

COMPACTAÇÃO DO SOLO EM TRILHAS DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

Prof. Dr. Múcio do Amaral Figueiredo
Depto. Geografia da Universidade Federal de São João del-Rei - UFSJ
Av. Visconde do Rio Preto, s/n. CEP 36301-360, São João del-Rei (MG) Brasil
Tel: (55 32) 3373 3974 - mucio.figueiredo@gmail.com

Ícaro de Assis Brito
icaro.a.brito@gmail.com

Wellington Aguiar de Santana
juninhodesantana@yahoo.com.br

Prof^ª. Dr^ª. Cinthia Tamara Vieira Rocha
cinthiauni@yahoo.com.br

RESUMO

A compactação do solo é um principais impactos relacionados à abertura e utilização de trilhas. A diminuição do tamanho dos poros do solo pode desencadear outros impactos, tendo o leito da trilha e suas imediações como cenário. O presente trabalho procura mostrar a diferença entre os índices de compactação verificados dentro e fora de uma trilha situada no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. A trilha investigada é a mais utilizada para a prática de atividades ecoturísticas e recreacionais.

Palavras-chave: Compactação do solo; trilhas; unidades de conservação

ABSTRACT

Soil compaction is an important factor related to opening and running trails. The decrease in the size of the soil pores can trigger other impacts, and the trail bed and its surroundings as a country. This paper aims to show the difference between the rates of compaction checked in and out of a trail located in the Serra do Cipó National Park, Minas Gerais State. The trail is the most investigated used for the practice of ecotourism and recreational activities.

Key words: Soil compaction, trails, conservation units

RESUMEN

La compactación del suelo es un factor importante relacionado con la apertura y funcionamiento de senderos. La disminución en el tamaño de los poros del suelo pueden provocar otros impactos, y el lecho de la pista y su entorno como telón de fondo. Este documento pretende mostrar la diferencia entre las tasas de compresión entró y salió de un sendero ubicada en el Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. El sendero es el más investigado utilizado para la práctica del ecoturismo y las actividades recreativas.

Palabras-clave: Compactación del suelo, senderos, unidades de conservación

INTRODUÇÃO

A humanidade tem entronizado cada vez mais no seu dia-a-dia, a conscientização e atitudes ecológicas. Como grande parte da população mundial vive atualmente em espaços urbanos, a carência por áreas verdes, aliada à conscientização cada vez maior dos valores ecológicos, tem levado um crescente contingente de pessoas a buscar um contato mais estreito com a natureza. Seja para lazer, prática de esportes ou simples contemplação, a visitação pública em áreas protegidas vem aumentando continuamente. Isso é um fator positivo. No entanto, o aumento do contingente de pessoas nas áreas silvestres deveria ser acompanhado de planejamento de gerenciamento, principalmente quando se trata de áreas protegidas, também conhecidas tecnicamente por unidades de conservação.

O trânsito de pessoas nessas áreas se dá, em sua maioria, através de trilhas existentes para esse fim. No entanto, assim como as trilhas servem como elo entre as pessoas e a natureza, servem também como vetores de propagação de diversos desequilíbrios ambientais, tais como introdução

e propagação de espécies vegetais exóticas, pisoteio na vegetação, exposição, compactação e erosão do solo (LIDDLE, 1975). A compactação tem desdobramentos, pois afeta o desenvolvimento de raízes vegetais, interfere nas taxas de infiltração hídrica, além de favorecer processos erosivos (HAMMITT & COLE, 1998). Quando tais fenômenos se intensificam, passam a ser um sério problema gerencial para os administradores das unidades de Conservação (UC's)

Unidade de conservação é o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, aos quais se aplicam garantias adequadas de proteção (MEDAUAR, 2007).

Há dois grupos de unidades de conservação integrantes do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC): Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável. O primeiro tem por princípio manter os ecossistemas livres de alterações causadas por interferência humana, admitindo apenas o uso indireto de seus atributos naturais. Entende-se por uso indireto as atividades que fazem uso da natureza sem, no entanto, causar alteração significativa dos atributos naturais, como pesquisas científicas com base em informações e outros métodos não destrutivos ou, ainda, a visitação pública controlada com propósitos educativos e de lazer. As Estações Ecológicas, as Reservas Ecológicas, os Parques Nacionais, os Monumentos Naturais e os Refúgios de Vida Silvestre compõem esse grupo, o qual traduz as intenções de preservação dos recursos naturais (CABRAL & SOUZA, 2005).

