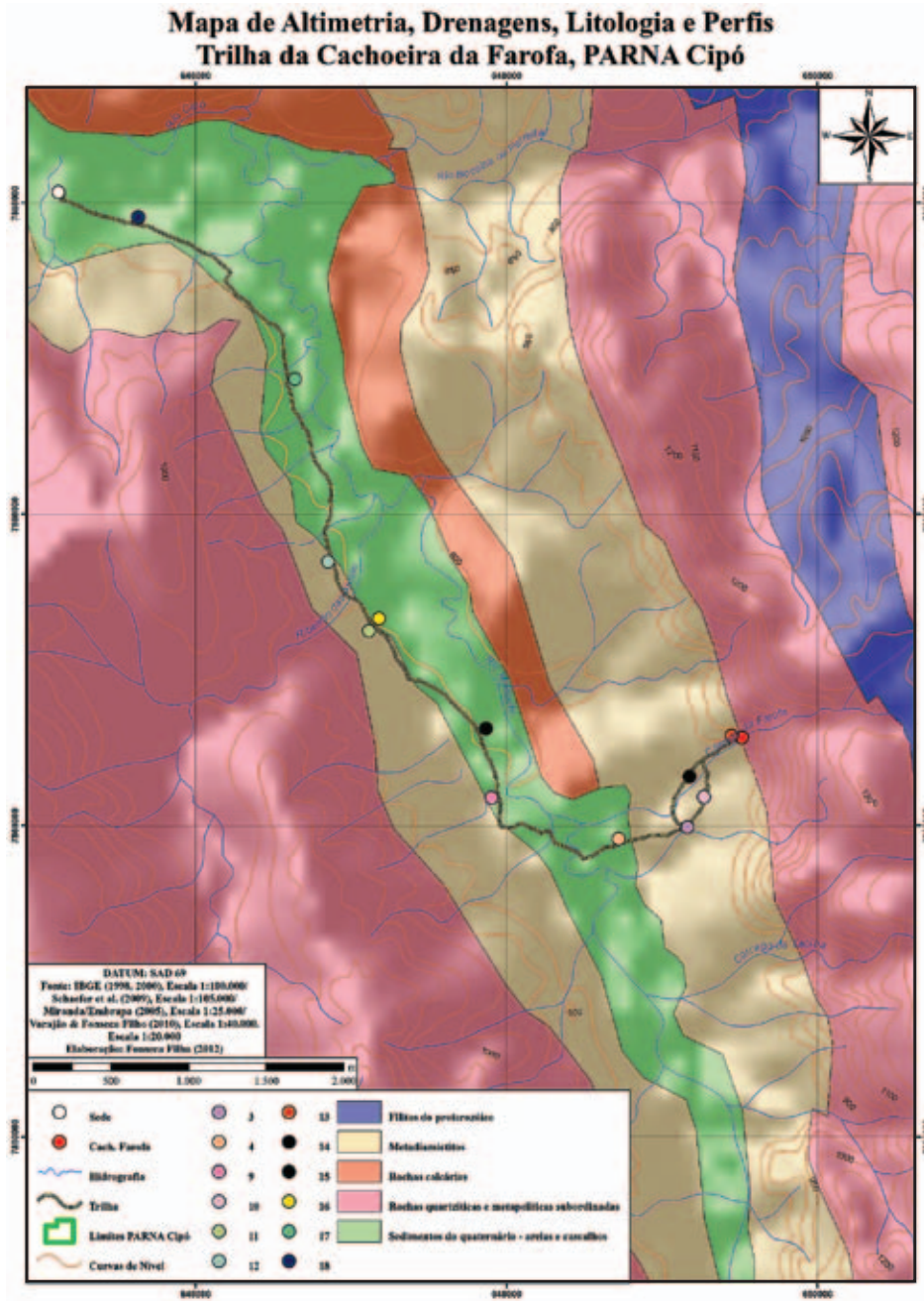


Figura 3 Geologia e hidrografia da área onde se situa a Trilha da Farofa, no Parque Nacional da Serra do Cipó.

por Figueiredo *et al.* (2010), no leito da Trilha da Farofa e fora do leito da trilha, obtidos com uso de penetrômetro de cone com anel dinamométrico. No presente trabalho, foi realizada abertura de trincheiras para descrição dos perfis pedológicos e coleta de amostras na zona onde a trilha atravessa.

