

Capítulo 8

EROSÃO EM TRILHAS E SUA RELAÇÃO COM O TURISMO EM ÁREAS PROTEGIDAS: UMA BREVE DISCUSSÃO

DOI: <http://dx.doi.org/10.18616/tur08>

Múcio do Amaral Figueiredo

João Vítor de Alvarenga Martins

VOLTAR AO SUMÁRIO

INTRODUÇÃO

Historicamente, a humanidade vem passando por uma vida social cada vez mais urbanizada e este é um dos motivos que faz aumentar significativamente a necessidade das pessoas pelo contato com áreas verdes/naturais. Paralelamente, a conscientização e as atitudes ecológicas têm se intensificado nas novas gerações. Como os ambientes urbanos são os espaços de vivência de grande parte da população mundial, a carência por áreas verdes tem levado um crescente número de pessoas a buscar espaços naturais como forma de diminuir o estresse do dia a dia nas cidades. Seja em busca de recreação, da prática de esportes ou de simples contemplação, a visitação pública em áreas protegidas urbanas e rurais vem aumentando progressivamente.

Contudo, se essa nova realidade, por um lado, sinaliza um fator positivo que reflete na melhoria da qualidade de vida; por outro, o aumento do número de pessoas em trânsito nas áreas silvestres, urbanas ou rurais, deve ser acompanhado de planejamento e de gerenciamento, por parte dos gestores; sobretudo quando se trata de parques, estações ecológicas, hortos florestais e demais áreas protegidas (AP), para que a positividade dessa atitude da coletividade humana não se transforme em negatividade para o ambiente natural visitado.

Trilhas sempre foram um elemento cultural presente, desde os primórdios da humanidade e durante muito tempo serviram como via de comunicação entre os diversos lugares habitados ou visitados pelo homem. Na atualidade, as trilhas têm sido utilizadas como via de condução a atrativos ou a ambientes naturais, objetivando a contemplação da natureza, a prática de esportes radicais, a recreação e ecoturismo, além de, em alguns casos, continuarem a servir como via de acesso e comunicação entre grupos humanos em áreas não-urbanas (GUALTIERI-PINTO *et al.*, 2008).

Cole (1983) destaca que a deterioração física (alargamento, aprofundamento) das trilhas é mais observada do que as mudanças na vegetação. As mudanças na vegetação são menos notadas pelos visitantes, pois elas são confinadas

às áreas de borda da trilha e, o mais importante, não prejudicam a função da trilha como facilitadora de transporte (GUALTIERI-PINTO *et al.*, 2008).

De acordo com Lechner (2006), sempre que uma nova área protegida é declarada, as trilhas costumam ser o primeiro dos elementos de infraestrutura a ser desenvolvido e, com frequência, isso ocorre antes do planejamento formal ou mesmo de um plano de manejo ser implantado. Hoje, trilhas deixadas por nossos antepassados ou por moradores de zonas rurais são utilizadas para vários fins, sendo um deles o ecoturismo, em que as trilhas levam para cachoeiras, *canyons*, cavernas, mirantes, dentre outros atrativos naturais (GUALTIERI-PINTO *et al.*, 2008).

Em virtude da crescente difusão da atividade geoecoturística nos nossos dias, é necessário que os gestores de áreas protegidas possuam um conhecimento mais específico das condições físicas das trilhas. O monitoramento quanto ao contexto de exposição do solo, compactação e erosão (manutenção adequada, boas condições de drenagem) é indispensável para identificar o estado de conservação e o grau de segurança oferecido às pessoas que as utilizam para diversos fins, tais como, caminhada, ciclismo, cavalgada, contemplação da natureza etc.

Segundo Andrade (2003), diversos tipos de trilhas podem ser estabelecidos, classificados quanto à função (vigilância, recreativa, educativa, interpretativa e de travessia), forma (circular, oito, linear e atalho); quanto ao grau de dificuldade (caminhada leve, moderada e pesada) e quanto à declividade do relevo (ascendentes, descendentes ou irregulares). A erosão é um fenômeno que se revela em razão da exposição do solo no seu leito principal e pode estar relacionada a vários fatores, entre eles, a intensidade de tráfego (andarilhos, ciclistas e cavalos de montaria), à declividade do terreno, além das características físicas e químicas do solo (GUALTIERI-PINTO *et al.*, 2008).

Para Cole (1983), o processo de planejamento de trilhas quando é impróprio, muitas vezes, resulta em impactos inadequados, aumenta os custos de construção e manutenção, e faz com que os sistemas de trilhas raramente sejam integrados aos objetivos gerais da área protegida.

A presença de pessoas nas áreas protegidas em busca do contato com a natureza geralmente ocorre através de trilhas existentes para esse fim. Elas funcionam como fator intermediador na experiência sensorial com a natureza. No entanto, assim como as trilhas são percebidas como um 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, além de exposição, compactação e erosão do solo (FIGUEIREDO *et al.*, 2010a, 2010b). A compactação do solo no leito das trilhas tem sérios desdobramentos, pois afeta o desenvolvimento de raízes vegetais, interfere nas taxas de infiltração hídrica, além de favorecer processos erosivos (HAMMITT; COLE; MONZ, 2015). Quando os fenômenos acima descritos se intensificam, tornam-se um sério desafio gerencial para os gestores de áreas protegidas.