O segundo grupo, Unidades de Uso Sustentável, tem por princípio o uso dos recursos naturais renováveis em quantidades ou com intensidade compatível a sua capacidade de renovação. As Reservas Extrativistas, as Áreas de Proteção Ambiental, as Áreas de Relevante Interesse Ecológico, as Florestas Nacionais, as Reservas de Fauna, as Reservas de Desenvolvimento Sustentável e as Reservas Particulares do Patrimônio Natural compõem esse grupo (CABRAL & SOUZA, 2005).

Os Parques Nacionais (Parnas) estão inseridos na Categoria I da classe de uso indireto dos recursos. O objetivo de uma área desta categoria é visar à proteção de áreas naturais e cênicas de significado nacional ou internacional para uso científico, educacional e recreacional e o de perpetuar, em estado natural, mostras representativas de regiões fisiográficas, comunidades bióticas, recursos genéticos e espécies em perigo de extinção, para prover uma estabilidade e diversidade ecológica (BRUCK et. al., 1995).

Com base nesta definição, algumas atividades como caminhada, observação de aves, camping e natação, entre várias, são providas nos parques nacionais brasileiros. A localização das áreas para o desenvolvimento dessas atividades localiza-se, geralmente, em sítios de grande valor cênico. Pode ocorrer que os pontos de maior qualidade visual coincidam com os ecossistemas mais frágeis, neste caso, provavelmente os recursos naturais podem ser danificados (MAGRO, 1999).

Tais atividades estão relacionadas à prática de esportes, ao turismo ecológico e à prática de recreação. Essa última corresponde à visitação de áreas silvestres, em busca do contato com a natureza, cujo destino geralmente são atrativos naturais (cachoeiras, rios, mirantes, etc.), alcançados através do percurso de trilhas. Assim, tais percursos (as trilhas) têm sido cada vez mais utilizados, pois nas últimas décadas tem havido um crescente contingente de pessoas buscando a prática e o contato com o meio natural (COLE, 1993; COLE & LANDRES, 1995; HAMMITT & COLE, 1998).

Provavelmente, as mais antigas trilhas surgiram como consequência direta dos movimentos migratórios dos grandes mamíferos, principalmente herbívoros, fugindo do inverno rigoroso. O ser humano começou a utilizar e/ou estabelecer trilhas para vários fins, desde a simples procura de alimento (trilhas para caça) e água, até peregrinações religiosas, viagens comerciais e ações militares. A principal função das trilhas sempre foi suprir a necessidade de deslocamento. No entanto, pode-se verificar que ao longo dos anos houve uma alteração de valores em relação às trilhas. De simples meio de deslocamento, as trilhas surgem como novo meio de contato com a natureza. A caminhada incorpora um novo sentido, passa a ter um sentido em si própria e recebe um grande número de adeptos (ANDRADE, 2003).

Segundo Andrade (2003), quando as trilhas atravessam ou estão circunscritas às unidades de conservação, passam normalmente por ambientes naturais muitas vezes frágeis ou carentes de proteção. Os impactos ecológicos mais sérios são aqueles que afetam grandes áreas, são longos e duradouros ou que afetam atributos raros do ecossistema. Na avaliação da importância de qualquer impacto recreativo, é preciso entender o atributo que está sendo impactado, bem como as características da perturbação. A raridade e a não substituição do atributo deve ser considerada. Também é necessário saber se a perturbação da função, estrutura, composição e dinâmica do ecossistema é grande ou pequena, caso a interferência seja passageira ou essencialmente permanente (HAMMITT & COLE, 1998).

Há dois fatores principais de alteração do solo decorrentes da utilização de trilhas: compactação e erosão (COLE & LANDRES, 1995; HAMMITT & COLE, 1998). A compactação do solo é definida como diminuição do volume do solo ocasionado por compressão, causando um rearranjo mais denso das partículas do solo e conseqüente redução da porosidade (CURI, 1993).