A penetrometria foi realizada com uso de um penetrômetro de cone com anel dinamométrico da marca Solotest, com um cone de ângulo de 90° em relação à superfície do terreno, cuja atuação mede a resistência máxima à penetração do cone na

superfície do solo. O equipamento utilizado suporta uma pressão máxima de 1,55 MPa.

Conforme Figueiredo *et al.* (2010), para efetuar as medições, posiciona-se o penetrômetro verticalmente, aplicando pressão manual o mais constante possível, até introduzir totalmente o cone no solo. As medidas são lidas em Kgf (quilograma-força), realizando a leitura no dinamômetro analógico instalado no anel dinamométrico do penetrômetro, e convertidas para a carga aplicada. Essa carga é obtida lendo no gráfico que acompanha o equipamento



(curva de calibração do anel), ou interpolando, a partir da tabela de calibração, a carga máxima de penetração registrada no dinamômetro.

A resistência de penetração ( $q_c$  em Kgf/cm<sup>2</sup>) é obtida dividindo-se a carga de penetração (em Kgf) pela área da base do cone (em cm<sup>2</sup>). Como o diâmetro da base do cone é 28,4 mm, a área da base do cone é 6,33 cm<sup>2</sup> (Figueiredo *et al.*, 2010).

Os perfis de solo foram descritos com base nas orientações preconizadas por Lemos & Santos (1996), consistindo na abertura de trincheiras, cujas profundidades variaram, de acordo com o grau de desenvolvimento do solo.

### 3 Apresentação e Discussão dos Resultados

O principal impacto nos solos em áreas naturais alvo de recreação resulta do pisoteio. Pisoteio (de visitantes e animais) e uso de veículos (bicicletas, motocicletas, automóveis, etc.) causam compactação do solo. Isso aumenta a densidade e resistência à penetração do cone do penetrômetro no solo, provoca mudanças na estrutura do solo e na sua estabilidade, promove perdas na serrapilheira e no conteúdo de húmus, redução nas taxas de infiltração, aumento do escoamento hídrico superficial, e aumento da erosão (Cole & Schreiner, 1981; Marion & Cole, 1996; Hammitt & Cole, 1998; Souza *et al.*, 2008). Além disso, com mudanças nas propriedades físicas, o pisoteio e seu resultado direto, a compactação, podem levar a mudanças na biologia e na química do solo. Os macro e microhabitats do solo e da serrapilheira

alterados resultam em importantes mudanças na composição das espécies da microflora e da fauna do solo (Duffey, 1975).

Comparados aos valores encontrados por Takahashi (1998) onde a resistência média do solo à penetração na superfície da trilha foi de 0,9 MPa, e fora dela de 0,4 MPa, os números encontrados por Figueiredo *et al.* (2010) e aqui utilizados, mostram-se mais elevados, sendo os valores de resistência média do solo à penetração no leito da trilha de 3,7 MPa e nas áreas adjacentes de 1,0 MPa e 0,9 MPa nas margens esquerda e direita respectivamente (Figura 4).