Atividades como caminhadas, travessias, observação da fauna, *camping*, banho em cachoeiras e cursos d'água, ciclismo, cavalgadas, entre outras, assim como a contemplação da natureza, classificadas internacionalmente como *outdoor*, são realizadas em áreas protegidas. A localização das áreas para o desenvolvimento dessas atividades ocorre, geralmente, em sítios de grande valor cênico. Pode acontecer que os pontos de maior qualidade visual coincidam com os [geo]ecossistemas mais frágeis, neste caso, provavelmente, os recursos naturais podem vir a ser danificados (MAGRO, 1999).

Tais atividades estão relacionadas à prática de esportes, ao turismo geoecológico e à prática de recreação ao ar livre. 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. Para viabilizar essa crescente visitação, as trilhas têm sido cada vez mais utilizadas, sendo que 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 e MONZ, 2015).

A trilha sempre recebe impactos, independentemente do seu uso, cabendo aos planejadores/gestores avaliar o grau do impacto a ser tolerado (COLE, 2004). Diferentes autores identificaram mudanças associadas à construção de trilhas, como compactação do solo, abertura da copa pela remoção da vegetação, modificação do padrão de drenagem existente, pela remoção da camada superficial do solo e modificação da microtopografia do leito da trilha (COLE, 1987; COSTA *et al.*, 2008; VASHCHENKO; BIONDI, 2013; OLIVEIRA, *et al.*, 2013; RANGEL, 2014).

Desde 1928, a literatura de ecologia apresenta numerosos estudos e centenas de trabalhos publicados a respeito dos impactos sofridos pelos solos, resultantes das atividades de recreação em áreas silvestres, e seus efeitos (HAMMIT; COLE; MONZ, 2015). Geralmente, duas abordagens têm sido utilizadas nestes estudos: (a) avaliação das condições ambientais em locais de recreação existentes; (b) estudos controlados, nos quais distúrbios no solo advindos da prática de recreação (pisoteio de pessoas, por exemplo) são aplicados em vários níveis de intensidade.

Esta revisão teórica se propõe a averiguar alguns dos mecanismos que levam à degradação das trilhas em áreas protegidas, destacadamente, a erosão e fatores associados, almejando contribuir para uma gestão responsável que possibilite a prática turística sustentável; baseada na visitação aos seus atrativos naturais, sempre viabilizada por trilhas em adequadas condições de uso, como atributo fundamental para uma boa experiência no contato com a natureza que esses ambientes oferecem.

Assim, trilhas mal planejadas, mal gerenciadas, sem manutenção adequada, são campo fértil para a ocorrência de impactos ambientais que afetam o equilíbrio do sistema geocológico local, além de contribuir negativamente para a percepção do visitante sobre a natureza daquela área protegida.

MÉTODOS DE MONITORAMENTO DA ATIVIDADE EROSIVA EM TRILHAS

Nas últimas décadas, três procedimentos de medição primários têm sido comumente utilizados para o inventário de indicadores de impactos de degradação de trilhas em pontos amostrais (MAGRO, 1999; JEWELL; HAMMITT, 2000; OLIVE, 2004; ALMEIDA, 2005; GUALTIERI-PINTO, 2008; GUALTIERI-PINTO *et al.*, 2008; DUARTE, 2009; SENA *et al.*, 2013; SENA *et al.*, 2014; BARBOSA *et al.*, 2015) e, mais recentemente, outros dois procedimentos metodológicos (SALESA; CERDÀ, 2019; SALESA *et al.*, 2020):

- 1) largura do leito da trilha;
- 2) incisão máxima no leito da trilha;
- 3) área da seção transversal;
- 4) fotogrametria terrestre;
- 5) fotogrametria aérea por VANT.

Os primeiros dois métodos são, geralmente, favorecidos em relação ao último, em razão da sua facilidade de aplicação para estudos que demandem elevado número de amostras. Primeiro, a largura do leito da trilha é obtida esticando uma fita métrica horizontalmente ao longo de determinada área de trilha. Muitas vezes é usado para aproximar a extensão da perturbação, e foi positivamente correlacionado com a intensidade de uso da trilha (DALE; WEAVER, 1974; OLIVE, 2004). Sozinho, este método é incapaz de fornecer estimativas de perda de solo, podendo ser utilizado para descrever a área de perturbação na trilha e/ou nas suas bordas. Preferencialmente, ele tem sido adotado em conjunto com a incisão máxima no leito da trilha (IMLT) (OLIVE, 2004).