O horizonte orgânico aumenta a capacidade de absorção de água do solo, diminui o escoamento superficial e protege os horizontes minerais abaixo dele, os quais são mais vulneráveis à compactação e ao efeito erosivo da chuva. Um horizonte orgânico é geralmente menos vulnerável que um horizonte mineral, porém se a matéria orgânica for pulverizada ou removida pelo pisoteio, ele também será erodido e o horizonte mineral ficará exposto (COLE, 1993).

A espessura da camada orgânica reduz os efeitos das forças compactadoras e fornece material orgânico para incorporação no solo mineral, portanto reduzindo seu potencial de compactação. Devido ao uso intenso, a taxa de perda do horizonte orgânico pode exceder a deposição anual, havendo exposição de solo, porém estes impactos podem ser minimizados através de um planejamento do uso recreativo nas trilhas (VASHCHENKO, 2006).

As propriedades do solo local, principalmente, definem a sua vulnerabilidade à recreação, sendo que na maioria dos casos, o nível de vulnerabilidade é baixo quando a textura, a matéria orgânica, a umidade e a fertilidade são médias (COLE, 1993; HAMMITT & COLE, 1998).

A perda da porosidade total está associada à redução do teor de matéria orgânica e ao efeito do impacto das gotas da chuva, diminuindo conseqüentemente a permeabilidade. Um solo pouco permeável ou com baixa capacidade de infiltração de água e sem vegetação propicia o aumento do escoamento superficial da água das chuvas, o que causa a erosão. A ocorrência de impactos em áreas naturais é conseqüência do uso, seja ele realizado com objetivos educacionais ou recreativos. Todos os visitantes, inclusive os mais conscientes, deixam pegadas (VASHCHENKO, 2006).

No contexto recreacional, os impactos podem ser bons ou ruins, importantes ou insignificantes, somente quando o homem fizer julgamentos de valor sobre eles. Esses julgamentos são determinados, principalmente, pelo tipo de gerenciamento que uma área de uso recreacional pode oferecer de acordo com os objetivos dos grupos de usuários e os objetivos dos administradores do parque (HAMMITT & COLE, 1998).

As observações e medições dos efeitos do pisoteio, junto com a simulação experimental do tipo de impacto, realizado através das pesquisas científicas, confirmaram que as áreas sujeitas ao uso recreacional eventualmente mostram sinais de deterioração dos seus recursos (HAMMITT & COLE, 1998). Estes efeitos, segundo os autores incluíam: a redução da biomassa das plantas e a cobertura do solo; uma diminuição na densidade de ervas, arbustos e plântulas; a substituição de espécies menos tolerantes por aquelas mais tolerantes ao impacto do pisoteio; e mudanças associadas ao solo que são freqüentemente menos óbvias, mas não menos importantes, uma vez que ao longo do tempo eles podem conduzir a um declínio no vigor das plantas e a uma redução na biomassa da fauna do solo. Estas mudanças estariam relacionadas à compactação do solo, redução no conteúdo da matéria orgânica, diminuição na taxa de infiltração de água e aumento no escoamento superficial (MAGRO, 1999).

Este trabalho pretende demonstrar se há variações nos índices de compactação (penetrometria) dentro e fora do leito da trilha investigada, discutindo o papel das formas de uso da trilha (incluindo atividades ecoturísticas e recreacionais) como agentes de eventuais modificações na estrutura física superficial do solo e seus prováveis efeitos no ambiente adjacente.

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 (Fig. 1). Sua área total, segundo o IBAMA é de 31.733,56 hectares com perímetro com 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).

O parque situa-se a 100 km de Belo Horizonte e o acesso se dá pela rodovia MG-010. Essa está localizada, inicialmente, na porção norte da capital, passando pelos municípios de Vespasiano, Lagoa Santa e Jaboticatubas até o km 94, adentro-se numa estrada não pavimentada à direita da rodovia, sentido Belo Horizonte – Serra do Cipó, com percurso de aproximadamente 3 km até a sede do parque (ALMEIDA, 2005).

O trabalho foi realizado na trilha que leva ao atrativo natural Cachoeira da Farofa, denominada por Almeida (2005) de Trilha Farofa, e está localizada nas coordenadas 19° 22' 26" a 19° 20' 56" S e 43° 34' 41" a 43° 37' 07" W, respectivamente (Fig. 1).