De acordo com Andrade (2003), os efeitos que uma trilha causa no ambiente ocorrem principalmente na superfície da trilha propriamente dita, mas, a área afetada corresponde normalmente a um metro a partir de cada lado. Os resultados encontrados, com base nos trinta e nove pontos avaliados indicam que o leito da trilha é mais danificado do que nas laterais da mesma (Figura 4). Estudos realizados em outras regiões do globo (Liddle, 1975; Marion & Cole, 1996; Sutherland *et al.*, 2001; Meyer, 2004; Marion & Olive, 2006) apontam na mesma direção, sugerindo que, independente do tipo de solo, o trânsito de andarilhos/pedestres, ciclistas, cavalos de montaria, automóveis e demais veículos *off-road*, contribui efetivamente para o aumento dos índices de compactação no leito de trilhas, precipitando o aparecimento de outros distúrbios ambientais, tais como a erosão. A presença da erosão no leito da trilha força os transeuntes a procurarem outros locais adjacentes, configurando a abertura de novo trecho de trilha, am-

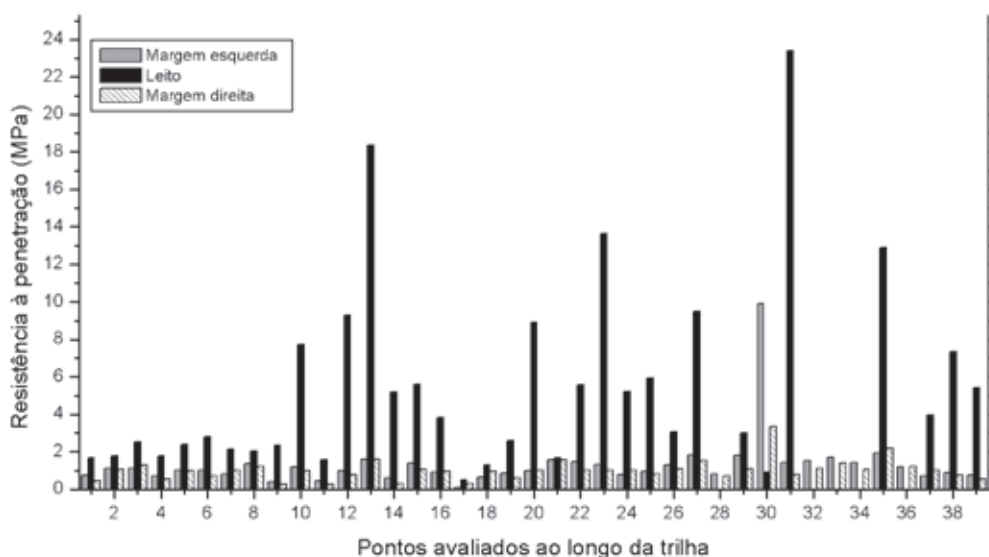


Figura 4  
Variações nos índices de resistência à penetração (penetrometria) como medida de compactação da superfície do solo ao longo da Trilha da Farofa (Figueiredo *et al.*, 2010).

pliando, assim, os efeitos deletérios da compactação do solo relacionados ao trânsito de pessoas, animais e veículos em trilhas de áreas protegidas.

Do ponto 1 ao ponto 9 (sentido Cachoeira da Farofa – sede do parque) não há trânsito de automóveis (do ICMBio e outros automóveis autorizados), onde os resultados de penetrometria apresentaram os menores índices de compactação no leito da trilha, não ultrapassando 3 MPa (Figura 4). A partir do ponto 10, houve um progressivo aumento nos índices, com grandes variações, mas alcançando em alguns pontos mais de 23 MPa (Figura 4). Nos pontos 32, 33, 34 e 36, não houve registro penetrométrico (Figura 4), pois, devido ao alto grau de compactação verificado no leito da trilha naqueles locais, o cone do penetrômetro penetrou menos de 1/3 da sua extensão na superfície do solo, inviabilizando o cálculo penetrométrico, conforme preconizado no manual do equipamento quando acontece tal situação. Sendo assim, isso indica que os índices de compactação nesses pontos de medição devem ultrapassar a barreira dos 24 MPa, limite verificado neste trabalho.