Preocupações gerenciais associadas aos custos relacionados à erosão levaram os gestores de áreas protegidas norte-americanas ao desenvolvimento

e aplicação de métodos de monitoramento e avaliação das condições de trilhas (OLIVE, 2004). Em uma pesquisa com gestores de parques do *National Park Service* (NPS), dos Estados Unidos, conduzida por Marion, Roggenbuck e Manning (1993), a maior parte deles relatou mais problemas relativos à erosão do solo em trilhas e acampamentos do que a impactos relacionados à água ou à vida selvagem. Cole (1983), afirmou que mudanças na vegetação são geralmente menos preocupantes do que a deterioração física da trilha (erosão). No mesmo relatório, o referido autor observou que “*grandes somas de dinheiro são gastas*” (p. 1) anualmente na manutenção da infraestrutura de recreação. Burde e Renfro (1986), observaram que o NPS gastava naquela época mais dinheiro em manutenção de trilhas do que em todas as outras despesas combinadas, sendo necessária a atenção proativa nas trilhas, para reduzir custos. A erosão é um processo peculiar, geralmente irreversível quando não há ações de manutenção. Segundo Marion e Leung (2001), quando essa situação é diagnosticada, majoritariamente tem sido entendida como de impacto permanente. Ainda conforme os mesmos autores, a erosão resulta em perda de solo e nutrientes, aumento da turbidez/sedimentação na água e alterações no escoamento hídrico superficial. Além dos custos financeiros e ecológicos, a erosão pode impactar negativamente as experiências sociais recreativas, criando condições de trilha difíceis ou inseguras (LEUNG; MARION, 1996).

Cole (1983), avaliou que o planejamento adequado é a melhor maneira de limitar os custos de manutenção das trilhas, sendo que reduções ainda maiores de custos requerem métodos objetivos de avaliação e monitoramento das condições da trilha. Além disso, Marion (1995), demonstra que tais métodos são necessários para que os gestores

(...) forneçam dados para documentar as condições das trilhas e acampamentos, avaliar os impactos humanos, sugerir intervenções de manejo eficazes e avaliar o sucesso subsequente das ações implementadas. (p. 764).

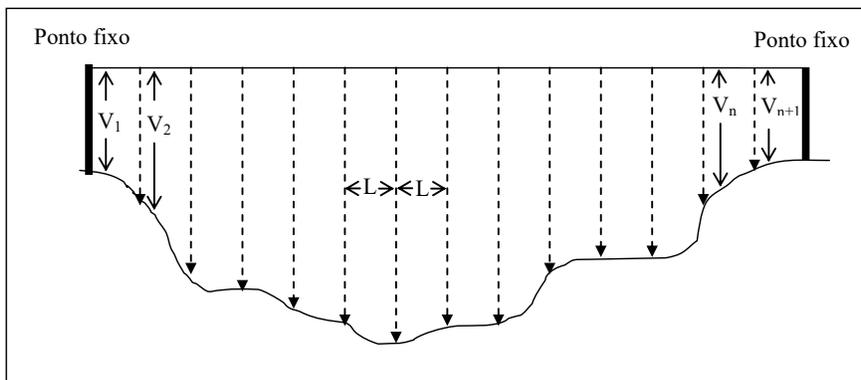
Além disso, tais métodos têm sido utilizados para definir e caracterizar os impactos nas trilhas e monitorar mudanças nas trilhas ao longo do tempo (HAMMITT, COLE; MONZ, 2015), fornecendo dados quantitativos para uma maior compreensão dos fatores causais e não causais por meio de análise relacional, além de possibilitarem dados para o estabelecimento e monitoramento de estruturas de gestão (LEUNG; MARION, 1999; LEUNG; MARION 2000; MARION; LEUNG, 2001).

O método do cálculo da Área da Seção Transversal (AST) da trilha é o mais conhecido e internacionalmente utilizado, e vem sendo aprimorado desde os anos 70 (LEONARD; WHITNEY, 1977), tendo sido modificado e consolidado por Cole (1983), e posteriormente aprimorado por Olive (2004) e Marion e Olive (2006), sendo extensivamente utilizado desde então (GUALTIERI-PINTO, 2008; GUALTIERI-PINTO *et al.*, 2008; DUARTE, 2009; DUARTE *et al.*, 2009; SENA *et al.*, 2013; SENA *et al.*, 2014; BARBOSA *et al.*, 2015).

A técnica do cálculo da AST mais difundida é a de Cole (1983), que consiste nos seguintes procedimentos:

- instalação do aparato, composto pela fixação de dois piquetes (pontos fixos), um de cada lado da trilha, nos locais de monitoramento (Fig. 1). Quando há caules de plantas nas laterais do local de monitoramento, toma-se os mesmos como referência de fixação horizontal da linha da trena, conforme sugerido por Leonard e Whitney (1977);
- estende-se a trena entre os dois piquetes, amarrando-a nos mesmos, obtendo-se uma linha sobre a trilha, estabelecendo assim, um transecto da mesma;
- utiliza-se uma régua de nível, adotada na construção civil, para obter o nivelamento horizontal da linha da trena;
- em intervalos iguais, de 10 cm de extensão, mede-se, para cada intervalo, a altura entre a linha e a superfície da trilha (figura 1). Tudo é devidamente anotado em caderneta de campo;

Figura 1: Layout do método de cálculo da AST na trilha, conforme Cole (1983)



Fonte: Gualtieri-Pinto *et al.* (2008).