A serra do Espinhaço caracteriza-se como um divisor de águas situado entre as bacias do rio São Francisco e do rio Doce. A primeira encontra-se na porção oeste das serras onde são caracterizadas pela linearidade das escarpas e a presença de quartzitos, a drenagem desta região está relacionada à bacia do rio São Francisco. Na porção leste a Serra perde a característica da linearidade de escarpas contínuas para descontínuas. A drenagem desta porção é caracterizada pelo rio Santo Antônio, afluente da margem esquerda do rio Doce (ALMEIDA, 2005).

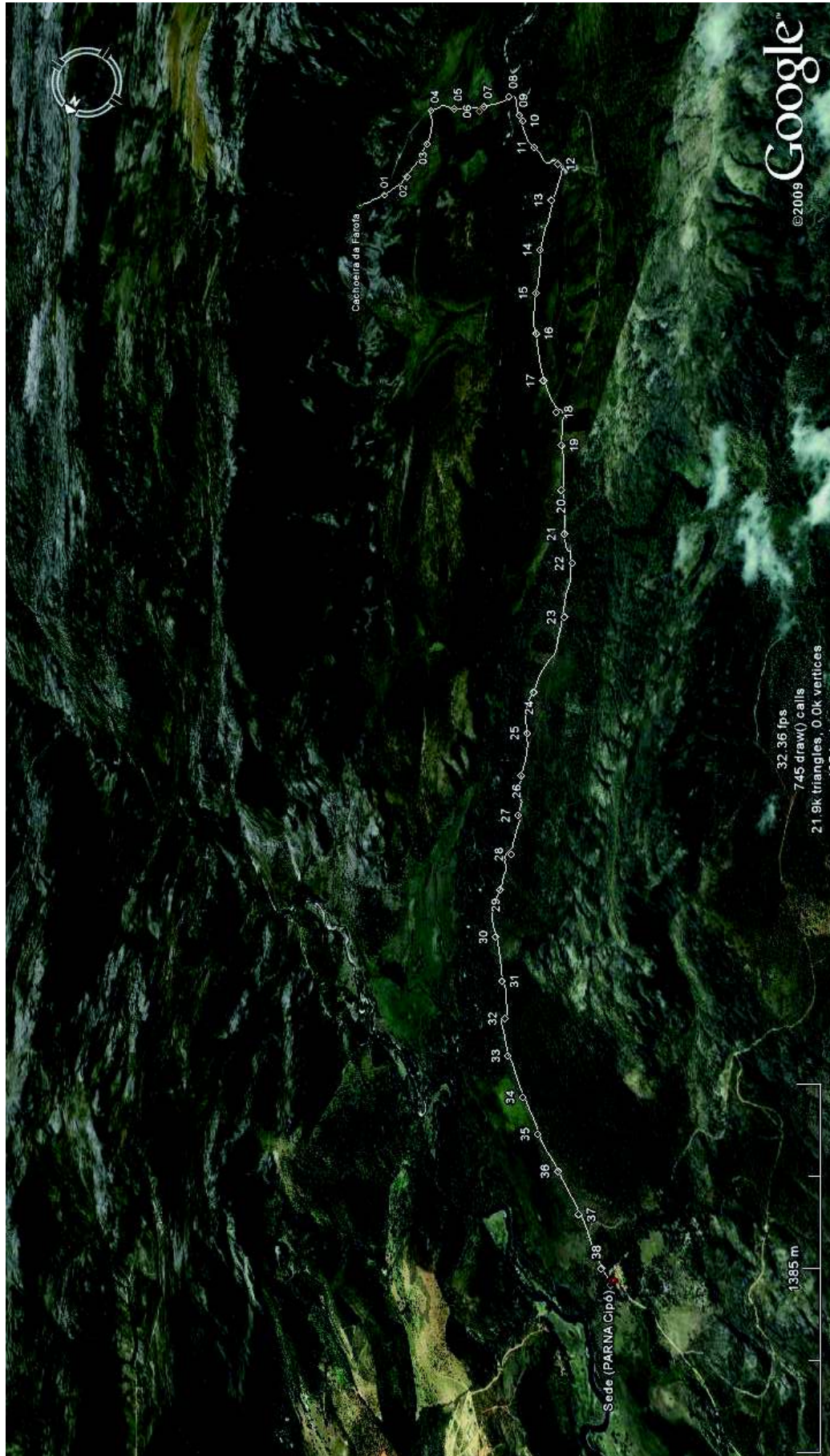
O PARNA da Serra do Cipó e os distritos mais próximos carecem dos instrumentos necessários para o monitoramento de dados básicos de climatologia e meteorologia. Os dados disponíveis são obtidos nas estações climatológicas de Conceição do Mato Dentro e de Lagoa Santa, do qual são distantes da UC, aproximadamente 30 km e 40 km. Deve-se considerar que diversos aspectos climáticos variam em consequência do relevo bastante escarpado ao longo de um gradiente altimétrico de 800 a 1670 metros. Em consequência disto os efeitos orográficos são predominantes na área em estudo, ocasionando maiores ocorrências de chuvas nas vertentes da serra (ALMEIDA, 2005).