Algumas implicações relacionadas à abertura de trilhas e compactação do solo podem ser verificadas ao longo da Trilha Farofa, relacionadas

à ocorrência de feições erosivas lineares aceleradas (voçorocamentos), resultando em grave degradação em segmentos específicos da mesma (Almeida, 2005; Gualtieri-Pinto, 2008; Gualtieri-Pinto *et al.*, 2008; Duarte, 2009). Isso coloca em risco a integridade física do visitante (Figura 5), obrigando os gestores da unidade de conservação a criarem outro traçado para o segmento afetado, desviando-o do foco erosivo em expansão, mas não tomando medidas de contenção da atividade erosiva.

Os perfis de solo investigados mostraram forte influência da rocha matriz (diamictitos e quartzitos do Grupo Macaúbas), apresentando solos psamíticos com horizontes orgânicos em subsuperfície (Figura 6), devido à migração da matéria orgânica da superfície, fenômeno típico de ambientes espódicos, conjugados com gleização. De acordo com o ICMBio (2009), os solos da área onde situa-se a Trilha da Farofa, está inserida no denominado Geoambiente de Planícies Fluviais com sedimentos indiscriminados (ICMBio, 2009), e corresponde às terras baixas e parcialmente inundáveis que ocorrem em áreas mais baixas, mapeáveis onde possuem expressão cartográfica. São basicamente formadas por planícies de acumulação Quaternária, que retêm a carga detrítica transportada e depositada pelos rios em épocas de cheia, além de terraços soerguidos em rampas



Figura 5 Feição erosiva linear acelerada (voçoroca) localizada em antigo traçado da Trilha Farofa. Observar o avanço remontante do processo erosivo sobre leito da trilha à direita da foto (Duarte, 2009).





Figura 6 Perfis de solo de trincheiras escavadas próximo à trilha, mostrando algumas variações oriundas de diferentes formas de distribuição da matéria orgânica e das condições de alta (perfis superiores) ou baixa saturação hídrica (perfis inferiores). Fotografias: R. E. Fonseca Filho (2011).

suaves, livres de inundações (planície do Ribeirão Mascates, no qual a trilha está quase totalmente inserida (Figura 2). São áreas intensamente afetadas por atividades antrópicas desde o início da colonização da região, pela pressão de pastejo excessiva (ICMBio, 2009).

Os solos associados a esses ambientes são Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Flúvicos (ICMBio, 2009). A vegetação associada é de Campos Graminosos e Matas Ciliares que ocupam as áreas onde os solos são mais profundos (ICMBio, 2009). Apresentam problemas de erosão (Figura 4) e se localizam em áreas intensamente visitadas pelos turistas, sugerindo-se assim, restringir as trilhas a determinados locais fixos e evitar a passagem de veículos (ICMBio, 2009).

#### 4 Considerações Finais

Com a conjugação das informações acima apresentadas, foi possível averiguar que a Trilha da Farofa apresenta fatores que vêm contribuindo para um lento, mas progressivo processo de deterioração ambiental, conforme mostram os geoindicadores utilizados: índices de compactação da superfície do solo na trilha e características pedológicas psamíticas. O traçado da trilha em alguns pontos contribui significativamente para a ocorrência de feições erosivas, cuja progressão alcança o leito da mesma, podendo colocar em risco a integridade física do visitante pedestre, ciclista ou em cavalos de montaria.

A paisagem local é de grande exuberância, culminando numa cachoeira de grande beleza cênica



(Cachoeira da Farofa), que cai de uma escarpa rochosa quartzítica (Quartzitos da Formação Galho do Miguel) também de grande valor geoturístico.

Assim, o presente trabalho mostra que, muito além da valorização e inventariação do patrimônio geológico, as vias de acesso (nesse caso, a trilha) também merecem ser devidamente manejadas, a fim de manterem-se adequadas ao trânsito de visitantes, sua integridade física assegurada, bem como minimizar os impactos da utilização da trilha no meio natural local. Nesse sentido, caracteres pedológicos são geoindicadores da magnitude desses impactos.

## 5 Agradecimentos

Os autores agradecem a Fapemig pelo suporte financeiro e a UFOP, UFSJ e Administração do Parque Nacional da Serra do Cipó-ICMBio, pelo suporte logístico.