- no escritório, utiliza-se a fórmula descrita por Cole (1983), para a obtenção do resultado da área seccional transversal, em cm², e da progressão da incisão realizada pela erosão no leito da trilha. O cálculo da Área Seccional Transversal é expresso da seguinte forma (COLE, 1983):

$$A = \frac{V_1 + 2V_2 + \dots + 2V_n + V_{n+1}}{2} \times L$$

Em que:

A = Área Seccional Transversal (AST).

V₁ a V_{n+1} = Medidas verticais começando em V₁, e terminando em V_{n+1}.

L = Intervalo horizontal entre as medidas verticais.

Salesa e Cerdà (2019), utilizaram uma variação da expressão do método da Área Seccional Transversal, apresentada da seguinte forma:

$$\left[\left\{ (Z_{a1} + Z_{a2}) \times 5 + (Z_{a2} + Z_{a3}) \times 5 + \dots + (Z_{an} + Z_{an+1}) \times 5 \right\} + \left\{ (Z_{b1} + Z_{b2}) \times 5 + (Z_{b2} + Z_{b3}) \times 5 + \dots + (Z_{bn} + Z_{bn+1}) \times 5 \right\} / 2 \right] \times 100$$

(...) em que Z_a representa cada medição de profundidade do solo a partir de uma barra rígida e reta de metal, plástico ou madeira, na medição de um ponto e Z_b cada medição de profundidade do solo na medição de ponto seguinte. Este cálculo é repetido para cada metro da trilha assim, adicionando todos os cálculos, obtém-se o volume final de perda de solo. Coleta-se amostras de solo da trilha para determinação da densidade em laboratório, para finalmente se obter a taxa de erosão do solo em $\text{mg/ha}^{-1}/\text{ano}^{-1}$.

Salesa *et al.*, (2020), realizaram um estudo comparativo com outras duas técnicas, além da AST, a fotogrametria terrestre, com utilização de um aparato metálico com dois *smartphones* simultâneos, e a fotogrametria aérea, com utilização de um VANT voando a baixa altura (15m). Devido aos direitos sobre imagens, impossibilitando sua reprodução, os detalhes podem ser obtidos na publicação dos referidos autores.

IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELAS TRILHAS NAS ÁREAS PROTEGIDAS

Perturbações por atividades recreativas podem resultar em uma ampla gama de efeitos nos solos em áreas silvestres. O tráfego de caminhantes, de caminhantes de longa distância com mochilas, de *mountain bikers* e de veículos *off-road* pode causar compactação do solo, aumento da densidade do solo e resistência à penetração, mudanças na estabilidade e estrutura do solo, perdas na serapilheira e camada húmica, redução das taxas de infiltração hídrica, crescimento nas taxas de escoamento superficial e aumento da erosão (LEUNG; MARION, 1996; DELUCA *et al.*, 1998; LEUNG; MARION, 2000; WHITECOTTON *et al.*, 2000; HAMMITT; COLE; MONZ, 2015, RANGEL *et al.*, 2019). Além das mudanças nas propriedades físicas dos solos, o pisoteio pode levar a mudanças na biologia e química do solo. Alterações nos macro e micro *habitats* no solo e na serapilheira resultam em grandes mudanças na composição de espécies da microflora do solo e da fauna (DUFFEY, 1975; ZABINSKI; GANNON, 1997; HAMMITT; COLE; MONZ, 2015). O peso direto carregado

na superfície do solo introduzido, por caminhantes, mochileiros e veículos *off-road*, por exemplo, impõem tensões de considerável magnitude na flora e nos solos de áreas de recreação (HAMMITT; COLE; MONZ, 2015).

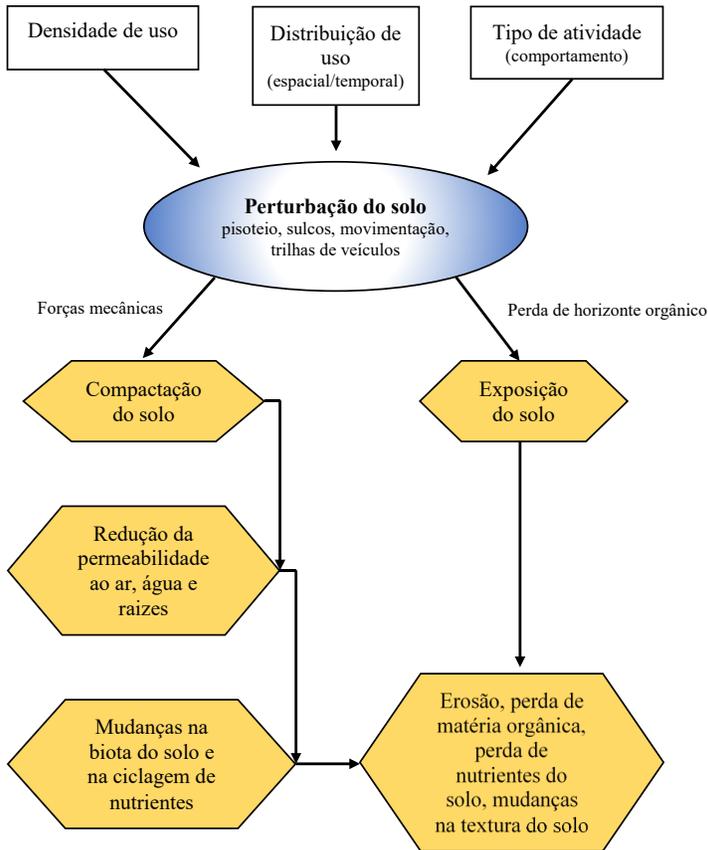
Segundo Hammitt, Cole, Monz (2015), um caminhante adulto pesando 67 kg, mais botas e roupas (4,5 kg), exerceria uma pressão de 0,82 kg/cm² da superfície da trilha quando em pé, com peso total em um pé, como ocorre durante cada passo dado. Este se traduz em cerca de 118-160 toneladas métricas por caminhante/milhas, dependendo da passada do indivíduo. Segundo os mesmos autores, em comparação, cavalos podem exercer pressões de 1,2 a 4,3 kg/cm². Considerando uma trilha em uma dada área protegida com tráfego médio de 100 pessoas/mês, equivaleria a cerca de 18.900-25.700 toneladas métricas/km. A cumulatividade da compressão no solo exercida pelas passadas das pessoas levaria a um evidente aumento da compactação do leito da trilha em relação à superfície silvestre adjacente (bordas da trilha) e a outros desdobramentos; entre eles, a potencialização e concentração do escoamento hídrico superficial e consequente erosão do leito da trilha, sempre considerando outros fatores envolvidos como a declividade do respectivo trecho da trilha, a textura do solo e o volume hídrico escoado.