O clima da Serra do Cipó é do tipo tropical de altitude com verões frescos do tipo Cwb (classificação de Köppen) e estação seca bem pronunciada. Enquadra-se no tipo sub-tropical moderado úmido, que, devido à estação seca bem marcada, apresenta um déficit hídrico anual que pode chegar a 60 mm. As temperaturas médias anuais oscilam entre 17 e 18,5 °C e as precipitações pluviométricas médias entre 1.450 e 1.800 mm, provocando uma evapotranspiração potencial anual de 700 a 850 mm. Dados meteorológicos obtidos na estação de Conceição do Mato Dentro indicam uma temperatura média anual de 20,8°C e precipitação média anual de 1.622 mm (ALMEIDA, 2005).

A vegetação ocorrente no Parna da Serra do Cipó é bastante diversificada e transita por diversas biocenoses, principalmente do cerrado. Dos tipos de vegetação encontrada no parque destacam-se os campos rupestres, que recobrem as regiões de maior altitude (1000 a 1600 m), principais responsáveis pela excepcional riqueza de espécies (mais de 1800 espécies já descritas na região) e pelo elevado grau de endemismo (IBAMA, 2004).

No cerradão ocorrem em áreas bem drenadas de solos profundos, existem árvores que atingem até 15 metros de altura. O cerradão é caracterizado pela presença de árvores retorcidas e tortuosas de raízes profundas para adaptação ao período seco. A mata ciliar desenvolve-se ao longo de cursos

Figura 1 – Imagem orbital da área investigada contendo 27 dos 39 pontos avaliados. Fonte: Google Earth™.



d'água, as árvores são mais altas que as do cerrado e cerrado, em média atingem 30 metros de altura. Os troncos são finos e eretos, as folhas são coriáceas, de cor verde. A região de mata ciliar possui a maior diversidade do cerrado, a umidade da floresta permite o desenvolvimento de espécies vegetais que utilizam outras para sua sustentação (IBAMA, 2004).

A penetrometria do solo foi realizada dentro e fora das trilhas Sede e Farofa, conforme designação dada por Almeida (2005). Ao longo das trilhas foram selecionados pontos amostrais a cada 200 m, totalizando 35 pontos. Os pontos situados fora das trilhas foram demarcados a 1 m a partir da sua borda, nos pontos de monitoramento, de cada lado da trilha. Em cada ponto realizou-se medições no leito da trilha (área impactada) e nas margens esquerda e direita (zonas de controle), sendo feitas três repetições de penetrometria para cada área. As medidas encontradas foram resumidas a apenas um resultado através de média aritmética, para cada um desses locais (Fig. 1).

A medida de resistência à penetração foi efetuada com a ajuda 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.

Para efetuar as medições, posiciona-se o penetrômetro verticalmente, aplicando pressão manual o mais constante possível, até introduzir totalmente o cone no solo (Fig. 2). As medidas foram lidas em Kgf (quilograma-força), realizando a leitura no dinamômetro analógico instalado no anel dinamométrico do penetrômetro, e convertendo-as 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.