## 6 Referências

- Almeida, A. A. 2005. *Diagnóstico Ambiental em Trilhas Ecoturísticas: Estudo de Caso no Parque Nacional da Serra do Cipó, MG*. Curso de Graduação em Geografia e Análise Ambiental, Centro Universitário de Belo Horizonte, Monografia de Graduação, 45p.
- Andrade, W. J. 2003. Implantação e Manejo de Trilhas. In: MITRAUD, S. (Org.). *Manual de Ecoturismo de Base Comunitária: Ferramentas para um Planejamento Responsável*. Seção 2, Capítulo 2.6, WWF-Brasil, p. 247-260.
- Belnap, J. 1998. Choosing Indicators of Natural Resource Condition: A Case Study in Arches National Park, Utah, USA. *Environmental Management*, 22(4): 635-642.
- Berger, A. 2002. Tracking Rapid Geological Change. *Episodes*, 25(3): 154-159.
- Cole, D. N. 1987. Research on Soil and Vegetation in Wilderness: a State-of-Knowledge Review. In: NATIONAL WILDERNESS RESEARCH CONFERENCE: ISSUES, STATE-OF-KNOWLEDGE, FUTURE DIRECTIONS. *Proceedings*, Fort Collins, U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station, General Technical Report INT-220, p.135-177.
- Cole, D. N. & Schreiner, G. S. 1981. Impacts of Backcountry Recreation: Site Management and Rehabilitation – an Annotated Bibliography. General Technical Report INT-121. U. S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, 58p.
- Duarte, I. P. 2009. *Diagnóstico da Atividade Erosiva em Trilhas Ecoturísticas do Parque Nacional da Serra do Cipó, MG*. Curso de Ecologia, Centro Universitário de Belo Horizonte, Monografia de Graduação, 17p.
- Duffey, E. 1975. The Effects of Human Trampling on the Fauna of Grassland Litter. *Biological Conservation*, 7(4): 255-274.
- Figueiredo, M. A.; Brito, I. A.; Santana, W. A. & Rocha, C. T. V. 2010. Compactação do Solo em Trilhas de Unidades de Conservação. *Mercator*, 9(19): 165-174.
- Godwin, I. C. P. 2000. *Physiographic Components of Trail Erosion*. Montana State University, Dissertação de Mestrado, 65p.
- Gualtieri-Pinto, L. 2008. *Ecoturismo em Unidades de Conservação: Perdas de Solo Relacionadas à Utilização Ecoturística da Trilha da Cachoeira do Sobrado, Parque Nacional da Serra do Cipó, MG*. Curso de Geografia e Análise Ambiental, Centro Universitário de Belo Horizonte, Monografia de Graduação, 17p.
- Gualtieri-Pinto, L.; Oliveira, F. F.; Almeida-Andrade, M.; Pedrosa, H. F.; Santana, W. A. & Figueiredo, M. do A. 2008. Atividade Erosiva em Trilhas de Unidades de Conservação: Estudo de Caso no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil. *E-scientia*, 1(1): 25-40.
- Hammitt, W. E. & Cole, D. N. 1998. *Wildland Recreation: Ecology and Management*. 2a. ed. New York, John Wiley & Sons, 361p.
- Higgins, R. D. & Wood, J. 2001. Geoindicators: a Tool for Monitoring the Ecosystem and Understanding the Resources. In: HARMON D. (ed.) *Crossing Boundaries in Park Management, Proceedings*, 11th Conference on Research and Resource Management in Parks and on Public Lands. Hancock, The George Wright Society, p. 239-244.
- ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Diretoria de Unidades de Conservação de Proteção Integral. 2009. Plano de Manejo - Parque Nacional da Serra do Cipó - Área de Proteção Ambiental Morro da Pedreira. Brasília, ICMBio. 4 encartes. 366p.
- Jayakumar, R. & Ke, L. 2007. Geo-indicators in Sustainable Management of Geoparks. [http://www.globalgeopark.org/english/ArticlesPublication/Articles/200702/t20070220\\_754952.htm](http://www.globalgeopark.org/english/ArticlesPublication/Articles/200702/t20070220_754952.htm) (acessado em 25/08/2011).