Uma conceituação útil do impacto recreativo nos solos ilustra um processo de várias etapas, no qual a extensão e a magnitude da perturbação são o resultado de vários aspectos do uso e distribuição do visitante (figura 2). Os efeitos diretos da perturbação pelo pisoteio podem resultar na diminuição ou remoção da serapilheira e camadas húmicas (horizonte O) e no esforço de forças mecânicas na superfície do solo (compactação e erosão). A remoção da superfície do solo interrompe grande parte da fonte de matéria orgânica, de modo que, com o tempo, conforme a matéria orgânica existente no solo se decompõe, haverá um declínio de disponibilidade, implicando diretamente na resistência das partículas ao estresse mecânico (passos dos caminhantes), potencializando a manifestação de processos erosivos (HAMMITT; COLE; MONZ, 2015). Em curtos espaços de tempo, parte da matéria orgânica pulverizada na superfície da trilha pode ser transportada para dentro do solo pela

infiltração e percolação hídrica, acumulando-se em faixas escuras subsuperficiais (FONSECA FILHO, 2012). Nesses casos, a matéria orgânica do solo em subsuperfície pode aumentar em resposta ao uso recreativo.

A compactação e a erosão são dois dos principais fatores de alteração do solo decorrentes da utilização de trilhas (COLE; LANDRES, 1995; HAMMITT; COLE, MONZ, 2015). A compactação do solo é definida como a diminuição do volume do solo ocasionada por compressão, causando um rearranjo mais denso das partículas do solo e conseqüente redução da porosidade (CURI *et al.*, 1993). Também pode ser definida como uma forma de degradação física em que a atividade biológica do solo e produtividade do solo são reduzidos, resultando em conseqüências ambientais para muito além da área imediata diretamente afetada. A compactação é um processo de densificação e distorção, em que a porosidade e a permeabilidade são reduzidas, a resistência é aumentada e a estrutura do solo parcialmente destruída (AKKER; SOANE, 2005).

Figura 2 - Modelo conceitual de como os visitantes/caminhantes de áreas silvestres podem afetar a superfície do solo do leito das trilhas percorridas



Fonte: adaptado de Hammitt, Cole e Monz (2015).

O horizonte orgânico aumenta a capacidade de absorção de água do solo, diminui o escoamento superficial e protege os horizontes minerais subjacentes, os quais são mais vulneráveis à compactação e ao efeito erosivo do escoamento hídrico superficial. Um horizonte orgânico é geralmente menos vulnerável que um horizonte mineral subjacente. 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. Entretanto, estes impactos podem ser minimizados através de um planejamento do uso recreativo nas trilhas (VASHCHENKO, 2006).

As propriedades físicas, químicas e mineralógicas 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; MONZ, 2015).

A perda da porosidade total está associada à redução do teor de matéria orgânica e ao efeito do impacto das gotas da chuva, diminuindo consequentemente a permeabilidade. Um solo pouco permeável ou com baixa capacidade de infiltração de água e sem vegetação propicia o aumento do escoamento superficial das águas pluviais, através do excedente hídrico que deveria ter infiltrado, acarretando, inicialmente a formação de poças, depois fluxo hídrico difuso, evoluindo para fluxo concentrado, proporcionando o transporte de partículas e dando início ao processo erosivo. A ocorrência de impactos em áreas naturais é consequência do uso, seja ele realizado com objetivos educacionais ou recreativos. Todos os visitantes, inclusive os mais conscientes, deixam pegadas (VASHCHENKO, 2006).