Figura 2 – Utilização do penetrômetro de cone com anel dinamométrico
R. C. Takeuchi (2009)

A resistência de penetração (q_c em Kgf/cm²) foi obtida dividindo-se a carga de penetração (em Kgf) pela área da base do cone (em cm²). Como o diâmetro da base do cone é 28,4 mm, a área da base do cone é 6,33 cm².

RESULTADOS E DISCUSSÃO

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 neste estudo 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 (Fig. 3).

Magro (1999) obteve em seu trabalho, utilizando um penetrômetro de bolso, uma resistência média de 4,5 MPa no leito da trilha e de 3,0 nas margens afirmando em seu trabalho que ...

... A compactação do solo no leito da trilha não mostrou relação com nenhum dos parâmetros avaliados. No entanto, os dados de resistência à penetração obtidos na parte externa da trilha mostraram correlação com a largura do solo exposto, com o número de fatores depreciativos e com o índice de erodibilidade do transecto analisado” (MAGRO, 1999, p.68).

No entanto, há de ser considerada a diferença existente entre os resultados obtidos com penetrômetros de bolso e os obtidos com os de cone com anel dinamométrico. Em um dos raros trabalhos encontrados comparando a utilização dos dois tipos de penetrômetros para averiguar impactos da compactação de solos em trilhas, Meyer (2004) demonstra haver diferenciação nos dados obtidos. Entretanto, a referida autora chama a atenção para o fato de que a utilização de um ou de outro modelo de penetrômetro não induz a erros, mas que a escolha deve ser única, ou seja, sem alternância de equipamento num mesmo trabalho (MEYER, 2004).

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 (Fig. 3). Estudos realizados em outras regiões do globo (LIDDLE, 1975; MARION &

COLE, 1996; HAMMITT & COLE, 1998; 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, ampliando, assim, os efeitos deletérios da compactação do solo relacionados ao trânsito de pessoas, animais e veículos em trilhas de áreas protegidas.

Do ponto 01 ao ponto 09 não há trânsito de automóveis (do ICMBio e outros automóveis autorizados), onde os resultados de penetrometria apresentam os menores índices de compactação no leito da trilha, não ultrapassando 03 MPa (Fig. 3). A partir do ponto 10, há um progressivo aumento nos índices, com grandes variações, mas alcançando em alguns pontos mais de 23 MPa (Fig. 3). Nos pontos 32, 33 34 e 36, não houve registro penetrométrico (Fig. 3), 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 preconiza o 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.