- Jewell, M. C. & Hammitt, W. E. 2000. Assessing Soil Erosion on Trails: a Comparison of Techniques. In: COLE, D. N.; MCCOOL, S. F.; BORRIE, W. T. & O'LOUGHLIN, J. (eds.). Wilderness Science in a Time of Change Conference — Volume 5: Wilderness Ecosystems, Threats, and Management; 1999 May 23–27; Missoula. *Proceedings RMRS-P-15-VOL-5*. Ogden, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, p.133 -140.
- Lemos, R. C. & Santos, R. D. 1996. *Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo*. 3. ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 84p.
- Liddle, M. J. 1975. A Selective Review of the Ecological Effects of Human Trampling on Natural Ecosystems. *Biological Conservation*, 7(1): 17-39.
- Marion, J. L. & Olive, N. 2006. *Assessing and Understanding Trail Degradation: Results from Big South Fork National River and Recreational Area*. Final Research Report. U. S. Dept. of the Interior, U. S. Geological Survey, National Park Service, Patuxent Wildlife Research Center, Virginia Tech Field Unit, Blacksburg, 80p.
- Marion, J.L. & Cole, D.N. 1996. Spatial and Temporal Variation in Soil and Vegetation Impacts on Campsites. *Ecological Applications*, 6(2): 520-530.
- Meyer, K. J. 2004. *An Evaluation of Methods for Estimating Ground Cover and Soil Compaction as Visitor Impact Indicators*. Graduate Faculty, North Carolina State University, Dissertação de Mestrado, 81p.
- Nepal, S. K. & Nepal, S. A. 2004. Visitor Impacts on Trails in the Sagarmatha (Mt. Everest) National Park, Nepal. *Ambio*, 33(6): 334-340.
- Salvati, S. S. 2003a. Trilhas: Conceitos, Técnicas de Implantação e Impactos. <http://sites.uol.com.br/ecosfera/trilhas.htm> (acessado em 15/08/2011).
- Salvati, S. S. 2003b. Planejamento do Ecoturismo. In: MITRAUD, S. (Org.). *Manual de Ecoturismo de Base Comunitária: Ferramentas para um Planejamento Responsável*. Seção 1, Capítulo 1.1. WWF-Brasil, p. 33-88.
- Silva, G. L.; Freitas, M. A. & Silveira, V. D. 2007. *Geologia da Região Centro-Oeste do Parque Nacional da Serra do Cipó, MG - Municípios de Jaboticatubas e Santana do Riacho*. Curso de Graduação em Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Trabalho Geológico de Graduação, 46p.
- Souza, A. O.; Figueiredo, M. A.; Oliveira, F. F.; Andrade, M. A. 2008. Pisoteio Experimental na Vegetação de Borda de uma Trilha do Parque Nacional da Serra do Cipó - Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE ÁREAS PROTEGIDAS, 4, Canela, 2008, *Anais*. Canela: ONG Mamíferos/LMCA-UERGS/UCS, p.309-321. 1 CD.
- Sutherland, R. A.; Bussen, J. O.; Plondke, D. L.; Evans, B. M. & Ziegler, A. D. 2001. Hydrophysical Degradation Associated with Hiking-Trail Use: a Case Study of Hawai'i Ridge Trail, O'ahu, Hawai'i. *Land Degradation & Development*, 12: 71-86.
- Takahashi, L. 1998. *Caracterização dos Visitantes, suas Preferências e Percepções e Avaliação dos Impactos da Visitação Pública em duas Unidades de Conservação do Estado do Paraná*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Tese de Doutorado, 129p.
- Thornes, J. B. 1985. The Ecology of Erosion. *Geography*, 70: 222-235.