A erosão do solo e a degradação do solo, quando induzidas ou propagadas pelas atividades antrópicas, acabam por causar impactos negativos no ambiente em curtos espaços de tempo, prejudicando tanto sistemas bióticos quanto sociais. As trilhas são um dos componentes da paisagem afetados pela degradação do solo. Quando em áreas protegidas, abertas à visitação, tornam-se vetores de propagação de focos erosivos, diminuindo a qualidade ambiental e a qualidade da experiência sensorial do visitante durante o seu percurso. Quando o monitoramento de uso das trilhas é inadequado ao contexto ambiental do meio físico local (classes de solos, declividade, regime climático,

drenagem da trilha, cobertura vegetal adjacente), a experiência do visitante pode ser afetada, inclusive sua integridade física colocada em risco (trilhas íngremes com ravinas ou ao lado de voçorocas). Se tais aspectos não forem bem administrados podem causar sérios problemas, afetando as trilhas e o ambiente geocológico em que estão inseridas.

Os processos erosivos, além de promover a degradação da qualidade ambiental da trilha, podem prejudicar a experiência do usuário e até sua integridade física devido às dificuldades de caminamento advindas das irregularidades causadas pela ação erosiva no seu curso.

Kroeff (2010), aponta uma questão central a respeito do gerenciamento do estado das trilhas em áreas protegidas:

as trilhas, que podem ser consideradas forças de tensão, dificultam o alcance dos preceitos das UCs [Unidades de Conservação]: contribuir para a conservação e preservação da diversidade dos ecossistemas naturais e a recuperação e restauração deles, quando degradados, assim como, a promoção do desenvolvimento sustentável – objetivos estipulados no Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, SNUC (KROEFF, 2010, p. 11).

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 protegida de uso recreativo pode oferecer, de acordo com os objetivos dos grupos de usuários e os objetivos dos administradores do parque (HAMMITT; COLE; MONZ, 2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As trilhas são um importante elo comunicativo entre as pessoas e sua busca de reaproximação com a natureza. As áreas protegidas ocupam lugar

central nessa prática, pois oferecem as condições para isso onde a natureza está protegida da degradação ambiental extensiva dos ambientes urbanos e rurais não protegidos. No entanto, para que as trilhas exerçam seu papel de viabilizar o contato das pessoas com a natureza, se faz necessário um bom gerenciamento. Entre os vários problemas decorrentes do uso de trilhas sem o devido gerenciamento está a erosão, uma vez que o leito das trilhas, dependendo do ambiente em que estão inseridas (declividade, classe de solos etc.) pode se tornar um catalisador de degradação ambiental, funcionando como um canal concentrador do escoamento superficial. Diversos autores anteriormente citados apresentaram resultados que demonstram que o pisoteio constante leva à compactação do solo e à destruição da matéria orgânica superficial, contribuindo para a criação de um ambiente propício à atuação intensiva da erosão. Deve-se ter em conta que a erosão compreende um ciclo, que inicia com o intemperismo/fragmentação de partículas do solo, transporte (sendo o hídrico o mais atuante), causa o aprofundamento/escavação do leito da trilha, gerando sulcos e ravinas (e até voçorocas) no leito das trilhas; em outros trechos, onde a declividade é baixa, o acúmulo de sedimentos (sedimentação), ocasionando outros transtornos ao trânsito de visitantes/turistas, como as áreas alagadiças, os lamaçais ou os areais, provocando desconfortos ou, até mesmo, ameaças à integridade física (quedas) dos transeuntes.

Portanto, o diagnóstico e monitoramento do cenário, e da atuação da erosão nas trilhas de ambientes naturais é um quesito de alta importância para o efetivo gerenciamento das áreas protegidas, públicas ou privadas, abertas à visitação turística.

REFERÊNCIAS

AKKER, J. J. H. van den; SOANE, B. Compaction. *In: HILLEL, D. et al. (ed.). Encyclopedia of soils in the environment*. v. 1. p. 285-293. London: Academic Press, 2005.

- ALMEIDA, A. A. **Diagnóstico e conservação de trilhas ecoturísticas: estudo de caso no Parque Nacional da Serra do Cipó**. 2005. 66f. 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. (org.). **Manual de ecoturismo de base comunitária: ferramentas para um planejamento responsável**. Brasília: WWF-Brasil, p. 247-259. 2003.
- BARBOSA, H. S. L.; TEIXEIRA, P. H. S.; CAMPOS, A. C.; FIGUEIREDO, M. A.; ROCHA, L. C.; NEGREIROS, A. B. Aspectos da degradação ambiental de uma trilha recreacional na Serra do Lenheiro, São João del-Rei, MG. **Rev Territorium Terram**, v. 3, n. 5, p. 32-40, 2015.
- BURDE, J. H.; RENFRO, J. R. Use impacts on the Appalachian Trail. *In*: LUCAS, R. (compiler). *Proceedings of the National Wilderness Research Conference: Current Research*. General Technical Report. Ogden: USDA, Forest Service, Intermountain Research Station. p.138-143, 1986.
- COLE, D. N. Assessing and monitoring backcountry trail conditions. Research Paper INT-303. Ogden: USDA, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 10 p., 1983.
- COLE, D. N. Research on soil and vegetation in wilderness: a state-of-knowledge review. *In*: LUCAS, R. C. (ed.) **Proceedings - National Wilderness Research Conference: Issues, State-of-knowledge, Future Directions**. General Technical Report INT-220. Ogden: USDA, Forest Service, Intermountain Research Station. p. 135-177, 1987.
- COLE, D. N. Minimizing conflict between recreation and nature. *In*: SMITH, D. S.; HELLMUND, P. C. (ed.). **Ecology of greenways: design and function of linear conservation areas**. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1993, p. 105-122.