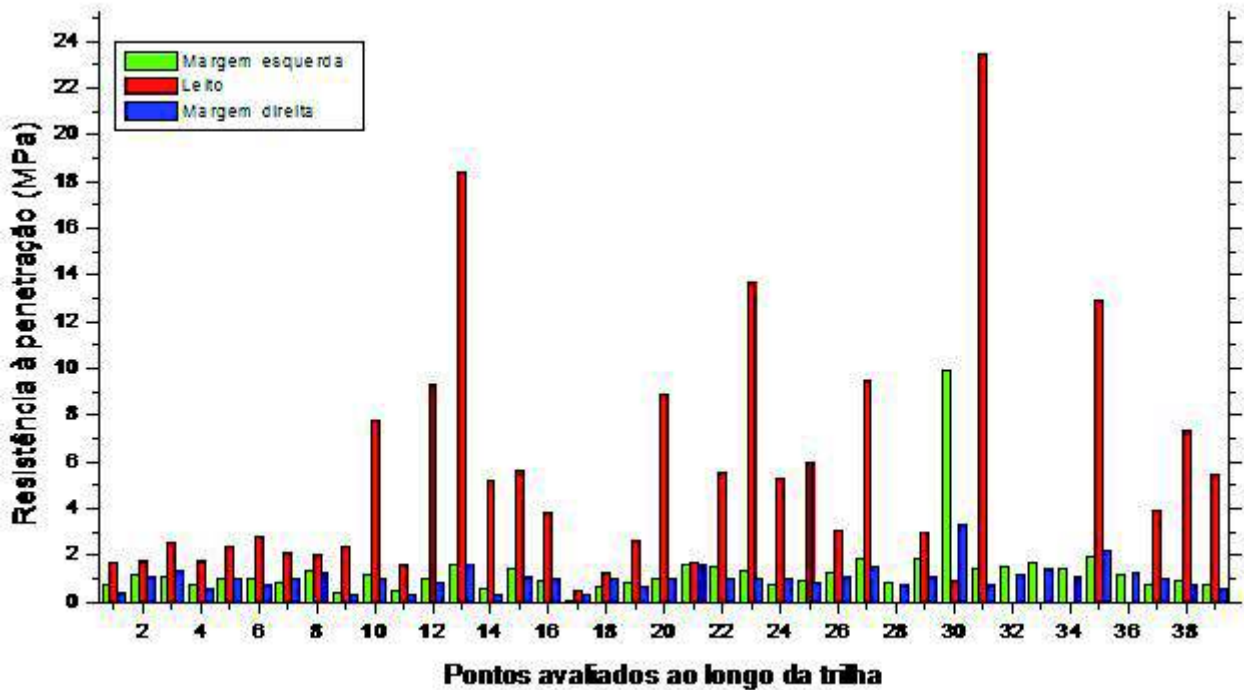


Figura 3 – Variações nos índices de resistência à penetração (penetrometria) ao longo da Trilha da Farofa.

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 (Fig. 4), obrigando os gestores da unidade de conservação a criarem outro traçado para o segmento afetado, desviando-o do problema erosivo.



Figura 4 - Voçorocamento localizado num antigo traçado da Trilha Farofa. Observar o avanço do processo erosivo sobre leito da trilha à direita da foto (DUARTE, 2009).

O relacionamento entre a questão traçado e declividade da trilha, estabelecido por diversos autores como um dos fatores primordiais à sua segurança e sustentabilidade ao longo do tempo (HAMMITT & COLE, 1998; LECHNER, 2006; MARION & OLIVE, 2006), não é muito evidenciado na trilha investigada neste trabalho, devido à baixa declividade e à pequena variação altimétrica, verificada por Almeida (2005), ao longo do traçado de 6 km de extensão da conjunção das Trilhas Sede e Farofa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível perceber os elevados índices de compactação do solo através dos números apresentados, principalmente no leito da trilha, quando comparados com as áreas laterais, paralelas ao leito. Isso pode estar relacionado com as formas de uso da trilha, com trânsito predominante de cavalos de montaria, ciclistas e pedestres/andarilhos, além do trânsito de veículos automotores utilizados na manutenção e fiscalização da unidade de conservação, bem como de outros veículos autorizados pela administração do parque. Nenhum segmento das trilhas analisadas é destinado exclusivamente aos pedestres/andarilhos. É necessário que outros levantamentos assim como o acompanhamento regular destes índices sejam realizados, afim de entender melhor os processos causados pela compactação do solo, bem como seus desdobramentos ambientais. Sabe-se que a compactação do solo tem diversas implicações e merecem ser correlacionadas em estudos mais amplos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fapemig pelo suporte financeiro, o Uni-BH pelo suporte financeiro e logístico, e a administração do Parna Serra do Cipó/ICM-Bio, pelo suporte logístico.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ALMEIDA, A. A. **Diagnóstico ambiental em trilhas ecoturísticas: estudo de caso no Parque Nacional da Serra do Cipó, MG**. 2005. 45f. Monografia (Graduação) - Departamento de Ciências Biológicas, Ambientais e da Saúde, Centro Universitário de Belo Horizonte. Belo Horizonte, 2005.
- ANDRADE, W. J. Implantação e manejo de trilhas. In: MITRAUD, S. (Ed.) **Manual de ecoturismo de base comunitária: ferramentas para um planejamento responsável**. Brasília: WWF. p.247- 259. 2003.
- BRUCK, E. C.; FREIRE, A. M. V.; LIMA, M. F. **Unidades de conservação no Brasil. Cadastramento e vegetação 1991-1994**. Brasília: Inst. Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 1995.
- CABRAL, N. R. A. J.; SOUZA, M. P. **Área de Proteção Ambiental: planejamento e gestão de paisagens protegidas**. 2 ed. São Carlos: RiMa, 2005. 158p.
- COLE, D. N. Minimizing conflict between recreation and nature. In: SMITH D.S.; HELLMUND, P.C. (Eds). **Ecology of greenways: design and function of linear conservation areas**. Minneapolis: University of Minnesota Press. p.105-122. 1993.
- COLE, D. N. & SCHREINER, G. S. **Impacts os 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. 1981.
- COLE, D. N.; LANDRES, P. B. Indirect effects of recreation on wildlife. In: KNIGHT, R. L.; GUTZWILLER, K. J. (Eds). **Wildlife and recreationists: coexistence through management and research**. Washington: Island Press. p.183-202. 1995.
- CURI, N. **Vocabulário de Ciência do Solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do solo. 1993. 89p.
- DUARTE, I. P. **Diagnóstico da atividade erosiva em trilhas ecoturísticas do Parque Nacional da Serra do Cipó, MG**. 17f. Monografia (Graduação) - Departamento de Ciências Biológicas, Ambientais e da Saúde, Centro Universitário de Belo Horizonte. Belo Horizonte, 2009.