COLE, D. N. Impacts of hiking and camping on soils and vegetation: a review. *In*: BUCKLEY, R. (ed.). **Environmental impacts of ecotourism**. Wallingford: CABI Publishing, 2004.

COLE, D. N.; LANDRES, P. B. Indirect effects of recreation on wildlife. *In*: KNIGHT, R. L.; GUTZWILLER, K. J. (ed.). **Wildlife and recreationists: co-existence through management and research**. Washington: Island Press, 1995, p. 183-202.

COSTA, N. M. C. Ecoturismo: abordagens e perspectivas geográficas. *In*: COSTA, N. M. C.; NEIMAN, Z.; COSTA, V. C. (org.). **Pelas trilhas do ecoturismo**. Parte I. p. 17-30, São Paulo: Rima, 2008.

CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KÄMPF, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. F. **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993.

DALE, D.; WEAVER, T. Trampling effects on vegetation of the trail corridors of North Rocky Mountain forests. **Journal of Applied Ecology**, v. 11, n. 2, p. 767-772, 1974.

DELUCA, T. H.; PATTERSON IV, W. A.; FREIMUND, W. A.; COLE, D. N. Influence of llamas, horses, and hikers on soil erosion from established recreation trails in western Montana, USA. **Environmental Management**, v. 22, n. 2, p. 255-262, 1998.

DUARTE, I. P. **Diagnóstico da atividade erosiva em trilhas ecoturísticas do Parque Nacional da Serra do Cipó, MG**. 2009. 17f. Monografia (Graduação) - Departamento de Ciências Biológicas, Ambientais e da Saúde. Belo Horizonte: Centro Universitário de Belo Horizonte, 2009.

DUARTE, I. P.; SANTANA, W. A.; BRITO, I. A.; GUALTIERI-PINTO, L.; FIGUEIREDO, M. A. Geoecologia de áreas protegidas I: monitoramento das perdas de solo pela erosão em uma trilha do Parque Nacional da Serra do Cipó, MG. Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil, 13 a 17 de setembro de 2009, São

Lourenço – MG.

CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL. 2009, São Lourenço. **Anais...** São Lourenço: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2009. Disponível em: <http://www.seb-ecologia.org.br/revistas/indexar/anais/2009/resumos_ixceb/1533.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2021.

DUFFEY, E. The effects of human trampling on the fauna of grassland litter. **Biological Conservation**, v. 7, 1975, p. 255-274.

FIGUEIREDO, M. A.; BRITO, I. A.; SANTANA, W. A.; ROCHA, C. T. V. Compactação do solo em trilhas de unidades de conservação. **Mercator**, v. 9, n. 19, p. 165-174, 2010a.

FIGUEIREDO, M. A.; BRITO, I. A.; TAKEUCHI, R. C.; ALMEIDA-ANDRADE, M.; ROCHA, C. T. V. Compactação do solo como indicador pedogeomorfológico para erosão em trilhas de unidades de conservação: estudo de caso no Parque Nacional da Serra do Cipó, MG. **Rev de Geografia**, v. especial VIII SINAGEO, n. 3, p. 236-247, 2010b.

FONSECA FILHO, R. E. **Qualidade do solo como um geoindicador de alterações ambientais no Parque Nacional da Serra do Cipó**. 2012. 119f. (Contribuições às Ciências da Terra, Série M, v. 70, n. 305). Dissertação (Mestrado) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2012.

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**. 2008. 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. 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.; MONZ, C. A. **Wildland recreation: ecology and management**. 3 ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2015.

JEWELL, M. C.; HAMMITT, W. E. Assessing soil erosion on trails: a comparison of techniques. *In*: COLE, D. N.; MCCOOL, S. F.; BORRIE, W. T.; O'LOUGHLIN, J. (comp.). **Wilderness science in a time of change conference - v. 5: Wilderness ecosystems, threats, and management**; 1999 May 23-27; Missoula, MT. Proceedings RMRS-P-15-VOL-5. Ogden: USDA, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. p. 133-140, 2000.

KROEFF, L. L. **Contribuição metodológica ao planejamento de trilhas ecoturísticas no Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO), RJ**. 2010. 199f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

LECHNER, L. Planejamento, implantação e manejo de trilhas em unidades de conservação. **Cadernos de Conservação**. v. 3, p. 1-123. 2006.

LEONARD, R. E.; WHITNEY, A. M. Trail transect: a method for documenting trail changes. Forest Service Research Paper NE-389. Upper Darby: USDA, Forest Service, North-Eastern Forest Experiment Station, 8p., 1977.

LEUNG, Y-F; MARION, J. L. Trail degradation as influenced by environmental factors: a state-of-knowledge review. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 51, n. 2, p. 130-136, 1996.