- DUFFEY, E. The effects of human trampling on the fauna of grassland litter. **Biological Conservation**. 7(4): 255-274. 1975.
- GUALTIERI-PINTO, L. **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**. 17f. Monografia (Graduação) - Departamento de Ciências Biológicas, Ambientais e da Saúde, Centro Universitário de Belo Horizonte. Belo Horizonte, 2008.
- GUALTIERI-PINTO, L.; OLIVEIRA, F. F.; ALMEIDA-ANDRADE, M.; PEDROSA, H. F.; SANTANA, W. A.; FIGUEIREDO, M. do A. Atividade Erosiva em Trilhas de Unidades de Conservação: Estudo de Caso no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil. **E-scientia**, v.1, n.1, p. 1-16. 2008.
- HAMMITT, W. E.; COLE, D. N. **Wildland recreation: ecology and management**. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, 1998. 361 p.
- IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). **Unidade: Parque Nacional da Serra do Cipó**. 2004. Disponível: <http://www.ibama.gov.br/siucweb/mostraUc.php?seqUc=3>. Acesso em 09 nov 2009.
- LECHNER, L. Planejamento, implantação e manejo de trilhas em unidades de conservação. **Cadernos de Conservação**. 3: 1-123. 2006.
- LIDDLE, M. J. A selective review of the ecological effects of human trampling on natural ecosystems. **Biological Conservation**. 7(1): 17-39. 1975.
- MAGRO, T. C. **Impactos do uso público em uma trilha no planalto do Parque Nacional do Itatiaia**. 1999. 151f. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1999.
- MARION, J. L. & COLE, D.N. Spatial and temporal variation in soil and vegetation impacts on campsites. **Ecological Applications**. 6(2): 520-530. 1996.
- MARION, J. L. & OLIVE, N. **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. 2006.
- MEDAUAR, O. **Coletânea de Legislação Ambiental e Constituição Federal**. 6. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2007. 1103 p.
- MEYER, K. J. **An evaluation of methods for estimating ground cover and soil compaction as visitor impact indicators**. 2004. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Graduate Faculty, North Carolina State University. Raleigh, 2004.
- SOUZA, A. O.; FIGUEIREDO, M. do A.; OLIVEIRA, F. F.; ANDRADE, M. A. Pisoteio experimental na vegetação de borda de uma trilha do Parque Nacional da Serra do Cipó - Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE ÁREAS PROTEGIDAS, 4., 2008, Canela, **Anais...** Canela: ONG Mamíferos/LMCA-UERGS/UCS, 2008. p.309-321. 1 CD.
- SUTHERLAND, R. A., BUSSEN, J. O., PLONDKE, D. L., EVANS, B. M., & ZIEGLER, A. D. Hydrophysical degradation associated with hiking-trail use: a case study of Hawai'iloa Ridge Trail, O'ahu, Hawai'i. **Land Degradation & Development**. 12: 71-86. 2001.
- TAKAHASHI, L. **Caracterização dos visitantes, suas preferências e percepções e avaliação dos impactos da visitação pública em duas unidades de conservação do estado do Paraná**. 1998. 129f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1998.
- VASHCHENKO, Y. **Caracterização da trilha e o impacto do montanhismo nos Picos Camapuã e Tucum – Campina Grande do Sul – PR**. 2006. 106f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

Trabalho enviado em maio de 2010

Trabalho aceito em agosto de 2010