LEUNG, Y-F; MARION, J. L. Assessing Trail conditions in protected areas: application of a problem-assessment method in Great Smoky Mountains National Park, USA. **Environmental Conservation**, v. 26. n. 4, p. 270-279, 1999.

LEUNG, Y-F; MARION J. L. Recreation impacts and management in wilderness: a state-of-knowledge review. *In*: COLE, D. N., MCCOOL, S. F., BORRIE, W. T.; O'LOUGHLIN, J. (comp.). **Wilderness science in a time of change conference - v. 5: Wilderness ecosystems, threats, and management**; 1999, May 23-27; Missoula, MT. Proceedings RMRS-P-15-VOL-5. Ogden: USDA, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. p. 23-48, 2000.

MAGRO, T. C. **Impactos do uso público em uma trilha no planalto do Parque Nacional do Itatiaia**. 1999. 151f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

MARION, J. L. Environmental auditing: capabilities and management utility of recreation impact monitoring programs. **Environmental Management**, v. 19, n. 5, p. 763-771, 1995.

MARION, J. L.; ROGGENBUCK, J. W.; MANNING, R. E. **Problems and practices in backcountry recreation management: a survey of National Park Service managers**. Natural Resources Report NPS/NRVT/NRR-93/12. Denver: USDI, NPS, Natural Resources Publication Office, 1993.

MARION, J. L.; COLE, D. N. Spatial and temporal variation in soil and vegetation impacts on campsites. **Ecological Applications**, v. 6, p. 520-530, 1996.

MARION, J. L.; LEUNG, Y-F. Trail resource impacts and an examination of alternative assessment techniques. **Journal of Park and Recreation Administration**, v. 19, n. 3, p. 17-37, 2001.

MARION, J. L.; OLIVE, N. **Assessing and understanding trail degradation: results from Big South Fork National River and recreational area**. Final Research Report. Blacksburg: USDI, USGS, NPS, Patuxent Wildlife Research Center, Virginia Tech Field Unit. 80p., 2006.

OLIVE, N. D. **The variable interval cross-sectional area method: a voice for natural recreation trail conditions**. 2004. 72f. Dissertação (Mestrado) – University of Georgia, Athens, 2004.

OLIVEIRA, J. G. R.; TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C. Qualidade física do solo das trilhas do parque estadual do Cerrado – PR. **Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1715-1722, 2013.

RANGEL, L. A. **O impacto da utilização de trilhas na Área de Proteção Ambiental de Cairuçu - Paraty – Rio de Janeiro**. 2014. 184f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

RANGEL, L.; JORGE, M. C.; GUERRA, A.; FULLEN, M. Soil erosion and land degradation on trail systems in mountainous areas: two case studies from south-east Brazil. **Soil Syst**, v. 3, n. 3, artigo 56, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/soilsystems3030056>>. Acesso em: 13 jan. 2021.

SALESA, D.; CERDÀ, A. Four-year soil erosion rates in a running-mountain trail in eastern iberian peninsula. **Cuadernos de Investigación Geográfica**, v. 45, n. 1, p. 309-331, 2019.

SALESA, D.; MINERVINO AMODIO, A.; ROSSKOPF, C. M.; GARFI, V.; TEROL, E.; CERDÀ, A. Three topographical approaches to survey soil erosion on a mountain trail affected by a forest fire. Barranc de la Manesa, Llutxent, Eastern Iberian Peninsula. **Journal of Environmental Management**. v. 264, p. 1-9, 2020. DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.110491.

SENA, I. S.; TEIXEIRA, H. W.; FIGUEIREDO, M. A.; ROCHA. L. C. Análise das taxas de erosão e compactação do solo na Trilha do Carteiro, APA Serra São José, Tiradentes, MG. CONGRESSO NACIONAL DE PLANEJAMENTO E MANEJO DE TRILHAS, 2., COLÓQUIO BRASILEIRO PARA A RED LATINOAMERICANA DE SENDERISMO, 1., 2013, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UERJ, 2013. p. 758-771. Disponível em: <<https://url.gratis/E0VLP>>. Acesso em: 5 fev. 2021.

SENA, I. S.; TEIXEIRA, H. W.; FIGUEIREDO, M. A.; ROCHA. L. C. Degradação dos solos ao longo de uma trilha de destino a atrativos do monumento geoturístico Serra de São José, Tiradentes, Minas Gerais, Brasil. **Geonomos**, v. 22, n. 2, p. 70-76, 2014.

VASHCHENKO, Y. **Caracterização da trilha e o impacto do montanhismo nos Picos Camapuã e Tucum - Campina Grande do Sul - PR**. 2006. 96f. Dissertação (Mestrado) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

VASHCHENKO, Y.; BIONDI, D. Percepção da erosão pelos visitantes nas trilhas o Parque Estadual do Pico Marumbi, PR. **Rev Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 8, n. 1, p. 108-118, 2013.

WHITECOTTON, R. C.; DAVID, M. B.; DARMODY, R. G.; PRICE, D. L. Impact of foot traffic from military training on soil and vegetation properties. **Environmental Management**, v. 26, p. 697-706, 2000.

ZABINSKI, C. A.; GANNON, J. E. Effects of recreational impacts on soil microbial communities. **Environmental Management**, v. 21, p. 233–238, 1997.